

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Н.В. Коченков

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ
СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ
ВОЗДУХА**

Часть 1

**Системы кондиционирования
с адиабатным увлажнением воздуха**

Учебно-методическое пособие

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2015

УДК 628.8+697.94

Коченков Н.В. Энергосберегающие режимы систем кондиционирования воздуха. Ч. 1. Системы кондиционирования с адиабатным увлажнением воздуха: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 75 с.

Целью учебно-методического пособия является закрепление теоретических знаний и привитие практических навыков определения энергосберегающих режимов системы кондиционирования воздуха (СКВ) с подсистемой адиабатного увлажнения и расчета потребляемых при этом теплоты, «холода» воздуха и воды. Графоаналитические модели СКВ рассмотрены для четырех классов нагрузок в помещении. На конкретных примерах показан порядок построения исходных и расчетных термодинамических схем.

Предназначено для бакалавров направления 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов всех форм обучения.

Рецензент: кандидат техн. наук, доц. В.В. Немировская

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом
Института холода и биотехнологий**



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2015

© Коченков Н.В., 2015

1. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ СКВ ДЛЯ I КЛАССА НАГРУЗОК

Исходные данные

- нормируемые параметры воздуха в рабочей зоне помещения:
температура $t_y = 20 \div 24$ °С;
относительная влажность $\varphi_y = 30 \div 60$ %;
- удельные тепло- (q_{Π}) и влагоизбытки (W_{Π}) в помещении:

$$q_{\Pi} = 0,08 \text{ кВт/м}^2; W_{\Pi} = 0,005 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2);$$

- значения минимально-неизбежного $m_{\tilde{H}}$ и максимально-целесообразного $m_{\hat{H}}$ расхода наружного воздуха:

$$m_{\tilde{H}} = 0,008 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2); m_{\hat{H}} = 0,01 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2);$$

- отклонение температуры t_{Π} в приточной струе от нормируемой температуры t_y в рабочей зоне при ассимиляции избытков теплоты в помещении: $\Delta t_{\Pi} = t_y - t_{\Pi} = 4$ °С;

- температура точки K_o , характеризующей возможное предельное состояние воздуха после его политропной обработки:

$$t_{K_o} = 4 \text{ °С.}$$

1.1. Построение ИТС для I класса нагрузок

Нанести на $I-d$ -диаграмму нормируемые параметры воздуха в помещении в виде диагонали $Y_a Y_b$ и определить для точек Y_a и Y_b значения энтальпии и влагосодержания (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Термодинамические параметры точек Y_a и Y_b

Точки	t , °С	φ , %	I , кДж/кг	d , г/кг
Y_a	20	30	31,11	4,34
Y_b	24	60	52,62	11,2

Рассчитать значение углового коэффициента ε_{Π} :

$$\varepsilon_{\Pi} = \frac{q_{\Pi}}{W_{\Pi}} 1000 = \frac{0,08}{0,005} 1000 = 16000 \text{ кДж/кг.}$$

Через точки Y_a и Y_b провести лучи процессов в помещении с угловым коэффициентом ε_{Π} .

Для построения опорных точек \check{H}_a, \check{H}_b и \hat{H}_a, \hat{H}_b рассчитать значения энтальпии $I_{\check{H}_a}, I_{\check{H}_b}, I_{\hat{H}_a}, I_{\hat{H}_b}$ и влагосодержания $d_{\check{H}_a}, d_{\check{H}_b}, d_{\hat{H}_a}, d_{\hat{H}_b}$ по следующим формулам:

$$I_{\check{H}_a} = I_{Y_a} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 31,11 - \frac{0,08}{0,008} = 21,11 \text{ кДж/кг;}$$

$$I_{\check{H}_b} = I_{Y_b} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 52,62 - \frac{0,08}{0,008} = 42,62 \text{ кДж/кг;}$$

$$d_{\check{H}_a} = d_{Y_a} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 4,34 - \frac{0,005}{0,008} = 3,71 \text{ г/кг;}$$

$$d_{\check{H}_b} = d_{Y_b} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 11,2 - \frac{0,005}{0,008} = 10,57 \text{ г/кг;}$$

$$I_{\hat{H}_a} = I_{Y_a} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 31,11 - \frac{0,08}{0,01} = 23,11 \text{ кДж/кг;}$$

$$I_{\hat{H}_b} = I_{Y_b} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 52,62 - \frac{0,08}{0,01} = 44,62 \text{ кДж/кг;}$$

$$d_{\hat{H}_a} = d_{Y_a} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 4,34 - \frac{0,005}{0,01} = 3,84 \text{ г/кг;}$$

$$d_{\hat{H}_b} = d_{Y_b} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 11,2 - \frac{0,005}{0,01} = 10,7 \text{ г/кг.}$$

