

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

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

© Государственный проектно-конструкторский и
научно-исследовательский институт СантехНИИпроект
Главного управления организации проектирования
Госстроя СССР
(СантехНИИпроект), 1969

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 (Г05203, Москва, Нижняя Первомайская, 46) и ВНИИкондиционер (ЗГ0818, Харьков, Московский проспект, 257).

Часть I распространяется Харьковским заводом "Кондиционер" (ЗГ0044, Харьков, Московский проспект, 257).

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
Введение	7
I. Условные обозначения	10
2. Методика расчета камер орошения	11
3. Гидравлические характеристики камер орошения	24
4. Расчет камер орошения	
4.1. Расчет камеры орошения при политропном режиме обработки воздуха ($2^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{ж.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$; $-5^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{м.в.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$). Прямая задача. Расчет выполняется по методике II	25
4.2. Расчет камеры орошения при политропном режиме обработки воздуха ($2^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{ж.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$; $-5^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{м.в.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$). Обратная задача. Расчет выполняется по методике I	26
4.3. Расчет камеры орошения при адиабатном режиме обработки воздуха ($2^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{ж.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$; $-5^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{м.в.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$). Прямая задача. Расчет выполняется по методике I	28
4.4. Расчет камеры орошения при адиабатном режиме обработки воздуха ($2^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{ж.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$; $-5^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{м.в.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$). Обратная задача. Расчет выполняется по методике I	28
4.5. Расчет камеры орошения при политропном режиме обработки холодного воздуха теплой водой (испарительный нагрев) ($2^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{ж.н}} \leq 50^{\circ}\text{C}$; $-27^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{м.в.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$). Прямая задача. Расчет выполняется по методике II	29

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

Обратная задача. Расчет выполняется по методике II... 31

5. Примеры расчета 32

Приложение I

Рисунок 2.1. Зависимость $q_{\text{ф}}(\Delta P_{\text{ф}})$ для форсунки ЭИФ
7/10 35

Рисунок 2.2. Зависимость $q_{\text{ф}}(\Delta P_{\text{ф}})$ для форсунки УЦ4-
- 10/15 36

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

Рисунок 2.4. Зависимость $E_{\text{п}}(M)$ и $E_{\text{а}}(M)$ для
однорядных прямоточных камер орошения ОКФ-3 (испол-
нение I и 2) 38

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

Рисунок 2.6. Зависимость $E_{\text{п}}(M)$ и $E_{\text{а}}(M)$ для
блоков теплообмена БТМ2.1-3 и БТМ2.2-3 40

Рисунок 2.7. Зависимость $E_{\text{п}}(M)$ и $E_{\text{а}}(M)$ для
камер орошения ОКС-3 (исполнение I и 2)41

Рисунок 3.1. Зависимость $\Delta P_{\text{ж}}(G_{\text{ж}})$ для двух-
рядных камер орошения ОКФ-3 42

Рисунок 3.2. Зависимость $\Delta P_{\text{ж}}(G_{\text{ж}})$ для одно-
рядных прямоточных камер орошения ОКФ-3 и блока тепло-
массообмена БТМ-3 43

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

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

Рисунок 4.1. Зависимость $q(G_{\text{ж}})$ для встроен-
ного водонагревателя камер орошения ОКС2-3 46

Рисунок 4.2. Зависимость $\Delta P_{*} (G_{\sigma})$ для встроенного водонагревателя камер орошения ОКС2-3	47
Приложение 2	48
Пример 1. Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике II (раздел 4.1) в СИ.	48
Пример 2. Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике II (раздел 4.1) в системе МКГСС	49
Пример 3. Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике II (разделы 4.1, 4.7) в системе МКГСС	50
Пример 4. Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике II (раздел 4.1) в системе МКГСС	52
Пример 5. Политропный режим обработки воздуха. Прямая задача. Расчет по методике II (раздел 4.1) 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 10. Адиабатный режим обработки воздуха. Обратная задача. Расчет по методике I (раздел 4.4) в системе МКГСС	60

Пример 11. 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 12. Политропный режим обработки холодного воздуха теплой водой (испарительный нагрев). Обратная задача. Расчет по методике II (раздел 4.6) в СИ	63
Пример 13. Охлаждение воды в камере орошения (политропный режим обработки воздуха). Обратная задача. Расчет по методике I (раздел 4.2) в СИ	65
Пример 14. 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 1 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 1.

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 УЦ4-10/15 (размер входного сечения 10 x 15 мм, диаметр соплового

отверстия 14 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 – ОКС1-3 и ОКС2-3. Камера ОКС2-3 отличается от ОКС1-3 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: БТМ2.1-3 – 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 ЭИФ 7/10. 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.Южно, И.В.Соин, Н.Ф.Косовский;

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 .

1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

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

Значения в единицах системы МКГСС указаны в скобках.

1.2. Принятые условные обозначения:

- C - удельная теплоемкость среды, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ [$\text{ккал}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$]
 - d - влагосодержание воздуха, $\text{г}/\text{кг}$;
 - L - объемный расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 - G - массовый расход среды, $\text{кг}/\text{ч}$;
 - q - расход теплоты, холода (тепловой поток)*, кВт ($\text{ккал}/\text{ч}$);
 - t - температура среды, $^\circ\text{C}$;
 - φ - относительная влажность воздуха, %;
 - i - энтальпия воздуха, $\text{кДж}/\text{кг}$ ($\text{ккал}/\text{кг}$);
 - $i_{в.нас}$ - энтальпия насыщенного воздуха при начальной температуре жидкости, $\text{кДж}/\text{кг}$ ($\text{ккал}/\text{кг}$);
 - i_c - середина диапазона аппроксимации кривой насыщения $\varphi = 100\%$, $\text{кДж}/\text{кг}$ ($\text{ккал}/\text{кг}$);
 - $\overline{\Delta i_0}$ - приведенный энтальпийный напор, $\text{кДж}/\text{кг}$ ($\text{ккал}/\text{кг}$);
 - E_n - приведенный коэффициент энтальпийной эффективности;
 - E_A - коэффициент адиабатной эффективности;
 - α - корректирующий коэффициент, $\text{кг}/\text{кДж}$ ($\text{кг}/\text{ккал}$);
 - β - корректирующий коэффициент, $\text{кг}/\text{кДж}$ ($\text{кг}/\text{ккал}$);
 - γ - коэффициент аппроксимации, $^\circ\text{C}/\text{кДж}(^\circ\text{C}/\text{ккал})$;
 - A, α, γ, β - коэффициенты аппроксимации;
 - M - коэффициент орошения;
 - n - количество форсунок, шт.;
 - ΔP - потери давления, кПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$);
 - θ - относительный перепад температур (температурный критерий);
 - g - расходный коэффициент, $\text{т}/\text{ч}$.
- * В расчетах расход теплоты принимается со знаком "+", расход холода - со знаком "-".

1.3. Принятые индексы:

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

1.4. Перевод применяемых физических величин из сис- темы МГКСС в СИ:

энтальпия I ккал/кг = $4,187$ кДж/кг;

теплоемкость I ккал/(кг $^{\circ}$ С) = $4,187$ кДж/(кг $^{\circ}$ С);

расход теплоты, холода (тепловой поток) I ккал/ч =
= $1,163$ Вт;

давление I кгс/м 2 = $9,81$ Па.

1.5. Соотношение применяемых физических величин с единицами СИ:

тепловой поток I кВт = $3,6 \cdot 10^{-3}$ ГДж/ч;

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

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА КАМЕР ОРОШЕНИЯ

2.1. Эффективность теплообмена в контактных аппаратах зависит от конструктивных характеристик камер орошения, температурных и гидродинамических условий обработки воздуха.

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

$$\Delta i = E_n \Delta \bar{t}_0; \quad (2.1)$$

$$\Delta t = E_A (t_{ж.н} - t_{в.н}) + \theta \left(1 - \frac{E_A}{E_n}\right) \Delta i, \quad (2.2)$$

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

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

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

2.1.1. Уравнения (2.1) 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 (2.1). Как видно из этого выражения, конечное значение энтальпии определяется величинами приведенного коэффициента энтальпийной эффективности E_n и приведенного энтальпийного напора $\Delta \bar{t}_0$. Величина E_n 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 $\Delta \bar{t}_0$.

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 ($\Delta t_n = t_{ж.н} - t_{в.н}$) и характеризует протекание процессов теплопереноса при постоянной температуре поверхности контакта, равной первоначальной температуре воды $t_{ж.н}$.

В идеально протекающем адиабатном процессе ($\Delta i = 0$) величина $E_A \Delta t_n$ 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 ΔT_0 , 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.

2.1.2. Зависимости (2.1), (2.2) справедливы в широком диапазоне начальных температур воды ($2^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{ж.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$), воздуха по мокрому термометру ($-5^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{м.в.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$) и в интервалах коэффициентов орошения $M = 1,6$ для БТМЗ, $M = 2,5$ для ОКФ-3 и $M = 3$ 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. 2.1.

Таблица 2.1

Коэффициенты α, β, ν, i_c

К о э ф ф и ц и е н т	Единица измерения	Числовое значение
α	кг/кДж	0,000716
	кг/ккал	0,003
β	кг/кДж	-0,00351
	кг/ккал	-0,0147
ν	кг ⁰ С/кДж	0,33
	кг ⁰ С/ккал	1,38
i_c	кДж/кг	54
	ккал/кг	12,9

2.1.3. Величины коэффициентов E_{II} и E_A в формулах (2.1), (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

$$E_{II} = \frac{1 - \exp[\Phi \ell_n (1 - E_A)]}{\Phi}, \quad (2.6)$$

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

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

$$E_A = 1 - \exp(-0,15 - A_I \mu^{\alpha_I}), \quad (2.8)$$

Коэффициенты аппроксимации A_I, α_I, 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.м ³ /ч	Тип обору- дования	Испол- нение	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	0,655	2,02	0,387
10; 63-160; 250	ОКФ-3	1	0,716	2,07	0,387
31,5; 40; 200	ОКФ-3	2			
31,5; 40; 200	ОКФ-3	1			
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 теплообмена					
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 ($2^{\circ}\text{C} \leq t_{ж,н} \leq 50^{\circ}\text{C}$) и температур воздуха по мокрому термометру ($-27^{\circ}\text{C} \leq t_{м.в.н} \leq 30^{\circ}\text{C}$) разработана методика П. Согласно этой методике, процесс тепловлажностной обработки рассматривается как результат смешения необработанной и идеально обработанной частей воздушного потока. Из такого представления вытекают предложения в работе [I] зависимости, полученные Е.В. Баркаловым из понятия об "идеальном процессе"

$$\frac{t_{\theta,к} - t_{\theta,н}}{t_{\theta}^{np} - t_{\theta,н}} = \frac{i_{\theta,к} - i_{\theta,н}}{i_{\theta}^{np} - i_{\theta,н}} = \frac{d_{\theta,к} - d_{\theta,н}}{d_{\theta}^{np} - d_{\theta,н}} = E' \quad (2.9)$$

Здесь t_{θ}^{np} , i_{θ}^{np} , d_{θ}^{np} - 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 ($\varphi = 100\%$), показано на рисунке.

 * -27°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 ВНИИ кондиционера, показывающих, что при $t_{\theta,н} \geq -26^{\circ}\text{C}$ 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°C .

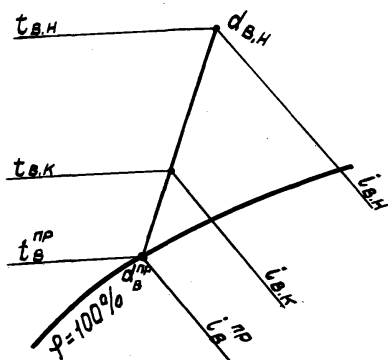


Рисунок к п.2.2.

