

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

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

5. Примеры расчета ..... 32

Приложение I

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

Рисунок 2.2. Зависимость  $q_{\phi}(\Delta P_{\phi})$  для форсунки УЦ4-  
- 10/15 ..... 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 прямооточных камер орошения ОКФ-3 (испол-  
нение 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 теплообмена БТМ2.1-3 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) ..... 41

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

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

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

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

Рисунок 4.1. Зависимость  $q(G_{ж})$  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.<br>Прямая задача. Расчет по методике II (раздел 4.1) в СИ.  | 48 |
| Пример 2. Политропный режим обработки воздуха.<br>Прямая задача. Расчет по методике II (раздел 4.1) в системе МКГСС .....                                      | 49 |
| Пример 3. Политропный режим обработки воздуха.<br>Прямая задача. Расчет по методике II (разделы 4.1, 4.7) в системе МКГСС .....                                | 50 |
| Пример 4. Политропный режим обработки воздуха.<br>Прямая задача. Расчет по методике II (раздел 4.1) в системе МКГСС .....                                      | 52 |
| Пример 5. Политропный режим обработки воздуха.<br>Прямая задача. Расчет по методике II (раздел 4.1) в системе МКГСС .....                                      | 53 |
| Пример 6. Политропный режим обработки воздуха.<br>Обратная задача. Расчет по методике I (раздел 4.2) в системе МКГСС .....                                     | 54 |
| Пример 7. Политропный режим обработки воздуха.<br>Обратная задача. Расчет по методике I (разделы 4.2, 4.7) в системе МКГСС .....                               | 56 |
| Пример 8. Адиабатный режим обработки воздуха.<br>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.<br>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 эксцентричными 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 стоячков, 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 стоячков:

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.Загряный, 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)\*,  $\text{кВт}$  ( $\text{ккал}/\text{ч}$ );
  - $t$  - температура среды,  $^{\circ}\text{C}$ ;
  - $\varphi$  - 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;
  - $\alpha$  - корректирующий коэффициент,  $\text{кг}/\text{кДж}$  ( $\text{кг}/\text{ккал}$ );
  - $\beta$  - корректирующий коэффициент,  $\text{кг}/\text{кДж}$  ( $\text{кг}/\text{ккал}$ );
  - $\nu$  - коэффициент аппроксимации,  $^{\circ}\text{C}/\text{кДж}(^{\circ}\text{C}/\text{ккал})$ ;
  - $A, \alpha, C$  - коэффициенты аппроксимации;
  - $M$  - коэффициент орошения;
  - $n$  - количество форсунок, шт.;
  - $\Delta P$  - потери давления,  $\text{кПа}$  ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ );
  - $\theta$  - 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  $\Delta i = i_{в.к} - i_{в.н}; \quad (2.3)$

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

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

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  $\Delta i$  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  $\Delta T_0$ , 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  $\alpha, \beta, \epsilon$ , а также величина  $i_c$  в формулах (2.5), (2.2) приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Коэффициенты  $\alpha, \beta, \nu, i_c$ 

| К о э ф ф и ц и е н т | Единица измерения     | Числовое значение |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| $\alpha$              | кг/кДж                | 0,000716          |
|                       | кг/ккал               | 0,003             |
| $\beta$               | кг/кДж                | -0,00351          |
|                       | кг/ккал               | -0,0147           |
| $\nu$                 | кг <sup>0</sup> /кДж  | 0,33              |
|                       | кг <sup>0</sup> /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

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

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

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  $A_I, \alpha_I, C$ , входящие в зависимости (2.6), (2.7) и (2.8), для различных камер орошения кондиционеров КТЦЗ приведены в табл.2.2.



Коэффициенты  $A_I$ ,  $\alpha_I$ ,  $C$ 

Таблица 2.2

| Производительность<br>по воздуху,<br>тыс.м <sup>3</sup> /ч                                | Тип<br>обору-<br>дования | Испол-<br>нение | Коэффициент |            |       |
|---|--------------------------|-----------------|-------------|------------|-------|
|   |                          |                 | $A_I$       | $\alpha_I$ | $C$   |
| 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               | 0,716       | 2,07       | 0,387 |
| 31,5; 40; 200   | ОКФ-3                    | 1               | 0,716       | 2,07       | 0,387 |
| Однорядные прямоточные камеры орошения ОКФ-3<br>(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<br>(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<br>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  $t_{\theta}^{np}$ ,  $i_{\theta}^{np}$ ,  $d_{\theta}^{np}$  - 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.

-----  
 \*  $-27^{\circ}\text{C}$  - 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  $t_{\theta,н} \geq -26^{\circ}\text{C}$  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  $0^{\circ}\text{C}$ .

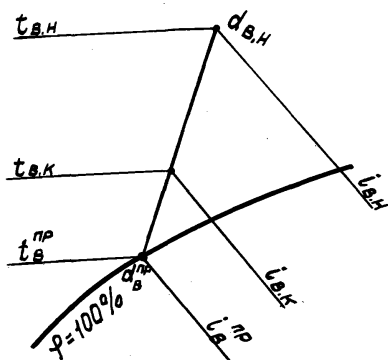


Рисунок к п.2.2.

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  $\theta$  (правомерность этого обстоятельства доказана в работах [2], [3], получим основную систему уравнений методики II для расчета камер орошения:

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

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

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

$\theta$  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  $\beta$  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 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<br>$t_{ж.н}$ | Номер примера<br>Прямая задача Обратная задача |         |      |
|--------------------------------------|--|---|--|---------|------|
| Политропный с понижением энтальпии   | Охлаждение и осушение,<br>$t_{в.к} < t_{в.н}$ ,<br>$d_{в.к} < d_{в.н}$                     |   | $t_{ж.н} < t_{р.в.н}$                          | I, 2, 3 | 6, 7 |
|                                      | Охлаждение при постоянном влагосодержании,<br>$t_{в.к} < t_{в.н}$ ,<br>$d_{в.к} = d_{в.н}$ |   | $t_{ж.н} < t_{р.в.н}$                          | 4       |      |
|                                      | Охлаждение и увлажнение,<br>$t_{в.к} < t_{в.н}$ ,<br>$d_{в.к} > d_{в.н}$                   |   | $t_{ж.н} < t_{м.в.н}$                          |         |      |
| Адиабатный (без изменения энтальпии) | Охлаждение и увлажнение,<br>$t_{в.к} < t_{в.н}$ ,<br>$d_{в.к} > d_{в.н}$                   |   | $t_{ж.н} = t_{м.в.н}$                          | 8, 9    | 10   |
| Политропный с повышением энтальпии   | Охлаждением увлажнение,<br>$t_{в.к} < t_{в.н}$ ,<br>$d_{в.к} > d_{в.н}$                    |   | $t_{ж.н} > t_{м.в.н}$                          | I3      | I4   |
|                                      | Увлажнение при постоянной температуре,<br>$t_{в.к} = t_{в.н}$ ,<br>$d_{в.к} > d_{в.н}$     |   | $t_{ж.н} > t_{в.н}$                            | 5       |      |
|                                      | Нагрев и увлажнение,<br>$t_{в.к} > t_{в.н}$ ,<br>$d_{в.к} > d_{в.н}$                       |   | $t_{ж.н} > t_{в.н}$                            | II      | I2   |