Нанести на $I-d$ -диаграмму опорные точки \check{H}_a, \check{H}_b и \hat{H}_a, \hat{H}_b как места пересечений лучей процессов ε_{Π} , проведенных через точки Y_a

и Y_B , с соответствующими расчетными изоэнтальпами $I_{\tilde{H}_a}, I_{\tilde{H}_B}, I_{\hat{H}_a}, I_{\hat{H}_B}$.

Расчетные значения вторых координат опорных точек (значения влагосодержания $d_{\tilde{H}_a}, d_{\tilde{H}_B}, d_{\hat{H}_a}, d_{\hat{H}_B}$) целесообразно использовать для проверки точности графических построений на $I-d$ -диаграмме.

Для построения опорных точек Π_a и Π_B рассчитать значения их температуры по формулам

$$t_{\Pi_a} = t_{y_a} - \Delta t_{\Pi} = 20 - 4 = 16 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\Pi_B} = t_{y_B} - \Delta t_{\Pi} = 24 - 4 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Нанести на $I-d$ -диаграмму точки Π_a и Π_B как места пересечения лучей процессов ε_{Π} , проведенных через точки Y_a и Y_B , с соответствующими изотермами t_{Π_a} и t_{Π_B} .

Соединить между собой опорные точки так, как показано на рис. П.1 приложения.

Определить расходы воздуха в точках Π_a и Π_B :

$$m_{\Pi_a} = \frac{q_{\Pi}}{I_{y_a} - I_{\Pi_a}} = \frac{0,08}{31,11 - 26,3} = 0,0166 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{\Pi_B} = \frac{q_{\Pi}}{I_{y_B} - I_{\Pi_B}} = \frac{0,08}{52,62 - 47,74} = 0,0164 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2).$$

Значения m_{Π_a} и m_{Π_B} будут использоваться в п. 1, 2, 3.

1.2. Построение РТС для I класса нагрузок

1.2.1. Режимы потребления теплоты

Расчетная зона 1

Расчетная зона 1 присутствует в том случае, если опорная точка \tilde{H}_a находится выше линии $\phi = 1$ (рис. 1.1). Границами зоны 1 яв-

ляются изохральпа $I_{\check{H}_a}$ и линия постоянного влагосодержания $d_{\check{H}_a}$, проведенные через опорную точку \check{H}_a , а также линии Кл и $\varphi = 1$.

Координаты выбранной точки климата H_1 (см. рис. П.1):

$$I_{H_1} = 11 \text{ кДж/кг}; d_{H_1} = 2 \text{ г/кг}.$$

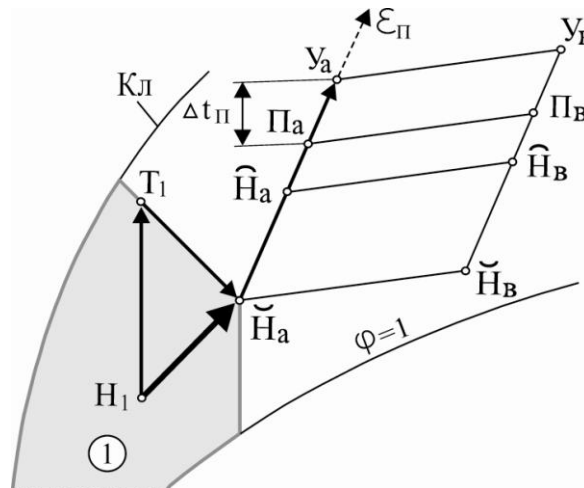


Рис. 1.1. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 1 при I классе нагрузок