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:

$$i_{в,к} - i_{в,н} = E_A (i_{в}^{np} - i_{в,н}), \quad (2.10)$$

$$t_{в,к} - t_{в,н} = E_A (t_{в}^{np} - t_{в,н}), \quad (2.11)$$

$$t_{в}^{np} - t_{ж,н} = \theta (t_{ж,к} - t_{ж,н}). \quad (2.12)$$

θ определяется зависимостью

$$\theta = \beta \cdot C_{ж} M \left(\frac{1}{E_{II}} - \frac{1}{E_A} \right), \quad (2.13)$$

где коэффициенты E_{II} и E_A - характеризуются зависимостями (2.6)-(2.8), коэффициент β принимается по табл.2.1.

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

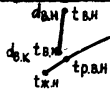
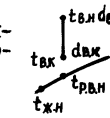
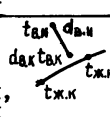
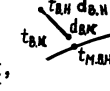
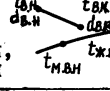
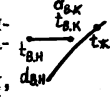
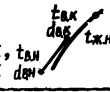
2.3. Приведенные зависимости (2.1), (2.2), (2.10)–(2.12) справедливы для всех разновидностей адиабатных и политропных процессов обработки воздуха в камерах орошения, включая испарительный нагрев и процессы с переменным, регулируемым вручную или автоматически расходом разбрызгиваемой воды.

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 воздушонагревателя 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 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	10	
Политропный с повышением энтальпии	Охлаждением 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/см²) до 300 кПа (3 кгс/см²) — в ОКЗ-3 и БМ-3;
от 5 кПа (0,05 кгс/см²) до 250 кПа (2,5 кгс/см²) — в ОК-3.

При давлении воды, ниже указанного, форсунки работают неустойчиво.

Для повышения давления перед форсунками ЭШФ 7/10 в камерах ОКЗ-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 $M_{мин}$.

При расчетных значениях коэффициентов орошения M_p меньше 0,7 для камер ОКЗ-3, БМ-3 и 0,6 для камер ОК-3 необходимо сравнить их с $M_{мин}$. Если $M_p > M_{мин}$, принятая камера будет работать в устойчивом режиме. Если $M_p < M_{мин}$, 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 $M_{мин}$ определяется по формуле

$$M_{мин} = \frac{q_{ф.мин} \cdot n}{G_B}, \quad (2.14)$$

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

$q_{ф.мин} = 370$ кг/ч для форсунок УЦ14-10/15,

n — количество работающих форсунок в камере орошения, шт.

Количество форсунок по рядам для каждого исполнения камер ОКЗ-3, ОК-3 и БМ-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	КТЦ3-10	I	12	6	18
		2	12	12	24
02.01304	КТЦ3-20	I	24	18	42
		2	24	24	48
03.01304	КТЦ3-31,5	I	36	27	63
		2	36	36	72
04.01304	КТЦ3-40	I	48	36	84
		2	48	48	96
06.01304	КТЦ3-63	I	81	63	144
		2	81	81	162
08.01304	КТЦ3-80	I	108	84	192
		2	108	108	216
12.01304	КТЦ3-125	I	162	126	288
		2	162	162	324
16.01304	КТЦ3-160	I	216	168	384
		2	216	216	432
20.01304	КТЦ3-200	I	234	180	414
		2	234	234	468
25.01304	КТЦ3-250	I	312	240	552
		2	312	312	624

Таблица 2.5
Количество форсунок в блоке тепломассообмена БТМ2-3

Индекс	Кондиционер	Количество форсунок, шт.
01.02I24	КТЦЗ-10	12
02.02I24	КТЦЗ-20	24
03.02I24	КТЦЗ-3I,5	36
04.02I24	КТЦЗ-40	48
06.02I24	КТЦЗ-63	81
08.02I24	КТЦЗ-80	108
12.02I24	КТЦЗ-125	162
16.02I24	КТЦЗ-160	216
20.02I24	КТЦЗ-200	234
25.02I24	КТЦЗ-250	312

Таблица 2.6
Количество форсунок в камере орошения ОКС-3

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

Расходные характеристики форсунок q_{ϕ} выражаются зависимостями:

$$\text{для форсунок ЭИФ 7/10} \\ q_{\phi} = 118,2 (Z \Delta P_{\phi})^{0,454} \quad (2.15)$$

$$\text{для форсунок УЦ4 10/15} \\ q_{\phi} = 412 (Z \Delta P_{\phi})^{0,466} \quad (2.16)$$

где $Z = 1$, ΔP_{ϕ} кПа, в СИ; $Z=98,1$, ΔP_{ϕ} кгс/см², в МКГСС.

Зависимости расхода разбрызгиваемой воды от давления воды перед форсунками $q_{\phi} (\Delta P_{\phi})$ приведены на рис. 2.2 приложения I.

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 $2^{\circ}\text{C} \leq t_{ж.н} \leq 30^{\circ}\text{C}$ 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	$2^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{ж.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$	Прямая	II	4.1
	$-5^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{м.в.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$	Обратная	I	4.2
Адиабатный	$2^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{ж.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$	Прямая	I	4.3
	$-5^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{м.в.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$	Обратная	I	4.4
Политропный (испарительный нагрев)	$2^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{ж.н}} \leq 50^{\circ}\text{C}$	Прямая	II	4.5
	$-27^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{м.в.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$	Обратная	II	4.6

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАМЕР ОРОШЕНИЯ

3.1. В приложении I приведены гидравлические характеристики камер орошения в виде номограмм для зависимостей

$$\Delta P_{\text{ж}} (G_{\text{ж}}):$$

на рис.3.1 - для двухрядных камер орошения ОКЖ-3;

на рис.3.2 - для однорядных противоточных камер орошения ОКЖ-3 исполнения I;

на рис.3.3 - для однорядных прямоточных камер орошения ОКЖ-3 исполнения I и 2 и блоков теплообмена БМ 2.1-3, БМ 2.2-3;

на рис.3.4 - для камер орошения ОКЖ I-3 и ОКЖ 2-3.

3.2. На оси абсцисс номограмм отложены значения избыточного давления на входе в коллектор камеры орошения

$$\Delta P_{\text{ж}}^{\text{ж}}), \text{ на оси ординат - расход распыляемой воды } G_{\text{ж}}.$$

ж) Для камер орошения ОКЖ КТЦЗ-125-КТЦЗ-250 - избыточное давление перед нижним коллектором.

Кривые $G_{\text{ж}}(\Delta P_{\text{ж}})$ построены в зависимости от типоразмера и конструктивного исполнения камер орошения.

3.3. Величины $\Delta P_{\text{ж}}$ 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-125; КТЦЗ-250 - только до нижнего коллектора).

3.4. Зависимости $G_{\text{ж}}(\Delta P_{\text{ж}})$, приведенные на рис. 3.1 и 3.4 приложения I, получены с использованием расходных характеристик форсунок по формулам (2.15), (2.16).

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

4. РАСЧЕТ КАМЕР ОРОШЕНИЯ

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

Прямая задача. Расчет выполняется по методике П.

4.1.1. 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 ($\varphi = 100\%$). Точка пересечения соответствует состоянию части воздушного потока с параметрами $t_{\text{в}}^{\text{п}}$, $i_{\text{в}}^{\text{п}}$.

4.1.2. Вычисляется коэффициент адиабатной эффективности E_A по формуле

$$E_A = \frac{i_{\text{в.к}} - i_{\text{в.н}}}{i_{\text{в}}^{\text{п}} - i_{\text{в.н}}} \quad (4.1)$$

4.1.3. Находится коэффициент орошения M и коэффициент энтальпийной эффективности E_{II} для принятого типоразмера и исполнения камеры орошения по графикам на рис. 2.3 - 2.7 приложения I.

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

4.1.4. Вычисляется относительный перепад температур воздуха θ по формуле (2.13).

4.1.5. Вычисляется начальная температура воды $t_{ж.н}$ по формуле

$$t_{ж.н} = t_B^{np} + \frac{\theta}{C_{ж} M} (i_{в.к} - i_{в.н}). \quad (4.2)$$

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

$$t_{ж.к} = t_{ж.н} - \frac{i_{в.к} - i_{в.н}}{C_{ж} M}. \quad (4.3)$$

4.1.7. Определяется расход разбрызгиваемой воды $G_{ж}$ по формуле

$$G_{ж} = M \cdot G_B. \quad (4.4)$$

4.1.8. Находятся потери давления в камере орошения по воде $\Delta P_{ж}$ по графикам рис. 3.1 - 3.4 приложения I.

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

Обратная задача. Расчет выполняется по методике I.

4.2.1. По заданному расходу разбрызгиваемой воды^{ж)} определяется коэффициент орошения M по формуле

$$M = \frac{G_x}{G_B}. \quad (4.5)$$

4.2.2. Находятся коэффициенты адиабатной и энтальпийной эффективности E_A и E_{II} 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^{жж)}

$$i_{в.к} = i_{в.н} + E_{II} (i_{в.нас} - i_{в.н}) [1 + d(i_{в.нас} - i_{в.н}) + \beta(i_{в.нас} - i_c)], \quad (4.6)$$

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

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

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

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.

^{ж)} Последовательность расчета при заданном расходе холода Q_x приведена в примере 4, при заданном коэффициенте орошения M - в примере II.

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

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

Прямая задача. Расчет выполняется по методике I.

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

$$E_A = 1 - \frac{t_{\text{в.к.}} - t_{\text{м.н.}}}{t_{\text{в.н.}} - t_{\text{м.н.}}} \quad (4.8)$$

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

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

4.3.4. Находятся потери давления по воде $\Delta P_{\text{ж}}$ в камере орошения по графикам рис.3.1 - 3.4 приложения I.

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

Обратная задача. Расчет выполняется по методике I.

4.4.1. По заданному расходу разбрызгиваемой воды определяется коэффициент орошения M по формуле (4.5).

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

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

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

4.4.4. Находятся потери давления по воде в камере орошения $\Delta P_{\text{ж}}$ по графикам рис.3.1-3.4 приложения I.

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

Прямая задача. Расчет выполняется по методике II.

4.5.1. 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 4.2.1.

4.5.3. Определяются коэффициенты адиабатной E_A и политропной E_{II} 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 (2.13).

4.5.5. Определяется влагосодержание предельного состояния воздуха d_B^{np} по формуле

$$d_B^{np} = d_{\text{в.н}} + \frac{d_{\text{в.к}} - d_{\text{в.н}}}{E_A} \quad (4.10)$$

4.5.6. На $i-d$ - диаграмме определяются параметры предельного состояния воздуха t_B^{np} и i_B^{np} в точке пересечения линий d_B^{np} и $\varphi = 100\%$.

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

$$i_{\text{в.к}} = i_{\text{в.н}} + E_A (i_B^{np} - i_{\text{в.н}}), \quad (4.11)$$

$$t_{\text{в.к}} = t_{\text{в.н}} + E_A (t_B^{np} - t_{\text{в.н}}). \quad (4.12)$$

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

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

а) в камерах ОКС2-3 со встроенным водонагревателем по графикам рис. 4.1 приложения I в зависимости от принятой обвязки (параллельная или последовательная), типоразмера камеры и расходного коэффициента g . Расходный коэффициент g определяется по формулам:

для кондиционеров КТЦЗ-3I,5 и КТЦЗ-40

$$g = \frac{(t_{в.к} - t_{в.н}) G_B \cdot 10^{-3}}{C_{ж} (t_{б.н} - t_{ж.к})}, \quad (4.13)$$

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

для кондиционеров КТЦЗ-63 и КТЦ-80

$$g = \frac{(t_{в.к} - t_{в.н}) G_B \cdot 10^{-3}}{2C_{ж} (t_{б.н} - t_{ж.к})}; \quad (4.14)$$

б) в отдельно установленном бойлере - традиционным способом.