2.4. Камеры орошения кондиционеров КТЦЗ могут использоваться при давлении воды перед форсунками:  
от 20 кПа (0,2 кгс/см<sup>2</sup>) до 300 кПа (3 кгс/см<sup>2</sup>) — в ОКЗ-3 и БТМ-3;  
от 5 кПа (0,05 кгс/см<sup>2</sup>) до 250 кПа (2,5 кгс/см<sup>2</sup>) — в ОКС-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, БТМ-3 и 0,6 для камер ОКС-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, 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 | 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 | КТЦ3-10     | 12                       |
| 02.02I24 | КТЦ3-20     | 24                       |
| 03.02I24 | КТЦ3-3I,5   | 36                       |
| 04.02I24 | КТЦ3-40     | 48                       |
| 06.02I24 | КТЦ3-63     | 8I                       |
| 08.02I24 | КТЦ3-80     | 108                      |
| 12.02I24 | КТЦ3-125    | 162                      |
| 16.02I24 | КТЦ3-160    | 216                      |
| 20.02I24 | КТЦ3-200    | 234                      |
| 25.02I24 | КТЦ3-250    | 312                      |

Таблица 2.6  
Количество форсунок в камере орошения ОКС-3

| Индекс   | Кондиционер | Исполнение | Количество форсунок, шт. |
|----------|-------------|------------|--------------------------|
| 03.0I204 | КТЦ3-3I,5   | I          | 20                       |
| 03.0I404 |             | 2          | 24                       |
| 04.0I204 | КТЦ3-40     | I          | 24                       |
| 04.0I404 |             | 2          | 30                       |
| 06.0I204 | КТЦ3-63     | I          | 42                       |
| 06.0I404 |             | 2          | 48                       |
| 08.0I204 | КТЦ3-80     | I          | 54                       |
| 08.0I404 |             | 2          | 60                       |



Расходные характеристики форсунок  $q_{\phi}$  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  $Z = 1$ ,  $\Delta P_{\phi}$  кПа, в СИ;  $Z=98,1$ ,  $\Delta P_{\phi}$  кгс/см<sup>2</sup>, 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  $t_3^{\text{п}}$ ,  $i_3^{\text{п}}$ .

4.1.2. Вычисляется коэффициент адиабатной эффективности  $E_A$  по формуле

$$E_A = \frac{i_{\text{в.к}} - i_{\text{в.н}}}{i_3^{\text{п}} - i_{\text{в.н}}} \quad (4.1)$$

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  $\theta$  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<sup>ж)</sup> 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<sup>жж)</sup>

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

где корректирующие коэффициенты  $d, \beta$  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  $\beta$  - 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.

<sup>ж)</sup> Последовательность расчета при заданном расходе холода  $Q_x$  приведена в примере 4, при заданном коэффициенте орошения  $M$  - в примере II.

<sup>жж)</sup> 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. Находится 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  $\theta$  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 КТЦЗ-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  $\theta$  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 |                           |   | Количество рядов стоянков |
| 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<br>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<br>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<br>4.1, 4.7         |
| 4             | Прямая   | $h, \sigma, t_{в.н}, i_{в.н}, t_{в.к}, i_{в.к}, \sigma_{в.к}, P_B$ | $M, \sigma_{ж}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_{ж}$                   | ОКЭ-3     | 2          | 2                         | Полиτροпный (охлаждение воздуха при постоянном влагосодержании) | МКГСС<br>4.1              |
| 5             | 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 (увлажнение при постоянной температуре)             | МКГСС<br>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<br>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<br>4.2, 4.7         |
| 8             | Прямая   | $h, \sigma, t_{в.н}, t_{ж.н}, t_{м.н} = t_{ж.к}$                   | $M, \sigma_{ж}, \Delta P_{ж}$                                     | БТМ2. I-3 | -          | -                         | Адиабатный  | СИ<br>4.3                 |