Вектором режима функционирования служит вектор $H_1\check{H}_a$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_a \supset q_T m_{w_{ад}} m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_1\check{H}_a$ является результирующим двух процессов тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере – нагрева (вектор H_1T_1) и адиабатного увлажнения (вектор $T_1\check{H}_a$):

$$(\cdot)H_1(m_{\check{H}}) \rightarrow q_T = (\cdot)T_1(m_{\check{H}}) - \text{вектор } H_1T_1;$$

$$(\cdot)T_1(m_{\check{H}}) \rightarrow m_{w_{ад}} = (\cdot)\check{H}_a(m_{\check{H}}) - \text{вектор } T_1\check{H}_a,$$

где

$$\begin{aligned} q_T &= m_{\check{H}}(I_{\check{H}_a} - I_{H_1}) = m_{\check{H}}(I_{y_a} - I_{H_1}) - q_{\Pi} = \\ &= 0,008(21,11 - 11) = 0,008(31,11 - 11) - 0,08 = 0,081 \text{ кВт/м}^2; \end{aligned}$$

$$m_{W_{ад}} = m_{\check{H}}(d_{\check{H}_a} - d_{H_1}) = m_{\check{H}}(d_{Y_a} - d_{H_1}) - W_{\Pi} =$$

$$= 0,008(3,71 - 2) = 0,008(4,34 - 2) - 0,005 = 0,0137 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2\text{)}.$$

Поскольку $t_{\check{H}_a} < t_{\Pi_a}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{H}_a(m_{\check{H}}) + (\cdot)Y_a(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a}) - \text{векторы } \check{H}_a\Pi_a \text{ и } Y_a\Pi_a,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_a} - m_{\check{H}} = 0,0166 - 0,008 = 0,0086 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)}$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_a - \text{вектор } \Pi_a Y_a.$$

Расчетная зона 2

Расчетная зона 2 присутствует в том случае, если опорная точка \check{H}_a находится выше линии $\varphi = 1$ (рис. 1.2). Границами зоны 2 являются: линии постоянного влагосодержания $d_{\check{H}_a}$ и $d_{\check{H}_B}$, проведенные через опорные точки \check{H}_a и \check{H}_B , отрезок $\check{H}_a\check{H}_B$ и линия $\varphi = 1$.

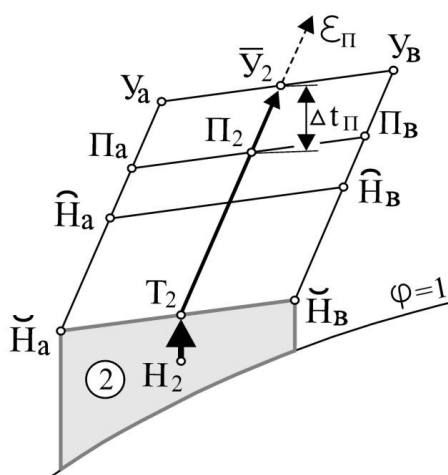


Рис. 1.2. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 2 при I классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_2 (см. рис. П.1):

$$I_{H_2} = 25 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_2} = 6 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор H_2T_2 , который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$\bar{Y}_2 \supset q_T m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования H_2T_2 совпадает с вектором процесса обработки воздуха в кондиционере (процессом нагрева):

$$(\cdot)H_2(m_{\check{H}}) \rightarrow q_T = (\cdot)T_2(m_{\check{H}}) - \text{вектор } H_2T_2,$$

где

$$\begin{aligned} q_T &= m_{\check{H}}(I_{T_2} - I_{H_2}) = m_{\check{H}}(I_{\bar{Y}_2} - I_{H_2}) - q_{\Pi} = \\ &= 0,008(28,2 - 25) = 0,008(38,3 - 25) - 0,08 = 0,026 \text{ кВт/м}^2. \end{aligned}$$

Поскольку $t_{T_2} < t_{\Pi_2}$, где $t_{\Pi_2} = t_{\bar{Y}_2} - \Delta t_{\Pi}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R_2} :

$$(\cdot)T_2(m_{\check{H}}) + (\cdot)\bar{Y}_2(m_{R_2}) = (\cdot)\Pi_2(m_{\Pi_2}) - \text{векторы } T_2\Pi_2 \text{ и } \bar{Y}_2\Pi_2,$$

где

$$m_{\Pi_2} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_2} - I_{\Pi_2}} = \frac{0,08}{38,3 - 33,5} = 0,0166 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)};$$

$$m_{R_2} = m_{\Pi_2} - m_{\check{H}} = 0,0166 - 0,008 = 0,0086 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)}.$$

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_2(m_{\Pi_2}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)\bar{Y}_2 - \text{вектор } \Pi_2\bar{Y}_2.$$

Расчетная зона 4

Расчетная зона 4 присутствует в том случае, если опорная точка \hat{H}_B находится выше линии $\varphi = 1$ (рис. 1.3). Границами зоны 4 являются линии постоянного влагосодержания $d_{\check{H}_B}$, $d_{\hat{H}_B}$, проведенные через опорные точки \check{H}_B и \hat{H}_B , отрезок $\check{H}_B\hat{H}_B$ и линия $\varphi = 1$.