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

$$t_{б.к} = t_{б.н} - \frac{(t_{в.к} - t_{в.н}) G_B}{C_{ж} G_B}. \quad (4.15)$$

4.5.11. Определяются потери давления по воде $\Delta P_{ж}$ оросительной системы камеры орошения по графикам рис. 3.1-3.4 приложения I.

4.5.12. 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) ($2^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{ж.н}} \leq 50^{\circ}\text{C}$; $-27^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{м.в.н}} \leq 30^{\circ}\text{C}$).

Обратная задача. Расчет выполняется по методике II.

4.6.1. 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.4.4.1.

4.6.3. Определяются коэффициент адиабатной E_A и политропной E_{II} эффективности по графику рис.2.3-2.7 приложения I, соответствующему выбранному типоразмеру и исполнению камер орошения.

4.6.4. Вычисляется относительный перепад температур θ по формуле (2.13).

4.6.5. Находятся параметры предельного состояния воздуха i_B^{np} , t_B^{np} . Для этого задаются двумя значениями энтальпии i_{B1} и i_{B2} . Рекомендуется принимать $i_{B1} = 20,94$ кДж/кг (5 ккал/кг) и $i_{B2} = 29,32$ кДж/кг (7 ккал/кг).

Вычисляются соответствующие значения температур t_{B1} и t_{B2} по формуле

$$t_B = t_{\text{ж.н}} - \frac{E_A \theta}{C_{\text{ж.м}}} (i_B - i_{\text{в.н}}), \quad (4.16)$$

где i_B соответственно i_{B1} или i_{B2} .

На $i-d$ диаграмме через точки с координатами t_{B1}, i_{B2} и t_{B1}, i_{B2} проводится прямая до пересечения с кривой насыщения ($\varphi = 100\%$). Координаты точки пересечения соответствуют параметрам предельного состояния воздуха t_B^{np}, i_B^{np} .

4.6.6. Определяются конечные энтальпия $i_{в,к}$ и температура $t_{в,к}$ обрабатываемого воздуха по формулам (4.11) и (4.12).

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

$$t_{ж,к} = t_{ж,н} + \frac{t_{в}^{PP} - t_{ж,н}}{\theta} \quad (4.17)$$

4.6.8. Выполняется расчет по пп. 4.5.9 - 4.5.12.

4.7. При необходимости получения расчетов с большей точностью, а также в диапазоне малых значений коэффициентов орошения ($M \leq 0,8$) в пп. 4.1.3; 4.2.2; 4.3.2; 4.4.2 приведенный коэффициент энтальпийной эффективности E_{II} определяется по формулам (2.6) и (2.7), коэффициент адиабатной эффективности E_A - по формуле (2.8), коэффициент орошения M - по формуле

$$M = \left[\frac{-\ln(1 - E_A) - 0,15}{A_1} \right]^{1/0,1} \quad (4.18)$$

5. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

5.1. Характеристики выполненных в данном альбоме примеров расчета камер орошения приведены в табл.5.1.

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 5.1

Характеристики примеров

Номер примера	Задача		Камера орошения			Процесс обработки воздуха	Система единиц
	Тип	Исходные данные	Что требуется определить	Тип	Исполнение		
1	Прямая	$h, \sigma, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{в.к}, i_{в.к}, P_B$	$M, \sigma_{ж}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_{ж}$	ОКЭ-3	2	2	Полиτροпный (охлаждение воздуха) СИ 4.1
2	Прямая	$h, \sigma, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{в.к}, i_{в.к}, P_B$	$M, \sigma_{ж}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_{ж}$	ОКС1-3	2	-	Полиτροпный (охлаждение воздуха) МКГСС 4.1
3	Прямая	$h, \sigma, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{в.к}, i_{в.к}$	$M, \sigma_{ж}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_{ж}$	ОКЭ-3	2	2	Полиτροпный (охлаждение воздуха) МКГСС 4.1, 4.7
4	Прямая	$h, \sigma, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{в.к}, i_{в.к}, \sigma_{в.н}, P_B$	$M, \sigma_{ж}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_{ж}$	ОКЭ-3	2	2	Полиτροпный (охлаждение воздуха при постоянном влагосодержании) МКГСС 4.1
5	Прямая	$h, \sigma, t_{в.н}, t_{в.к}, i_{в.н}, i_{в.к}, P_B$	$M, \sigma_{ж}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_{ж}$	ОКЭ-3	2	2	Полиτροпный (увлажнение при постоянной температуре) МКГСС 4.1
6	Обратная	$h, \sigma, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, P_B$	$M, \sigma_{ж}, t_{в.к}, i_{в.к}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_{ж}$	ОКЭ-3	I	2	Полиτροпный (охлаждение воздуха) МКГСС 4.2
7	Обратная	$h, \sigma, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{ж.н}, \sigma_{ж}, P_B$	$M, t_{в.к}, i_{в.к}, t_{ж.н}, \Delta P_{ж}$	ОКС1-3	2	-	Полиτροпный (охлаждение воздуха) МКГСС 4.2, 4.7
8	Прямая	$h, \sigma, t_{в.н}, t_{в.к}, t_{м.н} = t_{м.к}$	$M, \sigma_{ж}, \Delta P_{ж}$	БТМ2. I-3	-	-	Адиабатный СИ 4.3

Продолжение табл. 5.1

Номер при-мера	Задача			Камера орошения			Процесс обработки воздуха	Система единиц / Раздел
	Тип	Исходные данные	Что требуется определить	Тип	Исполнение	Количество рядов сто-яков		
9	Прямая	$L, G, t_{в.к.2}, t_{в.к.3}, t_{м.н.} = t_{м.к.}$	$M_1, G_{ж.1}, \Delta P_{ж.1}, M_2, G_{ж.2}, \Delta P_{ж.2}, M_3, G_{ж.3}, \Delta P_{ж.3}$	ОКФ-3	I	I	Адиабатный с переменным расходом воды	МКГСС 4.3
10	Обратная	$L, G, t_{в.н.}, t_{ж.н.} = t_{ж.к.}$	$t_{в.к.}, \Delta P_{ж.к.}$	ОКФ-3	I	2	Адиабатный	МКГСС 4.4
11	Прямая	$M, G, t_{в.н.}, t_{в.к.}, t_{ж.н.}, t_{ж.к.}, t_{в.к.}, t_{ж.н.}, t_{в.к.}, t_{ж.н.}$	$M, t_{в.к.}, t_{ж.к.}, G, t_{ж.н.}, t_{ж.к.}, t_{в.к.}, \Delta P_{ж.к.}$	ОКС2-3	2	-	Полиτροпный (нагрев воздуха)	МКГСС 4.5, 4.7
12	Обратная	$L, G, t_{в.н.}, t_{в.к.}, t_{ж.н.}, t_{ж.к.}, G, P, B$	$t_{в.к.}, t_{в.к.}, t_{ж.к.}, M, \Delta P_{ж.к.}$	ОКС1-3	2	-	Полиτροпный (нагрев воздуха)	СИ 4.6
13	Обратная	$t_{в.н.}, t_{в.к.}, t_{ж.н.}, t_{ж.к.}, G, P, B$	$M, L, G, \text{ТИП КОНДИЦИОНЕРА}$	-	-	-	Полиτροпный (охлаждение воды в камере орошения)	СИ 4.2
14	Обратная	$L, G, G_{ж.к.}, t_{в.н.}, t_{в.к.}, t_{ж.н.}$	$t_{ж.к.}, t_{в.к.}, \Delta P_{ж.к.}$	ОКФ	I	2	Полиτροпный (охлаждение воды в камере орошения)	СИ 4.2, 4.7