Продолжение табл. 5.1

| Но-<br>мер<br>при-<br>ме-<br>ра | Задача             |   | Камера орошения  |        |                           | Процесс<br>обработки<br>воздуха | Систе-<br>ма еди-<br>ниц<br><br>Раздел                          |  |
|---------------------------------|--------------------|---|--|--------|---------------------------|---------------------------------|---|--|
|                                 | Тип                | Исход-<br>ные дан-<br>ные   | Что<br>требу-<br>ется<br>опреде-<br>лить   | Тип    | Ис-<br>пол-<br>не-<br>ние |                                 |   | Колличес-<br>тво ря-<br>дов сто-<br>яков |
| 9                               | Пря-<br>мая        | $L, G, t_{в.к.1},$<br>$t_{в.к.2},$<br>$t_{ж.н.} = t_{ж.к.}$                     | $M_1, G_{ж.1},$<br>$\Delta P_{ж.1},$<br>$M_2, G_{ж.2},$<br>$\Delta P_{ж.2}, M_3,$<br>$G_{ж.3}, \Delta P_{ж.3}$ | ОКФ-3  | I                         | I                               | Адиабатный<br>с перемен-<br>ным расхо-<br>дом воды              | МКГСС<br>4.3                             |
| 10                              | Об-<br>рат-<br>ная | $L, G, t_{в.н.},$<br>$G_{ж.}, t_{ж.н.} = t_{ж.к.}$                              | $t_{в.к.},$<br>$\Delta P_{ж.}$   | ОКФ-3  | I                         | 2                               | Адиабатный  | МКГСС<br>4.4                             |
| 11                              | Пря-<br>мая        | $L, G, G_{ж.},$<br>$i_{в.н.}, i_{в.к.},$<br>$d_{в.н.},$<br>$d_{в.к.}, t_{ж.н.}$ | $M, i_{в.к.},$<br>$t_{ж.к.}, G_{ж.},$<br>$t_{ж.н.}, t_{ж.к.},$<br>$t_{в.к.}, \Delta P_{ж.}$                    | ОКС2-3 | 2                         | -                               | Полиτροпный<br>(нагрев воз-<br>духа)                            | МКГСС<br>4.5, 4.7                        |
| 12                              | Об-<br>рат-<br>ная | $L, G, t_{в.н.},$<br>$i_{в.н.}, t_{ж.н.},$<br>$G_{ж.}, P_{в.}$                  | $i_{в.к.}, t_{в.к.},$<br>$t_{ж.к.}, M,$<br>$\Delta P_{ж.}$   | ОКС1-3 | 2                         | -                               | Полиτροпный<br>(нагрев<br>воздуха)                              | СИ<br>4.6                                |
| 13                              | Об-<br>рат-<br>ная | $t_{в.н.}, i_{в.н.},$<br>$t_{ж.к.},$<br>$t_{ж.к.},$<br>$G_{ж.}, P_{в.}$         | $M, L,$<br>$G_{ж.},$ ТИП<br>КОНДИ-<br>ЦИОНЕ-<br>РА   | -      | -                         | -                               | Полиτροпный<br>(охлаждение<br>воды в ка-<br>мере ороше-<br>ния) | СИ<br>4.2                                |
| 14                              | Об-<br>рат-<br>ная | $L, G, G_{ж.},$<br>$t_{в.н.}, i_{в.н.},$<br>$t_{ж.н.}$                          | $t_{ж.к.},$<br>$i_{в.к.},$<br>$\Delta P_{ж.}$  | ОКФ    | I                         | 2                               | Полиτροпный<br>(охлаждение<br>воды в ка-<br>мере ороше-<br>ния) | СИ<br>4.2,<br>4.7                        |

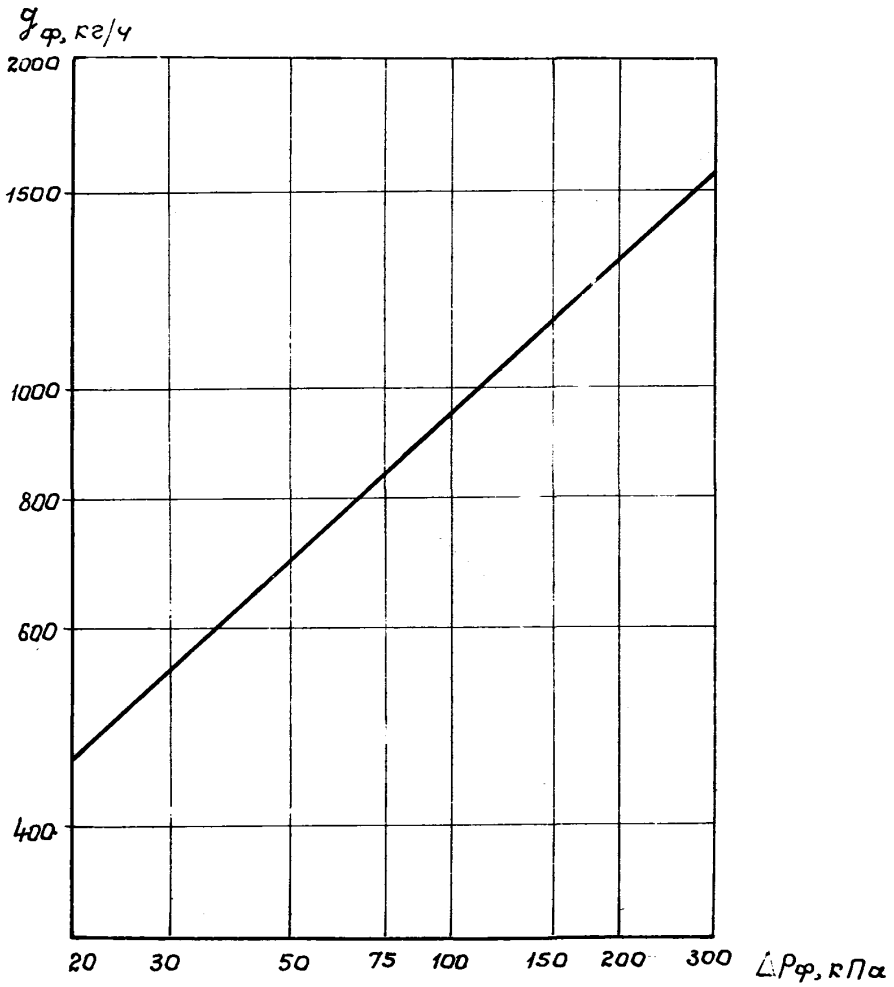


Рис. 2.1. Зависимость  $G_f(\Delta P_f)$  для форсунки ЭШФ 7/10

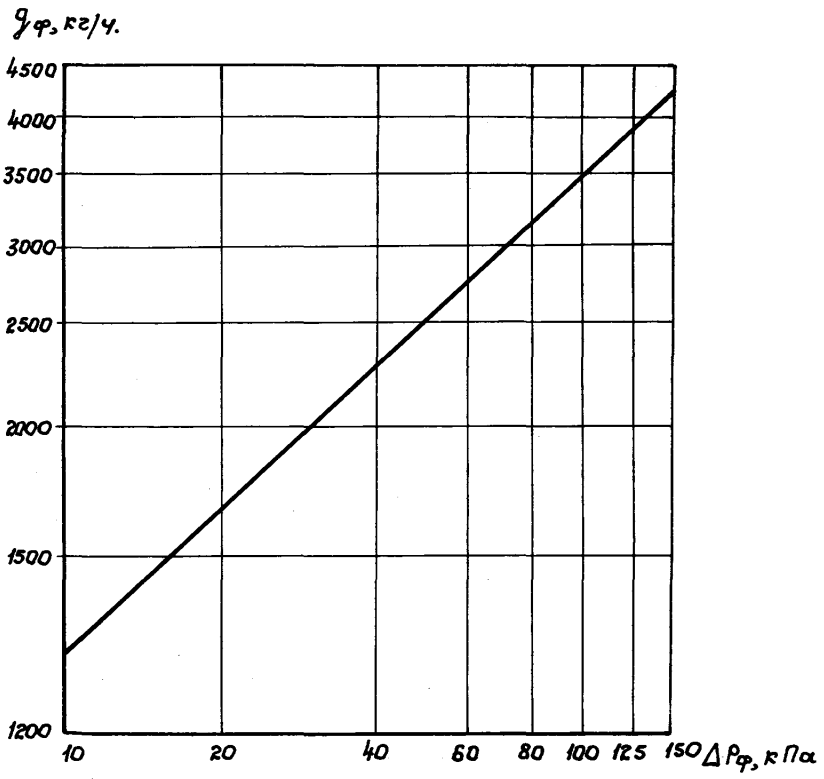


Рис.2.2. Зависимость  $g_{\varphi}(\Delta P_{\varphi})$  для форсунки УЦ 14-10/15