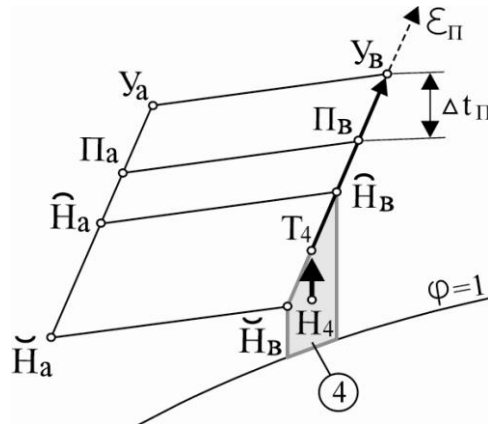


Рис. 1.3. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 4 при I классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_4 (см. рис. П.1):

$$I_{H_4} = 42,5 \text{ кДж/кг}; d_{H_4} = 10,65 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_4 T_4$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset q_T m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_4 T_4$ совпадает с вектором процесса обработки воздуха в кондиционере (процессом нагрева):

$$(\cdot)H_4(m_{\check{H}}) \rightarrow q_T = (\cdot)T_4(m_{\check{H}}) - \text{вектор } H_4 T_4,$$

где

$$m_{\check{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_B} - I_{T_4}} = \frac{0,08}{52,62 - 43,83} = 0,0091 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)};$$

$$q_T = m_{\hat{H}}(I_{T_4} - I_{H_4}) = m_{\hat{H}}(I_{Y_B} - I_{H_4}) - q_{\Pi} =$$

$$= 0,0091(43,83 - 42,5) = 0,0091(52,62 - 42,5) - 0,08 = 0,012 \text{ кВт/м}^2.$$

Поскольку $t_{T_4} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)T_4(m_{\hat{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } T_4\Pi_B \text{ и } Y_B\Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\hat{H}} = 0,0164 - 0,0091 = 0,0073 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

1.2.2. Режимы потребления «холода»

Расчетная зона 9

Расчетная зона 9 присутствует в том случае, если опорная точка \hat{H}_B находится выше линии $\phi = 1$ (рис. 1.4). Границами зоны 9 являются изоэнтальпы I_{Y_B} и $I_{\hat{H}_B}$, проведенные соответственно через опорные точки Y_B и \hat{H}_B , луч процесса $\varepsilon_{\hat{K}_0}$, проведенный через точку K_0 и опорную точку \hat{H}_B , и линия Кл.

Координаты выбранной точки климата H_9 (см. рис. П.1):

$$I_{H_9} = 49 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_9} = 7 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_9\hat{H}_B$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset q_X m_{W(\pm)} m_{\hat{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_9\hat{H}_B$ совпадает с вектором процесса тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере (процессом политропного охлаждения):

$(\cdot)H_9(m_{\hat{H}}) \rightarrow q_X = (\cdot)\hat{H}_B(m_{\hat{H}})$ – вектор $H_9\hat{H}_B$,

где

$$q_X = m_{\hat{H}}(I_{H_9} - I_{\hat{H}_B}) = q_{\Pi} - m_{\hat{H}}(I_{Y_B} - I_{H_9}) =$$