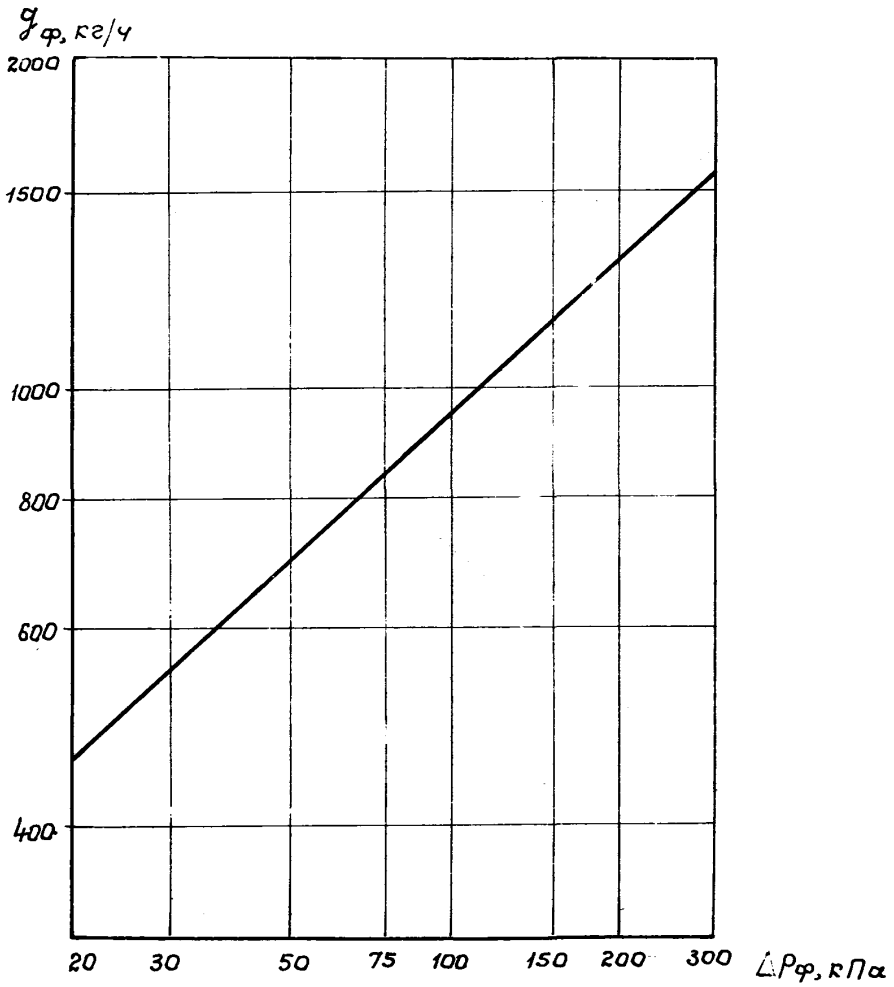


Рис. 2.1. Зависимость $G_f(\Delta P_f)$ для форсунки ЭШФ 7/10

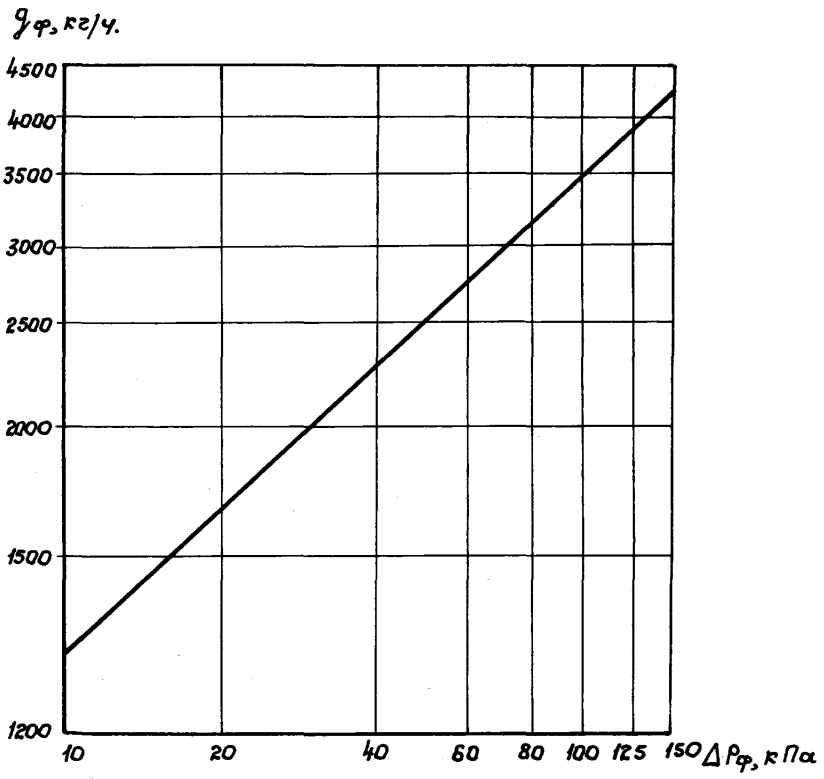


Рис.2.2. Зависимость $g_{\varphi}(\Delta P_{\varphi})$ для форсунки УЦ 14-10/15

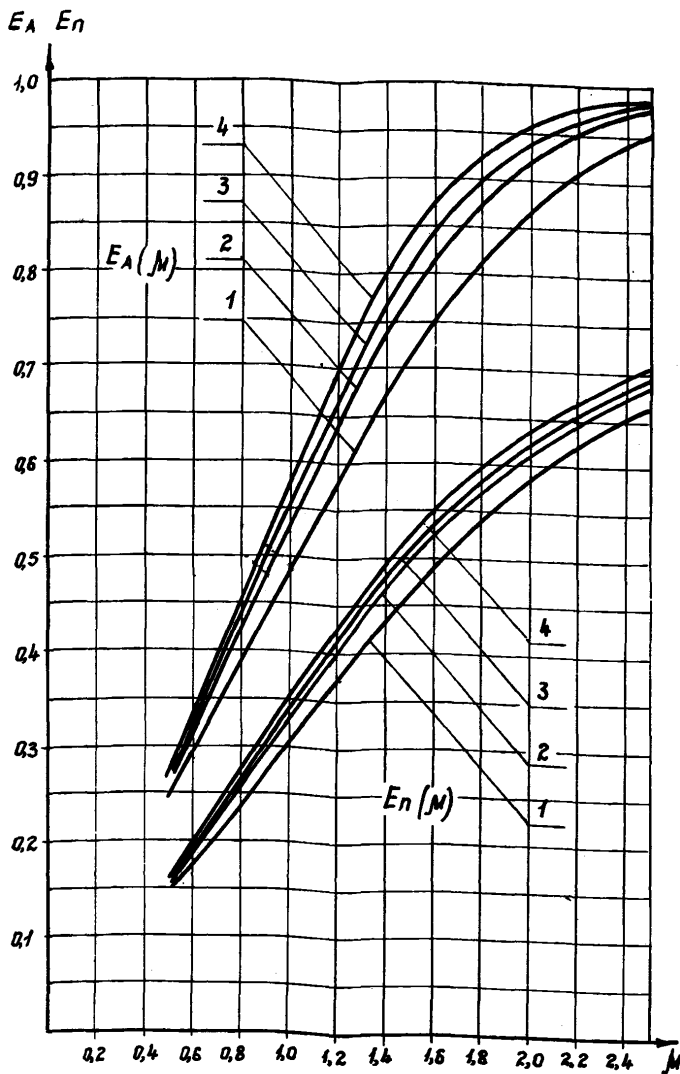


Рис.2.3. Зависимость $E_n(M)$ и $E_A(M)$ для двухрядных камер орощения ОКФ-3 (исполнение 1 и 2)

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)

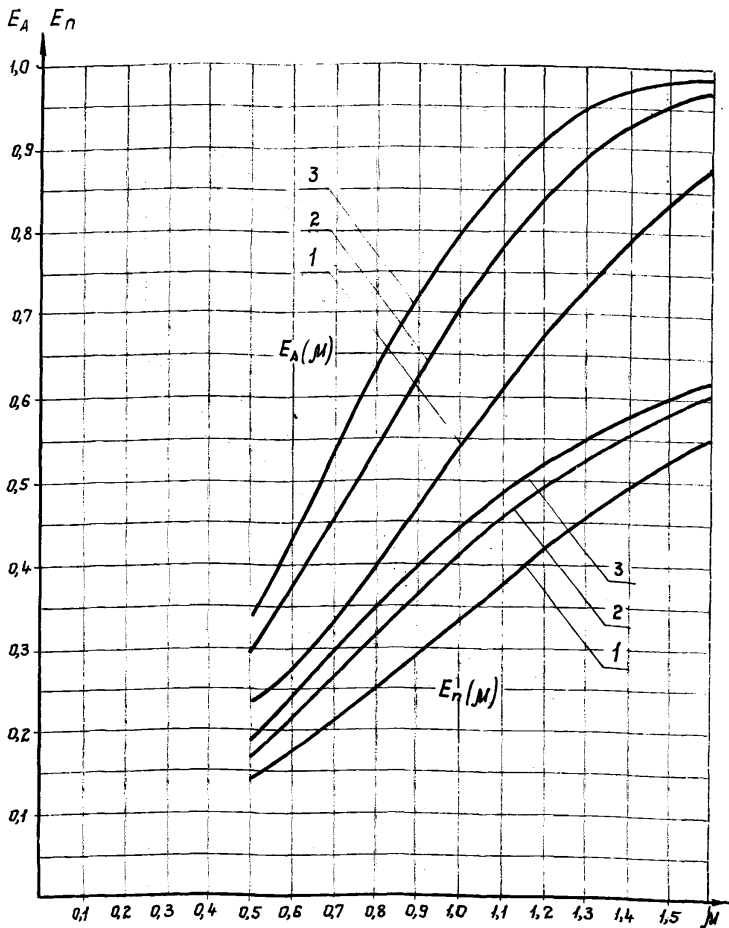


Рис. 2.4. Зависимость $E_n(M)$ и $E_A(M)$ для однорядных прямоугольных камер орошения ОКФ-3 (исполнение 1 и 2):
 1 - ОКФ-3 01.01304, исп. 2 (02.01304, исп. 2);
 2 - ОКФ-3 03.01304, исп. 2 (04.01304, исп. 2; 06.01304 исп. 2; 08.01304 исп. 2)
 3 - ОКФ-3 12.01304 исп. 2 (16.01304 исп. 2; 20.01304 исп. 2;
 25.01304 исп. 2).

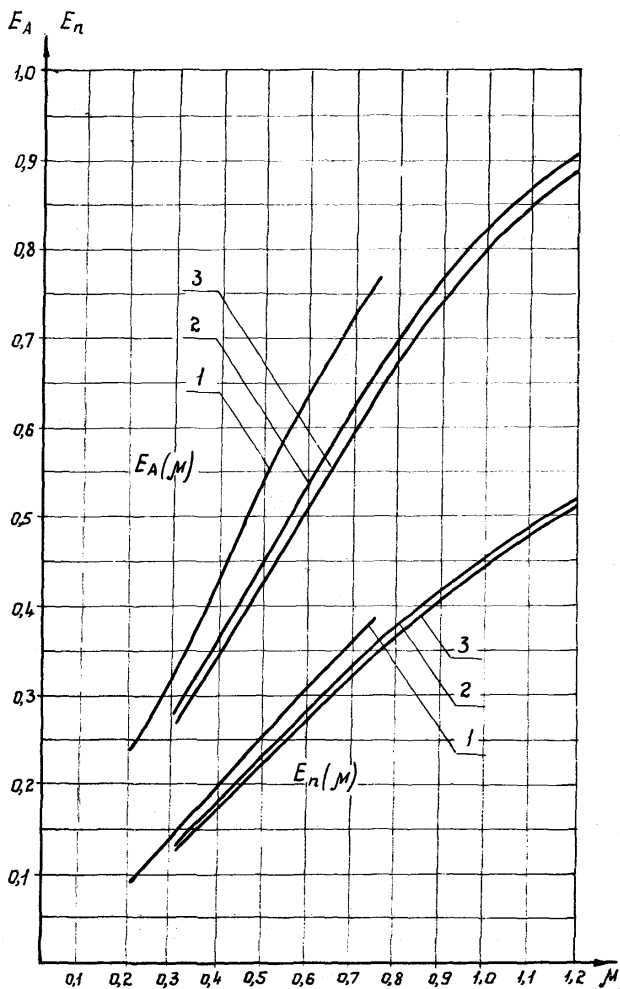


Рис.2.5. Зависимость $E_n(M)$ и $E_A(M)$ для однорядных противочных камер орошения ОКФ-3 (исполнение 1)

- 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)

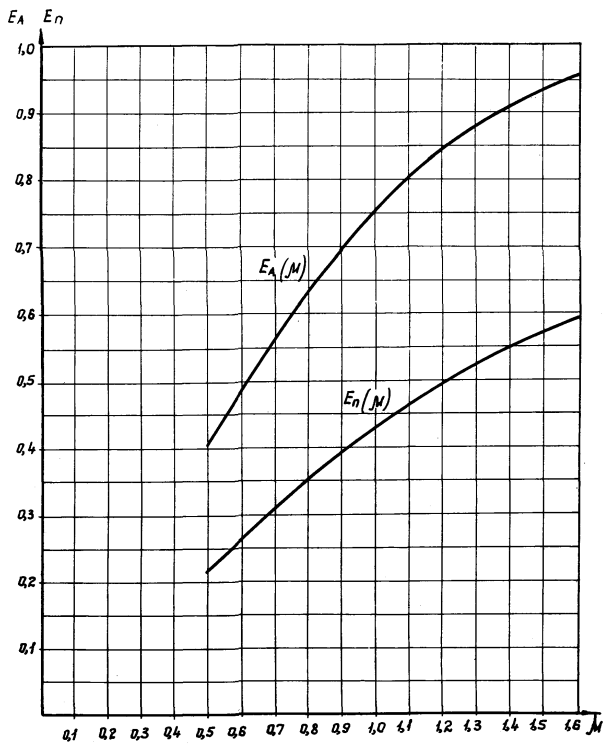


Рис.2.6. Зависимость $E_n(M)$ и $E_A(M)$ для блоков теплообмена БТМ 2.1-3 и БТМ 2.2-3

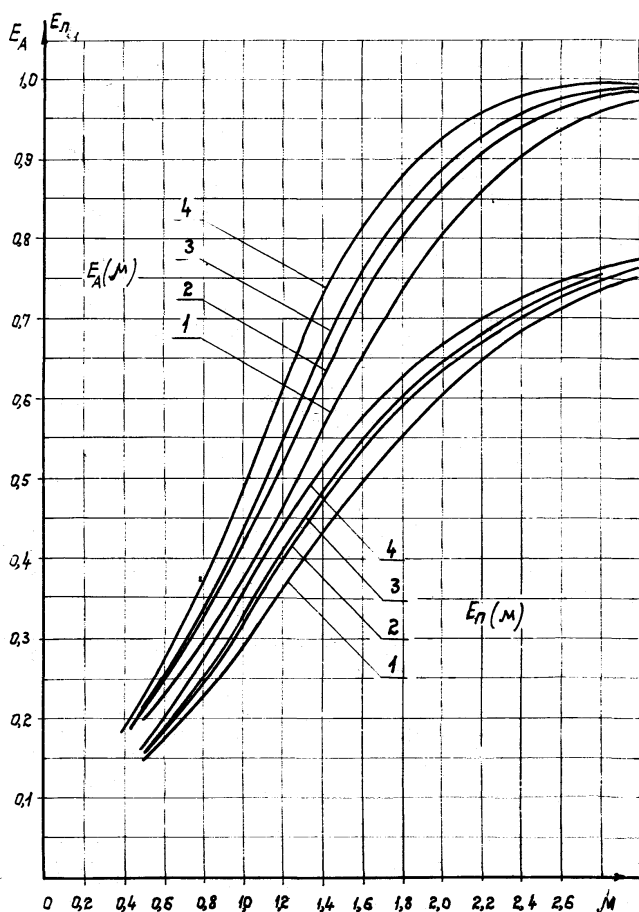


Рис.2.7 зависимость E_n (м) и E_A (м) для камер орошения ОКС-3 (исполнение 1 и 2)¹
 1 - окс2-3, исполнение 2; 3 - окс1-3 исполнение 2;
 2 - окс2-3 исполнение 1; 4 - окс1-3 исполнение 1;