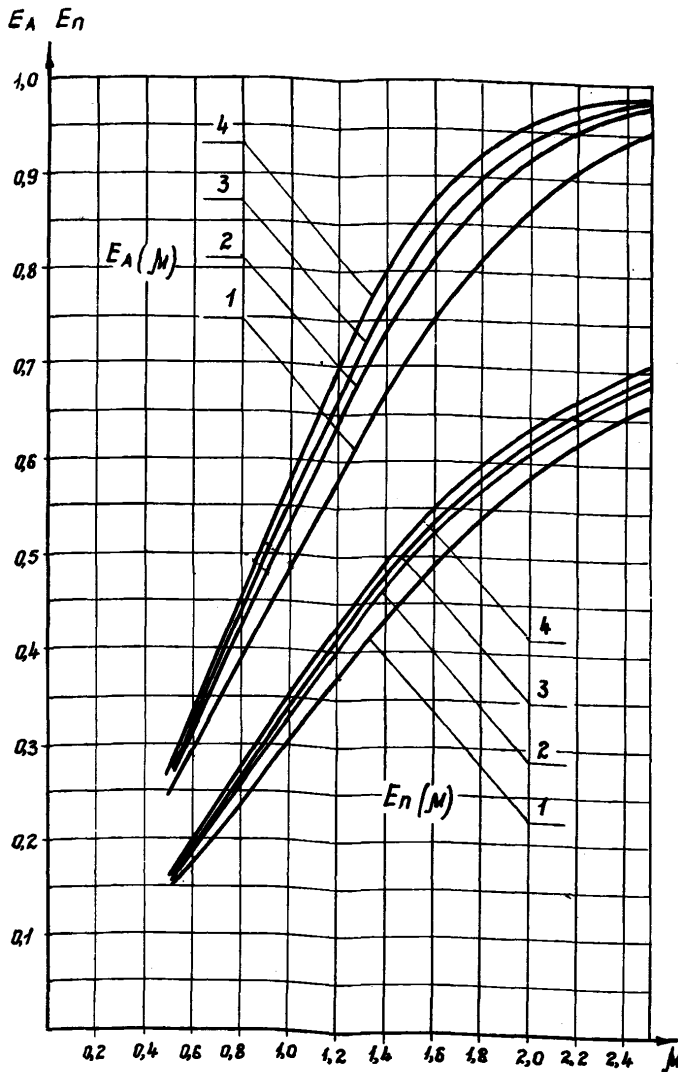


Рис.2.3. Зависимость  $E_n(M)$  и  $E_A(M)$  для двухрядных камер орощения ОКФ-3 (исполнение 1 и 2)

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)

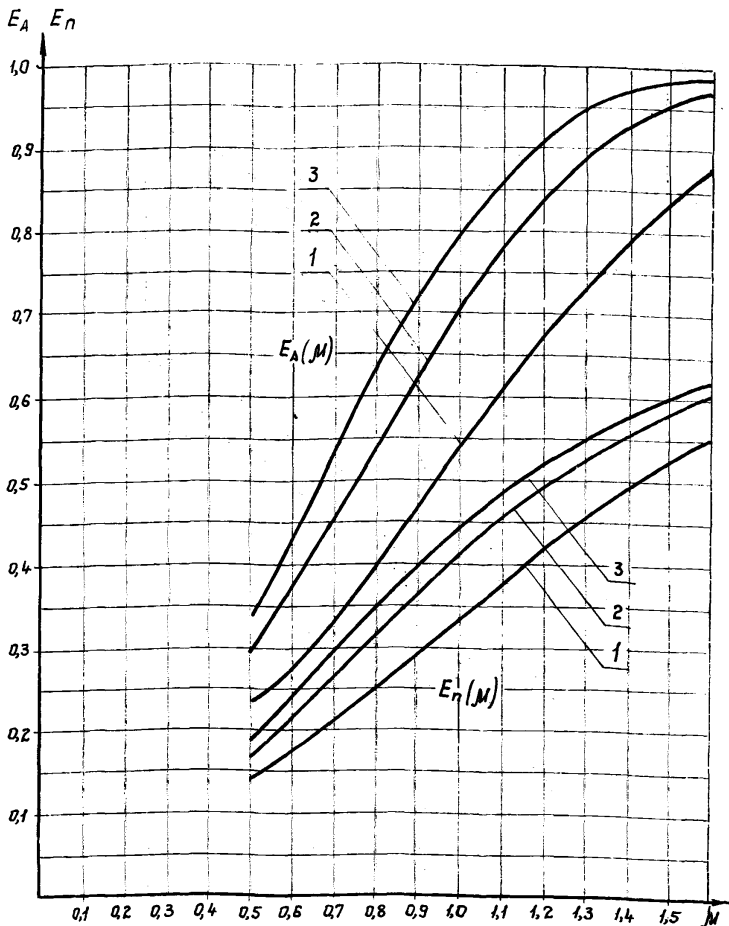


Рис. 2.4. Зависимость  $E_n(M)$  и  $E_A(M)$  для однорядных прямоугольных камер орошения ОКФ-3 (исполнение 1 и 2);  
 1 - ОКФ-3 01.01304, исп. 2 (02.01304, исп. 2);  
 2 - ОКФ-3 03.01304, исп. 2 (04.01304, исп. 2; 06.01304 исп. 2; 08.01304 исп. 2)  
 3 - ОКФ-3 12.01304 исп. 2 (16.01304 исп. 2; 20.01304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