$$= 0,01(49 - 44,62) = 0,08 - 0,01(52,62 - 49) = 0,044 \text{ кВт/м}^2.$$

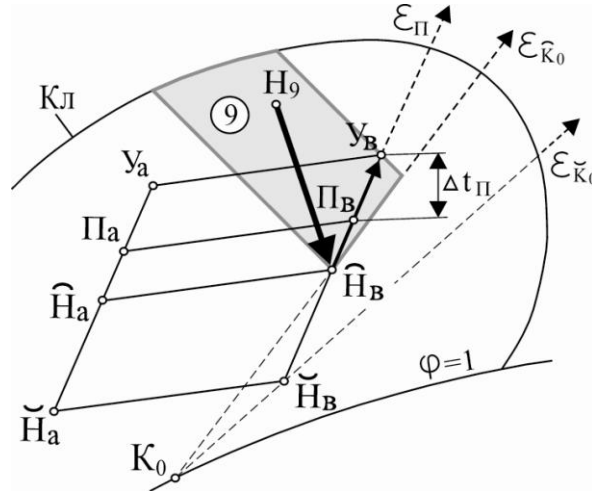


Рис. 1.4. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 9 при I классе нагрузок

Расход воды, потребляемой для увлажнения воздуха:

$$m_{W(\pm)} = m_{\hat{H}}(d_{\hat{H}_B} - d_{H_9}) = m_{\hat{H}}(d_{Y_B} - d_{H_9}) - W_{\Pi} =$$

$$= 0,01(10,7 - 7) = 0,01(11,2 - 7) - 0,005 = 0,037 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2).$$

Поскольку $t_{\hat{H}_B} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$(\cdot)\hat{H}_B(m_{\hat{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B})$ – векторы $\hat{H}_B\Pi_B$ и $Y_B\Pi_B$,

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\hat{H}} = 0,0164 - 0,01 = 0,0064 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B$ – вектор $\Pi_B Y_B$.

Расчетная зона 10

Расчетная зона 10 присутствует в том случае, если опорная точка \check{H}_B находится выше линии $\varphi = 1$ (рис. 1.5). Границами зоны 10 являются изоэнтальпа I_{Y_B} , проведенная через опорную точку Y_B , луч процесса $\varepsilon_{\check{K}_0}$, проведенный через точку K_0 и опорную точку \check{H}_B , и линия Кл.

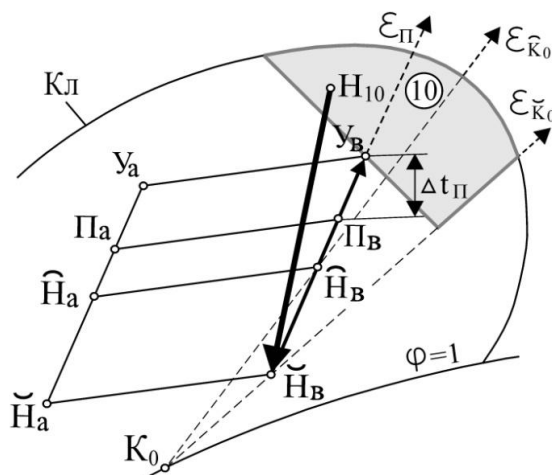


Рис. 1.5. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 10 при I классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_{10} (см. рис. П.1):

$$I_{H_{10}} = 62 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_{10}} = 10 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_{10}\check{H}_B$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset q_X m_{w(\pm)} m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_{10}\check{H}_B$ совпадает с вектором процесса тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере (процессом политропного охлаждения с осушкой):

$$(\cdot)H_{10}(m_{\check{H}}) \rightarrow q_X = (\cdot)\check{H}_B(m_{\check{H}}) - \text{вектор } H_{10}\check{H}_B,$$

где

$$q_X = m_{\check{H}}(I_{H_{10}} - I_{\check{H}_B}) = q_{\Pi} - m_{\check{H}}(I_{Y_B} - I_{H_{10}}) = \\ = 0,008(62 - 42,62) = 0,08 - 0,008(52,62 - 62) = 0,155 \text{ кВт/м}^2.$$

Расход воды, потребляемой для увлажнения воздуха (или выделяемой из воздуха при его осушке):

$$m_{W(\pm)} = m_{\check{H}}(d_{\check{H}_B} - d_{H_{10}}) = m_{\check{H}}(d_{Y_B} - d_{H_{10}}) - W_{\Pi} = \\ = 0,008(10,57 - 10) = 0,008(11,2 - 10) - 0,005 = 0,0046 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2).$$

Поскольку $t_{\check{H}_B} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{H}_B(m_{\check{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } \check{H}_B\Pi_B \text{ и } Y_B\Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\check{H}} = 0,0164 - 0,008 = 0,0084 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

Расчетная зона 11

Расчетная зона 11 присутствует в том случае, если опорная точка \hat{H}_B находится выше линии $\phi = 1$ (рис. 1.6). Границами зоны 11 являются изоэнтальпа I_{Y_B} , проведенная через опорную точку Y_B , лучи процессов $\varepsilon_{\check{K}_0}$ и $\varepsilon_{\hat{K}_0}$, проведенные соответственно через точку K_0 и опорные точки \check{H}_B и \hat{H}_B , линия постоянного влагосодержания $d_{\hat{H}_B}$, проведенная через опорную точку \hat{H}_B .