$G_{ж}, кг/с$

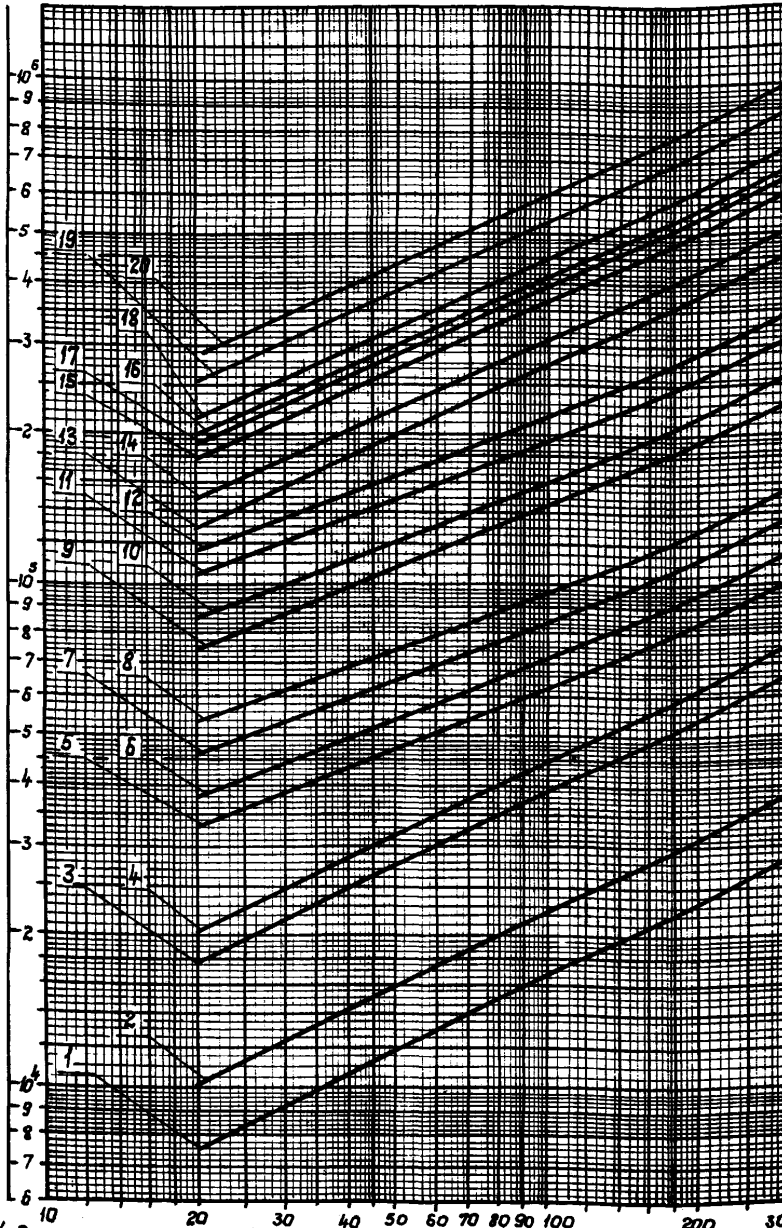


Рис. 3.1. Зависимость $\Delta P_{ж}$ ($G_{ж}$) для двухрядных камер орошения ОКФ-3

- | | | | | | |
|---------|------------------|------------|----------|------------------|------------|
| 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 | 06.01304, исп.1; | 10- исп.2; | 19-ОКФ-3 | 25.01304, исп.1; | 20- исп.2. |

Бж, кг/ч

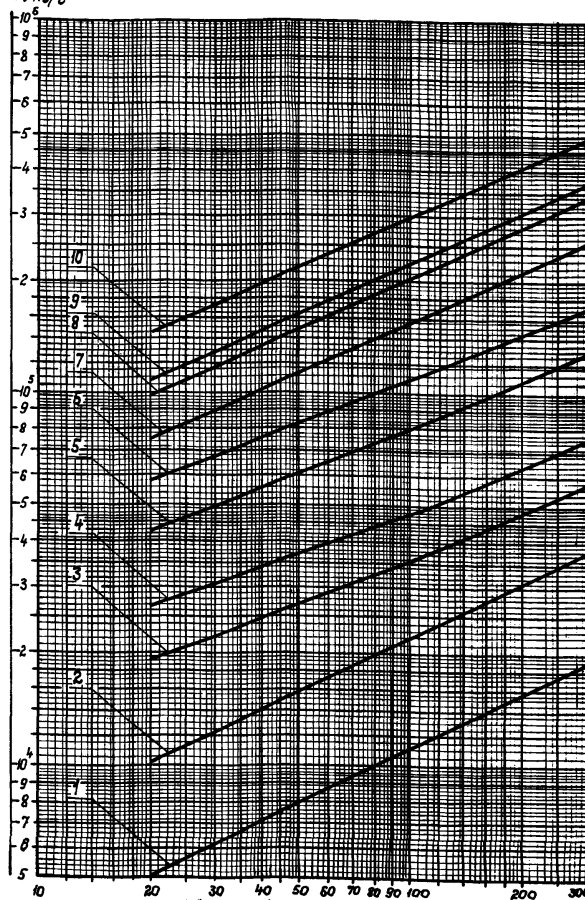


Рис. 3.2. Зависимость $\Delta P_{\text{ж}}$ (Бж) для однорядных прямоугольных камер орошения ОКФ-3и блока теплообмена БТМ-3

- 1 - БТМ 2. 1-3 01.02124(БТМ 2.2-3 01.02224)
- 2 - БТМ 2. 1-3 02.02124(БТМ 2.2-3 02.02224)
- 3 - БТМ 2. 1-3 03.02124(БТМ 2.2-3 03.02224)
- 4 - БТМ 2. 1-3 04.02124(БТМ 2.2-3 04.02224)
- 5 - БТМ 2. 1-3 06.02124(БТМ 2.2-3 06.02224)
- 6 - БТМ 2. 1-3 08.02124(БТМ 2.2-3 08.02224)
- 7 - БТМ 2. 1-3 12.02124(БТМ 2.2-3 12.02224)
- 8 - БТМ 2. 1-3 16.02124(БТМ 2.2-3 16.02224)
- 9 - БТМ 2. 1-3 20.02124(БТМ 2.2-3 20.02224)
- 10 - БТМ 2. 1-3 25.02124(БТМ 2.2-3 25.02224)

$G_{жк}, : \text{кВ/}\sqrt{\text{л}^2}$

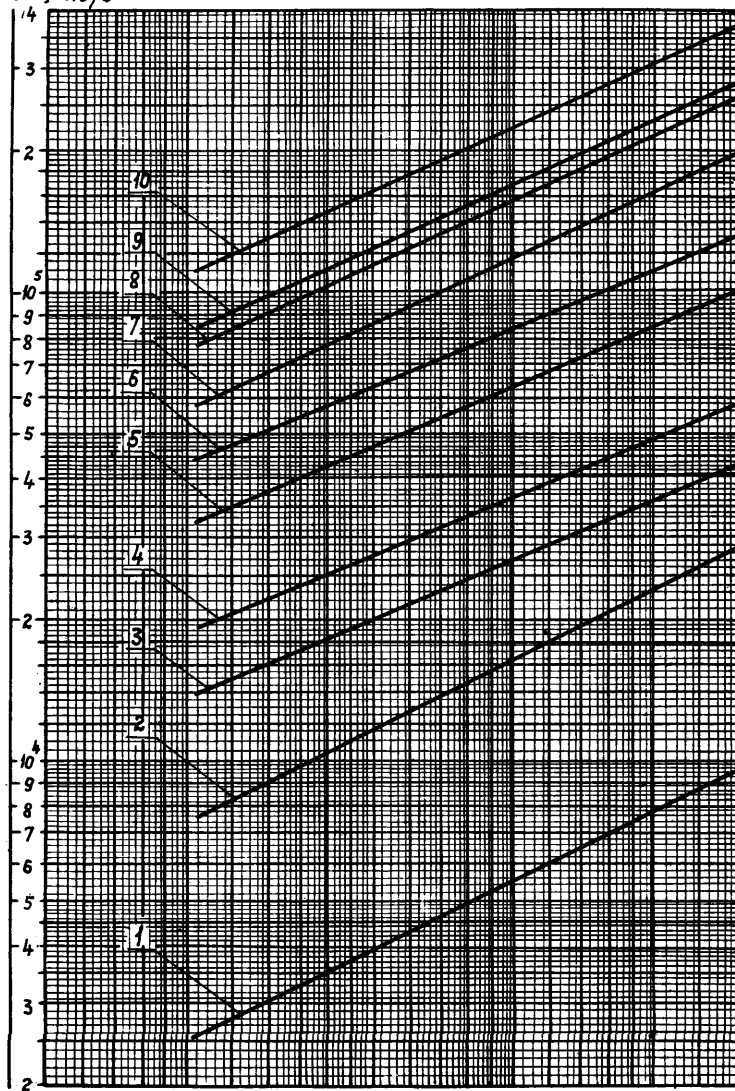


Рис. 3.3. Зависимость $\Delta P_{жк}$ ($G_{жк}$) для однорядных противотоковых камер вращения ОКФ-3

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

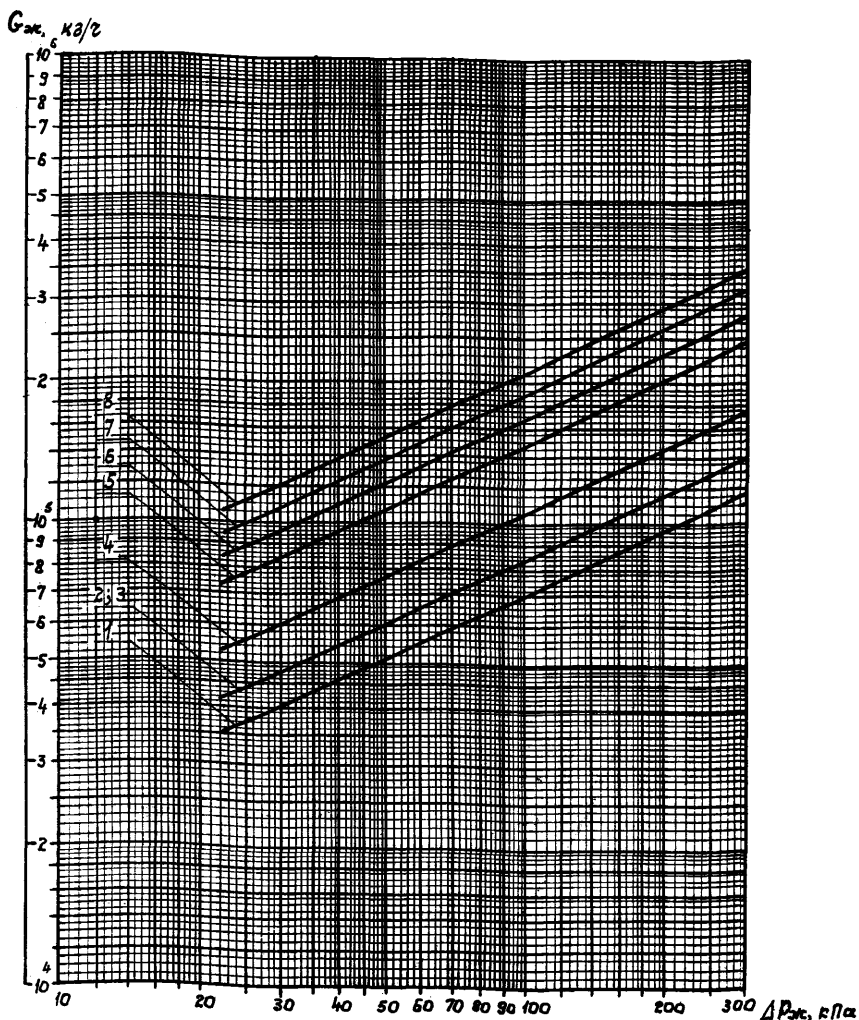


Рис. 3.4. Зависимость $\Delta P_{жк}$ ($G_{жк}$) для камер охлаждения ОКС-3

- 1- ОКСТ-3 03.01204, учп. 1 (ОКР2-3 03.01404, учп. 1); 7- ОКСТ-3 08.01204, учп. 1
 2- ОКСТ-3 03.01204, учп. 2 (ОКР2-3 03.01404, учп. 2); (ОКР2-3 08.01404, учп. 1)
 3- ОКСТ-3 04.01204, учп. 1 (ОКР2-3 04.01404, учп. 1); 8- ОКСТ-3 08.01204, учп. 2
 4- ОКСТ-3 04.01204, учп. 2 (ОКР2-3 04.01404, учп. 2); (ОКР2-3 08.01404, учп. 2)
 5- ОКСТ-3 06.01204, учп. 1 (ОКР2-3 06.01404, учп. 1);
 6- ОКСТ-3 06.01204, учп. 2 (ОКР2-3 06.01404, учп. 2);