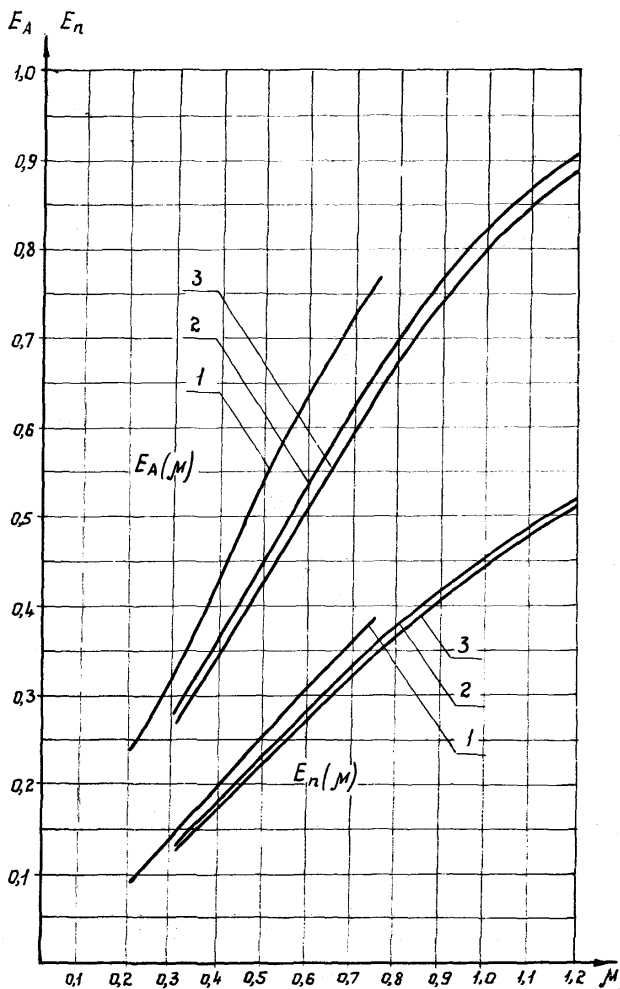


Рис.2.5. Зависимость  $E_n(M)$  и  $E_A(M)$  для однорядных противочувствительных камер орошения ОКФ-3 (исполнение 1)

- 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)

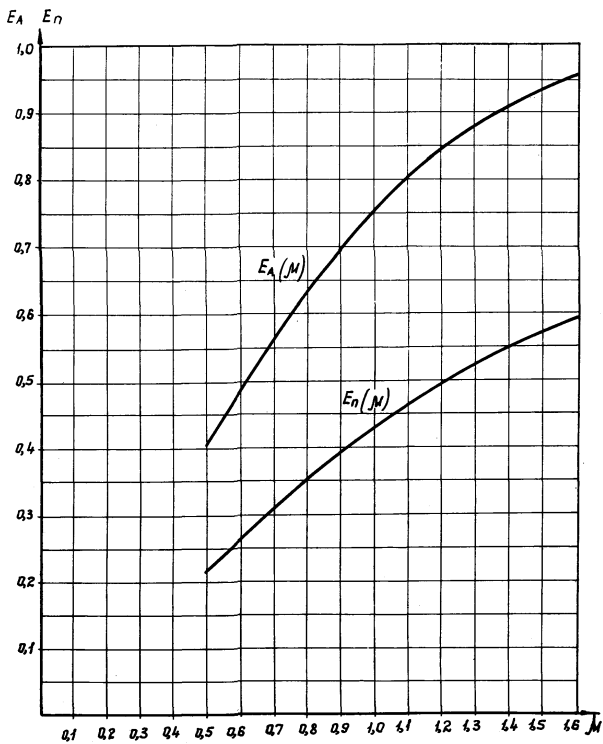


Рис.2.6. Зависимость  $E_n(M)$  и  $E_A(M)$  для блоков теплообменника БТМ 2.1-3 и БТМ 2.2-3

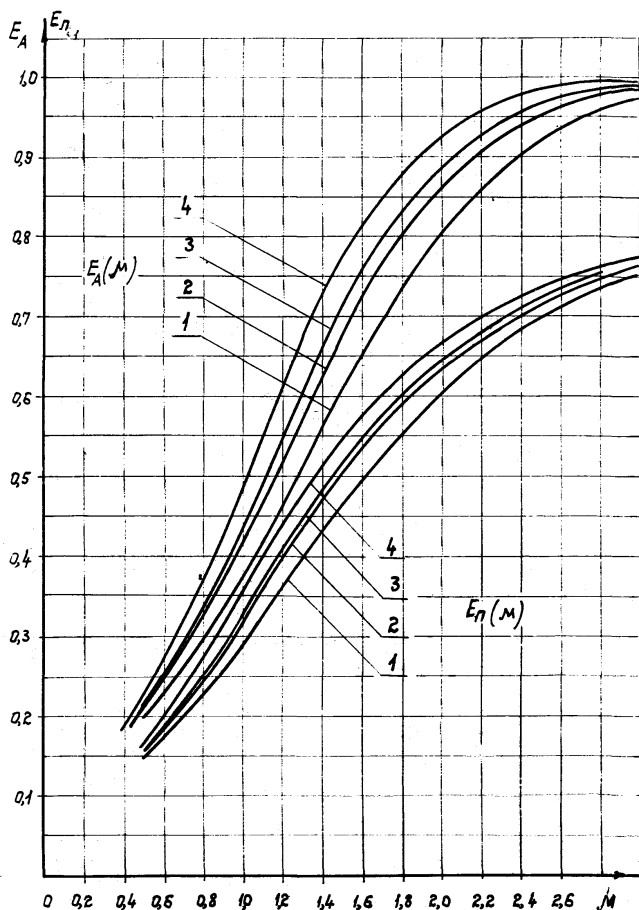


Рис.2.7 зависимость  $E_n$  (м) и  $E_A$  (м) для камер орошения ОКС-3 (исполнение 1 и 2)<sup>1</sup>  
 1-окс2-3, исполнение 2; 3-окс1-3 исполнение 2;  
 2-окс2-3 исполнение 1; 4-окс1-3 исполнение 1;

$G_{ж}, кг/с$

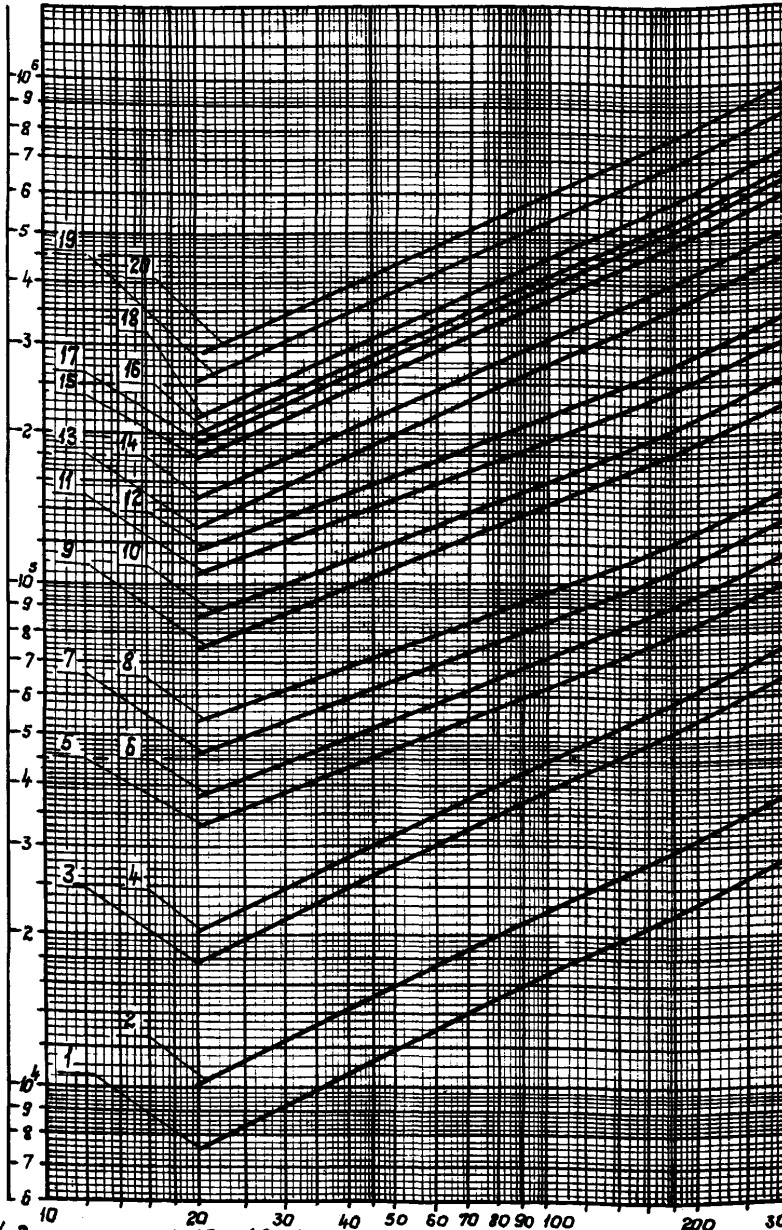


Рис. 3.1. Зависимость  $\Delta P_{ж}$  ( $G_{ж}$ ) для двухрядных камер орошения ОКФ-3

- |         |                  |            |          |                  |            |
|---------|------------------|------------|----------|------------------|------------|
| 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. |

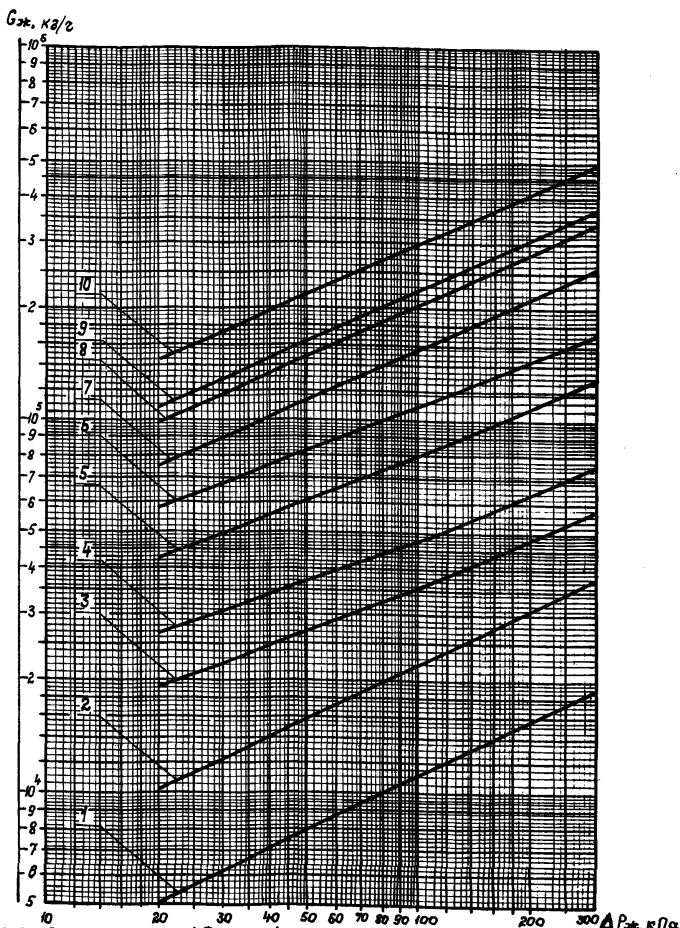


Рис. 3.2. Зависимость  $\Delta P_{\text{ж}}$  (Gж) для однорядных прямооточных камер орошения ОКФ-3и блока теплообмена БТМ-3

- 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)