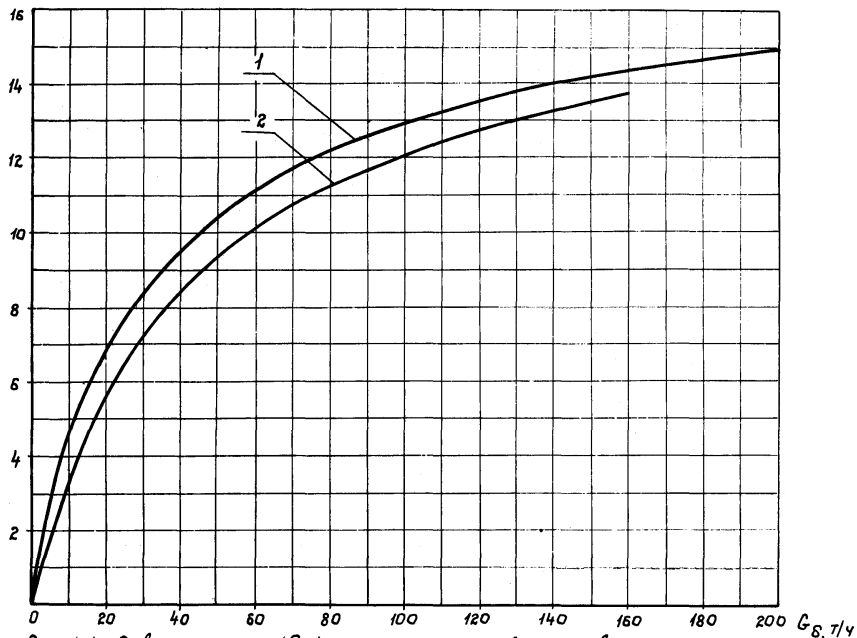
$q, \text{т/ч}$ 

Рис. 4.1. Зависимость $q (G_{\text{в}})$ для встроенного водонагревателя камер орошения ОКС2-3
 1- параллельная обвязка; 2- последовательная обвязка.

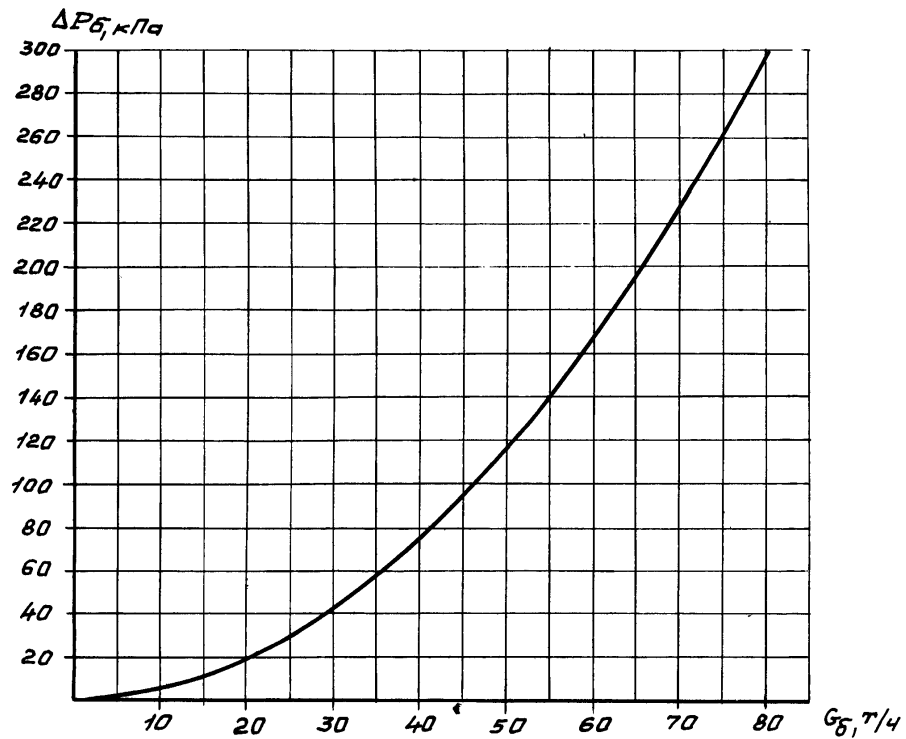


Рис. 4.2. Зависимость $\Delta P_{\text{ж}}(G_{\text{ж}})$ для встраиваемого водонагревателя камер орошения ОКС 2-3

ПРИМЕР I

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

Исходные данные: Кондиционер КТЦЗ-125, камера орошения ОКЭ-3, двухрядная, исполнение 2, $L = 125000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $G_B = 150000 \text{ кг/ч}$, $t_{B,H} = 28,5^\circ\text{C}$, $i_{B,H} = 54,0 \text{ кДж/кг}$, $t_{B,K} = 14^\circ\text{C}$, $i_{B,K} = 38,4 \text{ кДж/кг}$, $P_G = 102 \text{ кПа}$.

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

Порядок расчета.

1. На $i-d$ - диаграмме через точки с координатами заданных начальных и конечных параметров воздуха проводим луч процесса до пересечения с кривой $\varphi = 100\%$, определяем координаты точки пересечения i_B^{np} , t_B^{np} :

$$i_B^{np} = 37,5 \text{ кДж/кг}; \quad t_B^{np} = 13,2^\circ\text{C}.$$

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_{II} по графикам рис.2.3 приложения I при $E_A = 0,945$

$$M = 2,15; \quad E_{II} = 0,64.$$

4. Вычисляем θ по формуле (2.I3)

$$\theta = 0,33 \cdot 4,187 \cdot 2,15 \cdot \left(\frac{1}{0,64} - \frac{1}{0,945} \right) = 1,50.$$

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

$$t_{ж,н} = 13,2 + \frac{1,50}{4,187 \cdot 2,15} (38,4 - 54,0) = 10,6^\circ\text{C}.$$

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

$$t_{ж,к} = 10,6 - \frac{38,4 - 54,0}{4,187 \cdot 2,15} = 12,33^\circ\text{C}.$$

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.3.1 приложения I. При $G_{ж} = 322500 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_{ж} = 108 \text{ кПа.}$

ПРИМЕР 2

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

Исходные данные. Кондиционер КТЛЗ-63, камера орошения ОКСИ-3, исполнение 2, $L = 75000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $G_{в} = 90000 \text{ кг/ч}$,

$$t_{в,н} = 28,5^\circ\text{C}, \quad i_{в,н} = 12,9 \text{ ккал/ч}, \quad t_{в,к} = 12^\circ\text{C},$$

$$i_{в,к} = 7,9 \text{ ккал/кг}, \quad P_{в} = 760 \text{ мм рт.ст.}$$

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

Порядок расчета.

1. 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 $i_{в}^{np}$, $t_{в}^{np}$ $i_{в}^{np} = 7,64 \text{ ккал/кг}$;
 $t_{в}^{np} = 11,15^\circ\text{C}.$

2. По формуле (4.1) вычисляем E_A

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

3. Находим M и E_{II} по графикам рис. 2.7 приложения I $M = 2,34$; $E_{II} = 0,7.$

4. Вычисляем θ по формуле (2.13)

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

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

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

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

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

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.

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

ПРИМЕР 3

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

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-40, камера орошения ОКФ-3, двухрядная, исполнение 2, $L = 40000 \text{ м}^3/\text{ч}$,

$$G_{в} = 48000 \text{ кг/ч}, \quad t_{в.н} = 34^{\circ}\text{C}, \quad i_{в.н} = 15,5 \text{ ккал/кг}, \\ t_{в.к} = 16,5^{\circ}\text{C}, \quad i_{в.к} = 10,6 \text{ ккал/кг}, \quad P_{в} = 745 \text{ мм рт.ст.}$$

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

Порядок расчета

1. 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 $i_{в}^{np}, t_{в}^{np}$

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

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, d_1, C по табл.2.2

$$A_1 = 0,655; \quad d_1 = 2,02; \quad C = 0,387.$$

4. Определяем M по формуле (4.18)*

$$M = \left[\frac{-\ln(1-0,94) - 0,15}{0,655} \right]^{2,02} = 2,01.$$

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

$$E = \left(1 + \frac{0,725}{2,01} \right) \left\{ 1 + 0,387 \left[-\ln(1-0,94) \right]^{-0,858} \right\} = 1,577;$$

$$E_{II} = \frac{1 - \exp[-1,577 \ln(1-0,94)]}{1,577} = 0,627.$$

6. Вычисляем θ по формуле (2.13)

$$\theta = 1,38 \cdot 1 \cdot 2,01 \left(\frac{1}{0,627} - \frac{1}{0,94} \right) = 1,47.$$

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

$$t_{ж.н} = 15,4 + \frac{1,47}{1 \cdot 2,01} (10,6 - 15,5) = 11,8^\circ\text{C}.$$

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

$$t_{ж.к} = 11,8 - \frac{10,6 - 15,5}{1 \cdot 2,01} = 14,3^\circ\text{C}.$$

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

$$G_{ж} = 2,01 \cdot 48000 = 96500 \text{ кг/ч}.$$

10. Находим $\Delta P_{ж}$ по номограмме рис. 3.1 приложения I.

При $G_{ж} = 96500 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_{ж} = 1,05 \text{ кг/см}^2$.

* См. п.4.7 раздела 4.

ПРИМЕР 4

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

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-125, камера орошения ОКЛ-3, двухрядная, исполнение 2, $L=125000\text{ м}^3/\text{ч}$, $G_B=150000\text{ кг/ч}$, $t_{B,H}=28,5^\circ\text{C}$; $i_{B,H}=12,9\text{ ккал/кг}$, $t_{B,K}=15^\circ\text{C}$, $i_{B,K}=9,64\text{ ккал/кг}$, $d_{B,H}=d_{B,K}=10,0\text{ г/кг}$, $P_B=760\text{ мм рт.ст.}$

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

Порядок расчета

1. Находим параметры предельного состояния воздуха по $i-d$ - диаграмме. Проводим луч процесса до пересечения с $\varphi=100\%$, определяем координаты точки пересечения

$$t_{\text{пр}} = 13,7^\circ\text{C}; \quad i_{\text{пр}} = 9,33\text{ ккал/кг.}$$

2. По формуле (4.1) вычисляем E_A

$$E_A = \frac{9,64-12,9}{9,33-12,9} = 0,913.$$

3. Находим M и E_{II} по графикам рис.2.3 приложения I. При $E_A = 0,913$

$$M = 1,96; \quad E_{\text{II}} = 0,61.$$

4. Вычисляем значение θ по формуле (2.13)

$$\theta = 1,38 \cdot 1 \cdot 1,96 \cdot \left(\frac{1}{0,61} - \frac{1}{0,913} \right) = 1,50,$$

где $\theta = 1,38(\text{кг}^\circ\text{C})/\text{ккал}$ принимаем по табл.2.1.