$G_{жк}, : \text{кВ/}^{\circ}\text{C}$

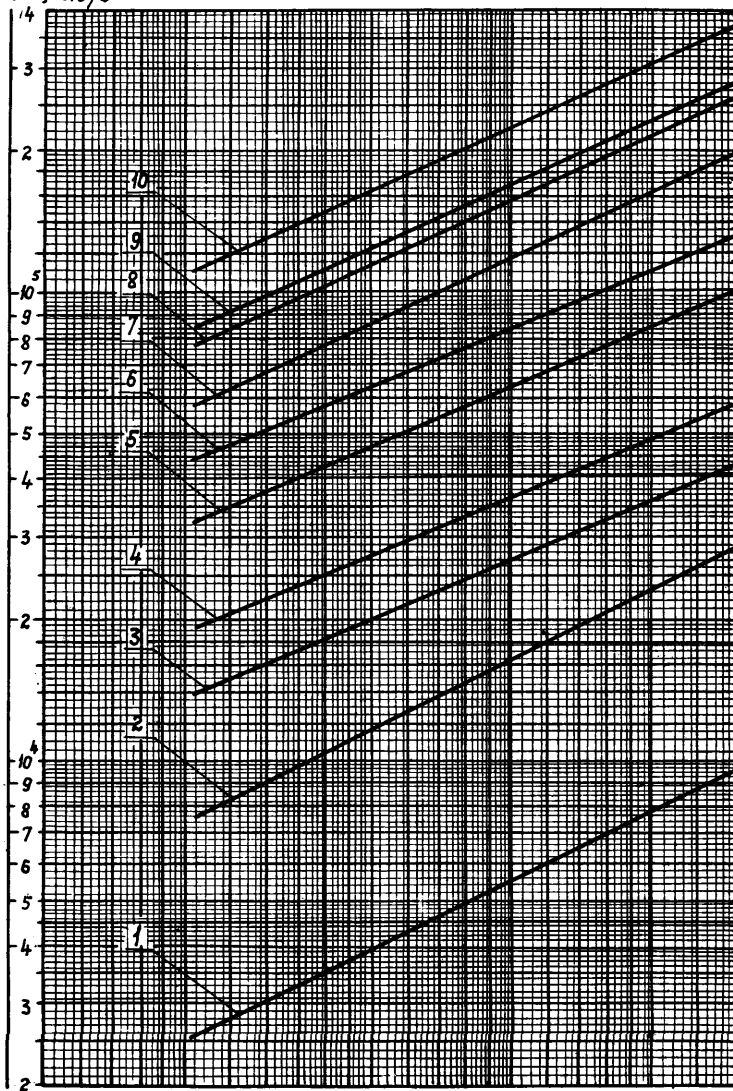


Рис. 3.3. Зависимость  $\Delta T_{жк}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) для однорядных противоточных камер обращения ОКФ-3

- |                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 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; |

$G_{ж}, \text{кг/с}$

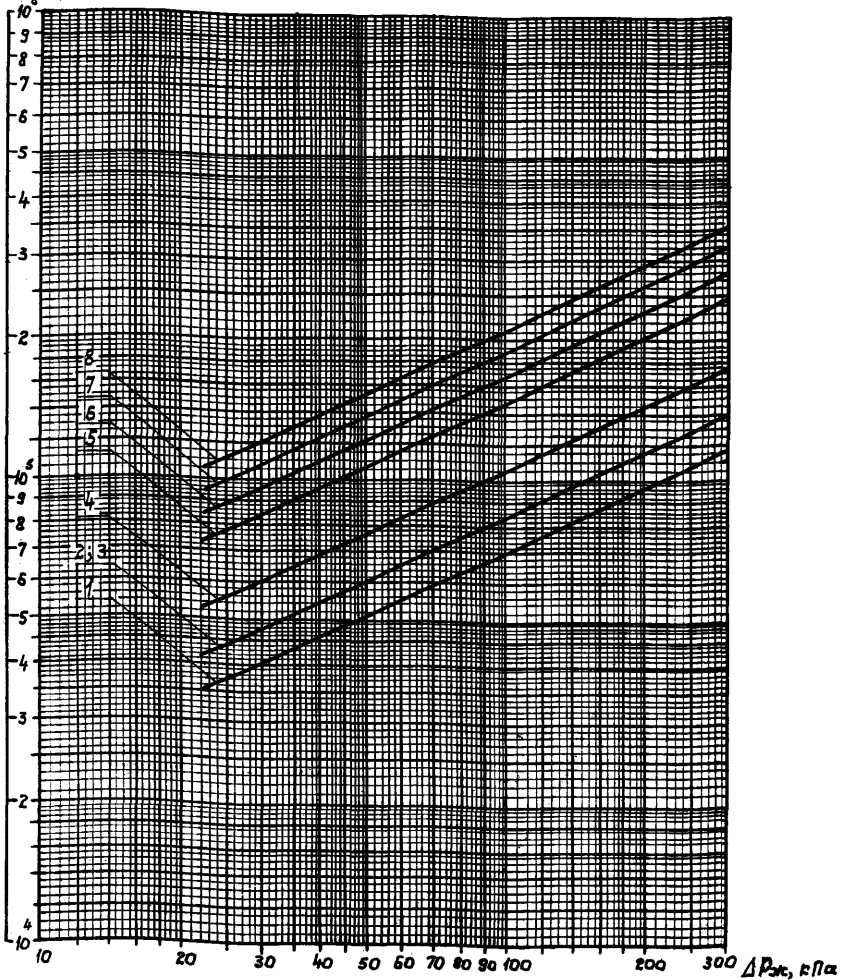


Рис. 3.4. Зависимость  $\Delta P_{ж}$  ( $G_{ж}$ ) для камер орошения ОКС-3

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| 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); |                            |

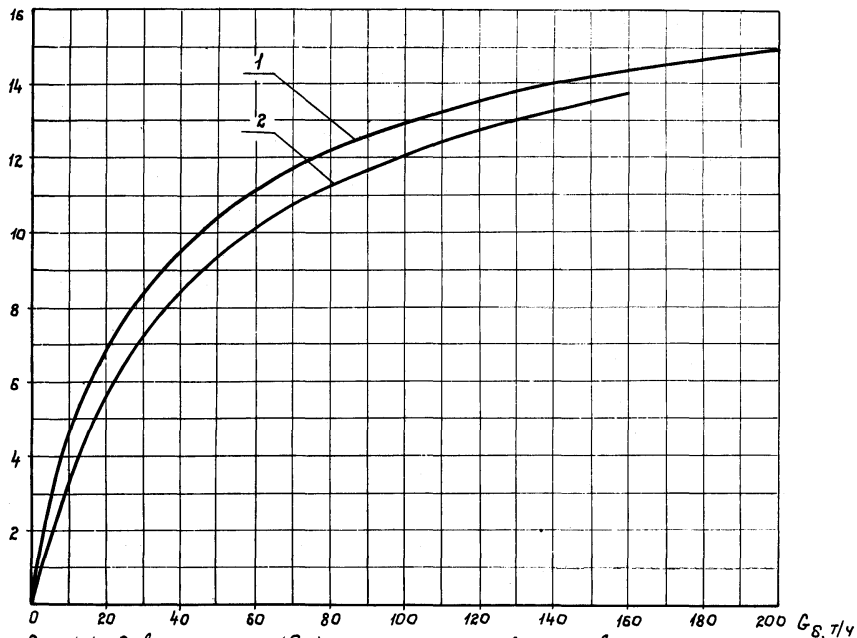
$q, \text{т/ч}$ 

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



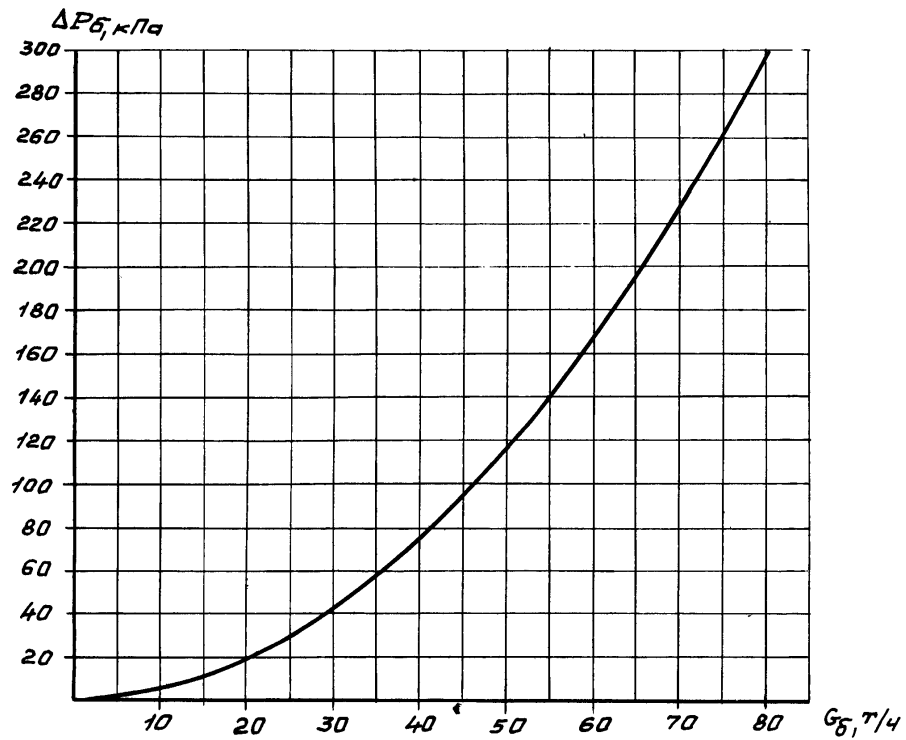


Рис. 4.2. Зависимость  $\Delta P_{\text{ж}}(G_{\text{ж}})$  для встраиваемого водонагревателя камер орошения ОКБ 2-3

ПРИМЕР I

Полиτροπный 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  $\varphi = 100\%$ , определим 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  $\theta$  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 КТДЗ-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  $\theta$  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  $M, G_{ж}, t_{ж.н}, t_{ж.к}, \Delta P_{ж}$ .

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  $i_{в}^{np}, t_{в}^{np}$

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

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  $\theta$  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 II (раздел 4.I) 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.I) 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  $E_A = 0,913$

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

4. Вычисляем значение  $\theta$  по формуле (2.I3)

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

где  $\theta = 1,38(\text{кг}^\circ\text{C})/\text{ккал}$  принимаем по табл.2.I.

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  $\theta$  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  $\Delta i$  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,  $L = 48330 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  
 $G_B = 58000 \text{ кг/ч}$ ,  $t_{B.H} = 32^\circ\text{C}$ ,  $i_{B.H} = 16,3 \text{ ккал/кг}$ ,  
 $t_{ж.н} = 12^\circ\text{C}$ ,  $G_{ж} = 145000 \text{ кг/ч}$ ,  $R_B = 745 \text{ мм вод.ст.}$

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  $A_1$ ,  $\alpha_1$ ,  $C$  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  $\alpha = 0,003$  кг/ккал,  $\beta = -0,0147$  кг/ккал,  $i_c = 12,9$  ккал/кг находим по табл. 2.1.

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

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

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

где  $\beta = 1,38$  (кг·°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  $G_{ж} = 145000$  кг/ч  $\Delta P_{ж} = 2,1$  кгс/см<sup>2</sup>.

### 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 БТМ2.1-3,  $L = 27000$  м<sup>3</sup>/ч,  $G_{в} = 32400$  кг/ч,

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

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,

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

$$t_{в.к.1} = 12^\circ\text{C}; \quad t_{в.к.2} = 15^\circ\text{C}; \quad t_{в.к.3} = 19^\circ\text{C} \text{ соответственно при } \Delta t_{п1} = t_{п1} - t_{в.к.1} = 7^\circ\text{C}, \quad \Delta t_{п2} = 4^\circ\text{C}; \quad \Delta t_{п3} = 0^\circ\text{C};$$

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

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

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  $q_{\text{фр.мин}} = 460$  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,  $L = 40000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,

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

$G_{ж} = 65000 \text{ кг/ч}$ .

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/см<sup>2</sup>.

#### 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 ОКС2-3 (исполнение 2),  $L = 40000$  м<sup>3</sup>/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;  
 $a_{в.м} = 0,085$  г/кг;  $a_{в.к} = 7,2$  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  $\theta$  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  $\Delta P_g$  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  $\theta$  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.

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

### ПРИМЕР 13

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

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

$P_{в} = 99,9$  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  $G_{в} = 47500$  кг/ч  $L = 40000$  м<sup>3</sup>/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

$$G_{в2} = \frac{(t_{ж.н} - t_{ж.к}) C_{ж} G_{ж}}{E_{II} \Delta t_0} =$$

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

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

9. Определяем типоразмер камеры орошения второй ступени. При  $G_{в2} = 12200$  кг/ч,  $L_{в2} = 10170$  м<sup>3</sup>/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

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

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

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

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  $\theta = 0,33 (\text{кг}^\circ\text{C})/\text{кДж}$  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 теплообмен перенос 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<br>схемы                                 | $t_{ж.к}$<br>$t_{ж.н}$  | $t_{ж.к}$<br>$t_{ж.н}$  |
| 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<br>надпись<br>дополнить<br>словами | пробел  | и для однорядной<br>противоточной<br>камеры орошения<br>СКФ-3<br>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