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

$$t_{ж,н} = 13,7 + \frac{1,50}{1 \cdot 1,96} (9,64-12,9) = 11,2^\circ\text{C.}$$

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

$$t_{ж,к} = 11,2 - \frac{9,64-12,9}{1 \cdot 1,96} = 12,9^\circ\text{C.}$$

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 I.

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

ПРИМЕР 5

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

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-80, камера орошения ОКФ-3, двухрядная, исполнение 2, $L = 80000 \text{ м}^3/\text{ч}$,

$$G_B = 96000 \text{ кг/ч}, \quad t_{в.н} = t_{в.к} = 17^\circ\text{C}, \quad i_{в.н} = 6,6 \text{ ккал/кг}, \\ i_{в.к} = 10,8 \text{ ккал/кг}, \quad P_B = 760 \text{ мм рт.ст.}$$

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 $\varphi = 100\%$.

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

2. Вычисляем E_A по формуле (4.1)

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

3. Находим M и E_{II} по графикам рис. 2.3 приложения I. При $E_A = 0,875$ $M = 1,82$; $E_{II} = 0,57$.

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)

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

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

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

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, I приложения I.

При $G_{ж} = 182000 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_{ж} = 0,46 \text{ кгс/см}^2$.

ПРИМЕР 6

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

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-20, камера орошения ОКФ-3, двухрядная, исполнение I, $L = 20000 \text{ м}^3/\text{ч}$,

$$G_B = 24000 \text{ кг/ч}, \quad t_{в.н} = 28,5^{\circ}\text{C}, \quad i_{в.н} = 12,9 \text{ ккал/кг},$$

$$Q_x = -120000 \text{ ккал/ч}, \quad t_{ж.н} = 8^{\circ}\text{C}, \quad P_B = 745 \text{ мм рт.ст.}$$

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

Порядок расчета

1. Вычисляем Δi по формуле $\Delta i = \frac{Q_x}{G_B}$

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

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 $t_{ж.н} = 8^{\circ}\text{C}$ $i_{в.нас} = 6 \text{ ккал/кг}$.

4. Вычисляем $E_{п}$ по формуле (2.1),

где $\Delta \bar{i}_o$ 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 $\alpha = 0,003$ кг/ккал, $\beta = -0,0147$ 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 $E_{II} = 0,673$.

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

Абсцисса точки пересечения определяет значение $M = 2,31$. Из точки пересечения на кривой $E_{II}(M)$ 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)

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

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

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

где $\beta = 1,38$ (кг $^\circ\text{C}$)/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 ОКСИ-3, исполнение 2, $L = 48330 \text{ м}^3/\text{ч}$,
 $G_B = 58000 \text{ кг/ч}$, $t_{в.н} = 32^\circ\text{C}$, $i_{в.н} = 16,3 \text{ ккал/кг}$,
 $t_{ж.н} = 12^\circ\text{C}$, $G_{ж} = 145000 \text{ кг/ч}$, $P_B = 745 \text{ мм вод.ст.}$

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

Порядок расчета

1. Определяем M по формуле (4.5)

$$M = \frac{145000}{58000} = 2,5.$$

2. Находим A_1 , α_1 , C по табл. 2.2

$$A_1 = 0,426; \quad \alpha_1 = 2,29; \quad C = 0,177.$$

3. Определяем E_A по формуле (2.8)*

$$E_A = 1 - \exp(-0,15 - 0,426 \cdot 2,5^{2,29}) = 0,973.$$

4. Определяем E_{II} по формулам (2.7), (2.6)*

$$\Phi = \left(1 + \frac{0,725}{2,5}\right) \left\{ 1 + 0,177 \left[-\ln(1 - 0,973) \right]^{-0,858} \right\} = 1,36;$$

$$E_{II} = \frac{1 - \exp[-1,36 \ln(1 - 0,973)]}{1,36} = 0,73.$$

5. На $i-d$ - диаграмме находим $i_{в.нас}$. При
 $t_{ж.н} = 12^\circ\text{C}$ $i_{в.нас} = 8,25 \text{ ккал/кг}$.

* 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 $\alpha = 0,003 \text{ кг/ккал}$, $\beta = -0,0147 \text{ кг/ккал}$, $i_c = 12,9 \text{ ккал/кг}$ находим по табл. 2.1.

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

$$t_{в.к} = 32 + 0,973(12 - 32) + 1,38 \left(1 - \frac{0,973}{0,73}\right)(10,16 -$$

$-16,3) = 15,4^\circ\text{C}$,

где $\beta = 1,38 \text{ (кг} \cdot ^\circ\text{C)/ккал}$ находим по табл. 2.1.

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

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

9. Определим $\Delta P_{ж}$ по номограмме рис. 3.4 приложения I. При $G_{ж} = 145000 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_{ж} = 2,1 \text{ кгс/см}^2$.

ПРИМЕР 8

Адиабатный режим обработки воздуха. Прямая задача.

Расчет по методике I (раздел 4.3) в СИ.

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-31,5; блок тепло-массообмена БМ2.1-3, $L = 27000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $G_{в} = 32400 \text{ кг/ч}$,

$$t_{в.н} = 23,7^\circ\text{C}, \quad t_{в.к} = 8,5^\circ\text{C}, \quad t_{н.н} = t_{н.к} = 7,7^\circ\text{C}.$$

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

Порядок расчета

I. Вычисляем E_A по формуле (4.8)

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

2. Находим M по графику на рис. 2.6 приложения 1 для блока теплообмена БТМ2.1-3 кондиционера КТЦЗ-3Г,5. При $E = 0,95$ $M = 1,56$.

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

$$G_{жк} = 1,56 \cdot 32400 = 50540 \text{ кг/ч.}$$

4. Находим $\Delta P_{ж}$ по номограмме на рис. 3.5 приложения 1. При $G_{жк} = 50540 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_{ж} = 240 \text{ кПа}$.

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-3Г,5; камера орошения ОКД-3, двухрядная исполнения I,

$$L = 31500 \text{ м}^3/\text{ч}; \quad G_{в} = 37800 \text{ кг/ч}; \quad t_{в.н} = 23,7^\circ\text{C};$$

$$t_{в.к.1} = 12^\circ\text{C}; \quad t_{в.к.2} = 15^\circ\text{C}; \quad t_{в.к.3} = 19^\circ\text{C} \text{ соответст-}$$

$$\text{венно при } \Delta t_{п1} = t_{п1} - t_{в.к.1} = 7^\circ\text{C}, \quad \Delta t_{п2} = 4^\circ\text{C}; \quad \Delta t_{п3} = 0^\circ\text{C};$$

$$t_{м.н} = t_{м.к} = 7,7^\circ\text{C}; \quad P_{в} = 745 \text{ мм вод.ст.}$$

$$\begin{aligned} \text{Требуется определить: } M_1, G_{жк1}, \Delta P_{ж1} \text{ при } t_{в.к.1} &= 12^\circ\text{C}; \\ M_2, G_{жк2}, \Delta P_{ж2} \text{ при } t_{в.к.2} &= 15^\circ\text{C}; \\ M_3, G_{жк3}, \Delta P_{ж3} \text{ при } t_{в.к.3} &= 19^\circ\text{C}; \end{aligned}$$

Порядок расчета

I. Вычисляем E_A по формуле (4.8)

$$\text{при } t_{в.к.1} = 12^\circ\text{C} \quad E_{A1} = 1 - \frac{12-7,7}{23,7-7,7} = 0,73;$$

* Изменение заданного значения $t_{в.к}$ в интервале от 12 до 19°C обеспечивается изменением расхода воды при постоянной $t_{м.н} = 7,7^\circ\text{C}$ (управляемый процесс изоэнтальпийного охлаждения и увлажнения).

при $t_{в.к.2} = 15^{\circ}\text{C}$ $E_{A2} = 1 - \frac{15 - 7,7}{23,7 - 7,7} = 0,545;$

при $t_{в.к.3} = 19^{\circ}\text{C}$ $E_{A3} = 1 - \frac{19 - 7,7}{23,7 - 7,7} = 0,294.$

2. Находим M для двухрядной камеры ОКФ-3 исполнения I кондиционера КТЦЗ-3I,5 по графику на рис. 2.3 приложения I:

при $E_{A1} = 0,73$ $M_1 = 1,26;$

при $E_{A2} = 0,545$ $M_2 = 0,96;$

при $E_{A3} = 0,294$ $M_3 = 0,54.$

Так как $M_3 < 0,7$ (см. п.2.4), определяем $M_{\text{мин}}$ по формуле (2.14)

$$M_{\text{мин}} = \frac{460 \cdot 63}{37800} = 0,76,$$

где $q_{\text{р.мин}} = 460$ кг/ч принимаем по п.2.4, $n = 63$ шт. принимаем для двухрядной камеры орошения ОКФ-3 исполнения I кондиционера КТЦЗ-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 M по графику на рис. 2.5 приложения I для однорядной противоточной камеры ОКФ-3 исполнения I кондиционера КТЦЗ-3I,5 ;

при $E_{A1} = 0,73$ $M_1 = 0,84 ;$

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

при $E_{A2} = 0,545$ $M_2 = 0,61$;
 при $E_{A3} = 0,294$ $M_3 = 0,325$.

Определяем $M_{мин}$ для принятой камеры по формуле (2.14)

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

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

Так как $M_3 \approx M_{мин}$ принятая камера орошения будет работать устойчиво во всех заданных режимах.

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

$$G_{ж.1} = 0,84 \cdot 37800 = 31750 \text{ кг/ч};$$

$$G_{ж.2} = 0,61 \cdot 37800 = 22700 \text{ кг/ч};$$

$$G_{ж.3} = 0,32 \cdot 37800 = 12100 \text{ кг/ч}.$$

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

при $G_{ж.1} = 31750 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_{ж.1} = 1,53 \text{ кгс/см}^2$;

при $G_{ж.2} = 22700 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_{ж.2} = 0,68 \text{ кгс/см}^2$;

при $G_{ж.3} = 12100 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_{ж.3} = 0,16 \text{ кгс/см}^2$.

ПРИМЕР 10

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

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-40, камера орошения ОКВ-3 двухрядная, исполнения I, $L = 40000 \text{ м}^3/\text{ч}$,

$$G_B = 48000 \text{ кг/ч}, \quad t_{в.н} = 22,3^\circ\text{C}, \quad t_{м.н} = t_{м.к} = 17,5^\circ\text{C},$$

$$G_{ж} = 65000 \text{ кг/ч}.$$

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 КТЦЗ-40

$$\text{при } M = 1,354 \quad E_A = 0,79.$$

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

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

4. Находим $\Delta P_{ж}$ по номограмме рис. 3.I приложения I.
При $G_{ж} = 65000$ кг/ч $\Delta P_{ж} = 0,52$ кгс/см².

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 КТЦЗ-40, камера орошения ОКФ-3 (исполнение 2), $L = 40000$ м³/ч; $G_B = 48000$ кг/ч;
 $G_{ж} = 120000$ кг/ч; $t_{в.м} = -20^{\circ}\text{C}$; $t_{в.н} = 4,7$ ккал/кг;
 $d_{в.м} = 0,085$ г/кг; $d_{в.к} = 7,2$ г/кг; $t_{д.н} = 60^{\circ}\text{C}$;
 $P_B = 745$ мм рт.ст.

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

Порядок расчета

I. Определим M по формуле (4.5)

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

2. Находим коэффициенты A_1 , d_1 , C по табл.2.2 для камеры ОКС2-3 исполнения 2 кондиционера КТЦЗ-40

$$A_1 = 0,329; \quad d_1 = 2,19; \quad C = 0,177.$$

3. Вычисляем E_A и E_{II} по формулам (2.6)-(2.8)

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

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

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

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_B^{np} по формуле (4.10)

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

6. Определяем по $i-d$ - диаграмме i_B^{np} и t_B^{np} в точке пересечения линий $d_B^{np} = const$ и кривой $\varphi = 100\%$

$$i_B^{np} = 7,3 \text{ ккал/кг}; \quad t_B^{np} = 10,3^\circ\text{C}.$$

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

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

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

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

$$t_{ж.н} = 10,3 + \frac{1,2 [6,26 - (-4,7)]}{1,25} = 15,6^\circ\text{C}.$$

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

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

10. Определяем g по формуле (4.13)

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

11. Находим G_g по графику на рис. 4.1 приложения I.
При $g = 10,93 \text{ т/ч}$ $G_g = 56000 \text{ кг/ч}$.

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

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

13. Находим $\Delta P_{ж}$ оросительной системы камеры орошения ОКС2-3 исполнения 2 кондиционера КПЦ3-40 по номограмме на рис. 3.4 приложения I.

При $G_{ж} = 120000 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_{ж} = 1,3 \text{ кгс/см}^2$.

14. Находим ΔP_g водонагревателя камеры орошения ОКС2-3 кондиционера КПЦ3-40 по номограмме рис.4.2 приложения I.

При $G_g = 56000 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_g = 1,45 \text{ кгс/см}^2$.

ПРИМЕР 12

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

Исходные данные. Кондиционер КПЦ3-63, камера орошения ОКС1-3, исполнение 2, $G_B = 73600 \text{ кг/ч}$,

$G_{жс} = 113400 \text{ кг/ч}$, $t_{в.н} = -15^{\circ}\text{C}$, $i_{в.н} = 12,56 \text{ кДж/кг}$,
 $t_{жс.н} = 20^{\circ}\text{C}$, $P_B = 99,2 \text{ кПа}$.

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

Порядок расчета

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

2. Находим E_A и E_{II} по графикам на рис. 2.7 приложения I для камеры ОКСИ-3 исполнения 2 кондиционера КТЦЗ-63: при $M = 1,5$ $E_A = 0,715$, $E_{II} = 0,52$.

3. Вычисляем температурный критерий θ по формуле (2.13)

$$\theta = 0,33 \cdot 4,187 \cdot 1,5 \left(\frac{1}{0,52} - \frac{1}{0,715} \right) = 1,087,$$

где $\beta = 0,33$ (кг $^{\circ}\text{C}$)/кДж принимаем по табл. 2.1,

$$C_{ж} = 4,187 \text{ кДж/(кг} \cdot ^{\circ}\text{C)}.$$

4. Вычисляем t_{B1} и t_{B2} по формуле (4.16), принимая $i_{B1} = 20,94$ кДж/кг и $i_{B2} = 29,32$ кДж/кг

$$t_{B1} = 20 - \frac{0,715 \cdot 1,087}{4,187 \cdot 1,5} [20,94 - (-12,56)] = 15,86^{\circ}\text{C},$$

$$t_{B2} = 20 - \frac{0,715 \cdot 1,087}{4,187 \cdot 1,5} [29,32 - (-12,56)] = 14,82^{\circ}\text{C}.$$

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

На $i-d$ диаграмме через точки с координатами (t_{B1} , i_{B1}) и (t_{B2} , i_{B2}) проводим прямую до пересечения с кривой $\varphi = 100\%$. Координаты точки пересечения соответствуют параметрам предельного состояния воздуха (i_B^{np} , t_B^{np})

$$i_B^{np} = 38,6 \text{ кДж/кг}, \quad t_B^{np} = 13,6^{\circ}\text{C}.$$

6. Вычисляем $i_{в.к}$ по формуле (4.11)

$$i_{в.к} = -12,56 + 0,715 [38,6 - (-12,56)] = 24 \text{ кДж/кг}.$$

7. Определяем $t_{в.к}$ по формуле (4.12)

$$t_{в.к} = -15 + 0,715 [13,6 - (-15)] = 5,4^{\circ}\text{C}.$$

8. Находим $t_{ж.к}$ по формуле (4.17)

$$t_{ж.к} = 20 + \frac{13,6 - 20}{1,087} = 14,1^{\circ}\text{C}.$$

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

$$\text{При } G_{ж} = 113400 \text{ кг/ч} \quad \Delta P_{ж} = 43 \text{ кПа.}$$

ПРИМЕР 13

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

$$\begin{aligned} \text{Исходные данные } t_{в.н} &= 22,3^{\circ}\text{C}, \quad i_{в.н} = 49,4 \text{ кДж/кг}, \\ t_{ж.н} &= 28^{\circ}\text{C}, \quad t_{ж.к} = 24,9^{\circ}\text{C}, \quad G_{ж} = 95000 \text{ кг/ч}, \end{aligned}$$

$$P_{в} = 99,9 \text{ кПа.}$$

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

Порядок расчета

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

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

2. Определяем типоразмер камеры орошения по расходу воздуха. При $G_{в} = 47500 \text{ кг/ч}$ $L = 40000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

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

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

При $M = 2$ $E_{II} = 0,625$.

4. На $i-d$ - диаграмме находим $i_{в.нас}$ по заданной $t_{ж.н} = 28^{\circ}\text{C}$ $i_{в.нас} = 89,6$ кДж/кг.

5. Вычисляем $\Delta \bar{i}_0$ по формуле (2.5)

$$\Delta \bar{i}_0 = (89,6 - 49,4) [1 + 0,000716(89,6 - 49,4) + (-0,00351) \times (89,6 - 54,0)] = 36,4 \text{ кДж/кг,}$$

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

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

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

где $i_{в.к} - i_{в.н} = \Delta i$ находим по формуле (2.1).

При необходимости вычисляем $t_{в.к1}$ и $i_{в.к1}$ по формулам (4.6), (4.7); $t_{ж.к1} = 25,3^{\circ}\text{C}$ выше заданной $t_{ж.к} = 24,9^{\circ}\text{C}$. В этом случае для охлаждения воды до $t_{ж.к} = 24,9^{\circ}\text{C}$ потребуется двухступенчатое охлаждение воды.

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

$$t_{ж.н2} = t_{ж.к1} = 25,3^{\circ}\text{C, } i_{в.нас} = 77,5 \text{ кДж/кг,}$$

$$\Delta \bar{i}_0 = (77,5 - 49,4) [1 + 0,000716(77,5 - 49,4) + (-0,00351) \times (77,5 - 54)] = 26,3 \text{ кДж/кг.}$$

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

$$G_{B2} = \frac{(t_{ж.н} - t_{ж.к}) C_{ж} G_{ж}}{E_{II} \Delta t_0} =$$

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

где $E_{II} = 0,62$ принимаем ориентировочно равным E_{II} камеры орошения первой ступени охлаждения.

9. Определяем типоразмер камеры орошения второй ступени. При $G_{B2} = 12200$ кг/ч, $L_{B2} = 10170$ м³/ч выбираем двухрядную камеру орошения ОКЭЗ исполнения 2 кондиционера КПЦЗ-10.

10. Находим E_{II} по графику на рис. 2.3 приложения I, задаваясь $M = 2,4$

$$E_{II} = 0,63.$$

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

$$G_{B2} = \frac{(25,3 - 24,8) \cdot 4,187 \cdot 95000}{0,63 \cdot 26,3} = 12000 \text{ кг/ч.}$$

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

$$G_{ж2} = 2,4 \cdot 12000 = 28000 \text{ кг/ч.}$$

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

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

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

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

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

Полученное значение $t_{ж.к}$ равно заданной $t_{ж.к} = 24,9^{\circ}\text{C}$.

15. Находим $\Delta P_{ж}$ по номограмме рис. 3.1 приложения I:

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

для камеры орошения второй ступени охлаждения при
 $G_{ж2} = 28800 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_{ж2} = 168 \text{ кПа}$.

ПРИМЕР 14

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

Исходные данные. Кондиционер КТЦЗ-20, двухрядная камера орошения ОКФ-3 исполнения I, $L = 20000 \text{ м}^3/\text{ч}$,
 $G_{в} = 24000 \text{ кг/ч}$, $G_{ж} = 24000 \text{ кг/ч}$, $t_{в.н} = 28,5^{\circ}\text{C}$,
 $i_{в.н} = 54,0 \text{ кДж/кг}$, $t_{в.м.н} = 18,8^{\circ}\text{C}$, $t_{ж.н} = 28^{\circ}\text{C}$.

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

Порядок расчета

1. Определяем M по формуле (4.5)

$$M = \frac{24000}{24000} = 1.$$

2. Находим коэффициенты A_1 , d_1 , C по табл. 2.2

$$A_1 = 0,611; \quad d_1 = 1,96; \quad C = 0,387.$$

3. Определяем E_A и E_{II} по формулам (2.6)-(2.8)*

$$E_A = 1 - \exp[-0,15 - 0,6II(I)^{I,96}] = 0,533;$$

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

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

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

$$i_{в.нас} = 89,7 \text{ кДж/кг.}$$

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

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

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

где корректирующий коэффициент $\theta = 0,33 \text{ (кг}^\circ\text{C)/кДж}$ принимаем по табл. 2.1.

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

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

8. Находим $\Delta P_{ж}$ по рис.3.1 приложения I для двухрядной камеры орошения ОКФЗ исполнения 2 кондиционера КТЦЗ-40. При $G_{ж} = 24000 \text{ кг/ч}$ $\Delta P_{ж} = 37 \text{ кПа.}$

* См. п.4.7 раздела 4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баркалов Б.В. Расчет процессов теплообмена в камерах орошения. Техническая информация. М.: Промстройпроект 1960.

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

3. Бялый Б.И. О взаимосвязи коэффициентов эффективности адиабатического и политропического процессов тепло-влажностной 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 КТЦЗ. 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.: ЛИТЛПИ, 1975.

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

9. Южно 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. 60x84 1/8 Офсетная печать Зак.//2У
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 ВНИИТПИ, 121471,Москва, Можайское шоссе,25

Замеченные опечатки
к АЗ-9'77 "Методика расчета камер орошения"

Стр	Строка	Напечатано	Должно быть
3	19,23 сверху	-5°C	2°C
19	3 сверху схемы	$t_{ж.к}$ $t_{ж.н}$	$t_{ж.к}$ $t_{ж.н}$
23	10 сверху	рис.2.2	рис.2.1, 2.2
24	Адиабатный	$-5^{\circ}\text{C} \leq t_{ж.н} \leq 30^{\circ}\text{C}$	$2^{\circ}\text{C} \leq t_{ж.н} \leq 30^{\circ}\text{C}$
28	3,18 сверху	-5°C	2°C
38	1,2,3,4 снизу	исп.2	исп.1,2
40	Подрисуюточную надпись дополнить словами	пробел	и для однорядной противоточной камеры орошения СКФ-3 исполнения 2
54	2 сверху	1,50	1.1,82
54	6 сверху	0,46	0,56
54	4 сверху	1,80.96000=182000	1,82.96000=174700
54	6 сверху	182000	174700
60	13,19 сверху	22700	23060
63	6 снизу	73600	75600
63	8 сверху	6,41-(4,75)	[6,41-(4,7)] 48000
65	14 сверху	24,9°C	24,8°C
67	5 сверху	24,9°C	24,8°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	$\frac{25,3 \cdot 95000 + 23,65 \cdot 28800}{95000 + 28800}$	$[25,3(95000 - 28800) + 23,65 \cdot 28800] / 95000 = 24,8^{\circ}\text{C}$
68	5 сверху	24,9°C	24,8°C

ГКНИИ СантехНИИпроект
зак. 270 тир. 7500