Координаты выбранной точки климата H_{11} (см. рис. П.1):

$$I_{H_{11}} = 49 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_{11}} = 11,8 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_{11}X_{11}$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset q_X m_{\tilde{H}}.$$

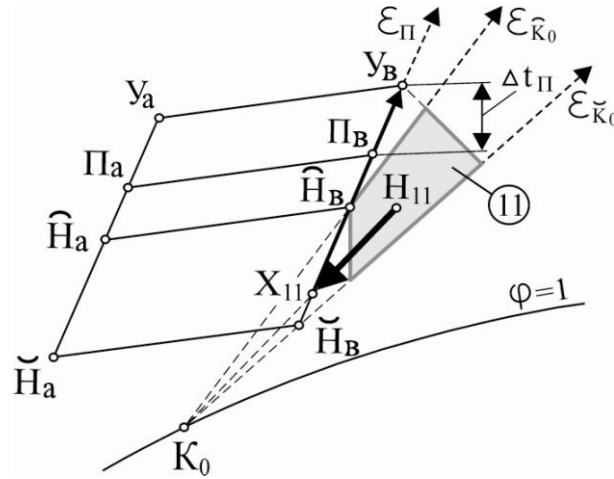


Рис. 1.6. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 11 при I классе нагрузок

Вектор режима функционирования $H_{11}X_{11}$ совпадает с вектором процесса тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере (процессом политропного охлаждения с осушкой):

$$(\cdot)H_{11}(m_{\tilde{H}}) \rightarrow q_X = (\cdot)X_{11}(m_{\tilde{H}}) - \text{вектор } H_{11}X_{11},$$

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_B} - I_{X_{11}}} = \frac{0,08}{52,62 - 43,35} = 0,0086 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2);$$

$$\begin{aligned} q_X &= m_{\tilde{H}}(I_{H_{11}} - I_{X_{11}}) = q_{\Pi} - m_{\tilde{H}}(I_{Y_B} - I_{H_{11}}) = \\ &= 0,0086(49 - 43,35) = 0,08 - 0,0086(52,62 - 49) = 0,049 \text{ кВт}/\text{м}^2. \end{aligned}$$

Расход воды, выделяемой из воздуха при его осушке:

$$\begin{aligned} m_{W(-)} &= m_{\tilde{H}}(d_{X_{11}} - d_{H_{11}}) = m_{\tilde{H}}(d_{Y_B} - d_{H_{11}}) - w_{\Pi} = \\ &= 0,0086(10,61 - 11,8) = 0,0086(11,2 - 11,8) - 0,005 = -0,01 \text{ г}/(\text{с} \cdot \text{м}^2). \end{aligned}$$

Поскольку $t_{X_{11}} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)X_{11}(m_{\check{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)П_B(m_{П_B}) - \text{векторы } X_{11}П_B \text{ и } Y_BП_B,$$

где $m_{R2} = m_{П_B} - m_{\check{H}} = 0,0164 - 0,0086 = 0,0078 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- ($q_{П}$) и влагоизбытков ($W_{П}$) в помещении после использования воздуха $П$ рециркуляции:

$$(\cdot)П_B(m_{П_B}) \rightarrow q_{П}, \quad W_{П} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } П_B Y_B.$$

1.2.3. Режимы потребления теплоты и «холода»

Расчетная зона 12

Расчетная зона 12 присутствует в том случае, если опорная точка \check{H}_B находится выше линии $\varphi = 1$ (рис. 1.7). Границами зоны 12 служат линия постоянного влагосодержания $d_{\hat{H}_B}$, проведенная через опорную точку \hat{H}_B , луч процесса $\varepsilon_{\check{K}_0}$, проведенный через точку K_0 и опорную точку \check{H}_B , а также линии Кл и $\varphi = 1$.

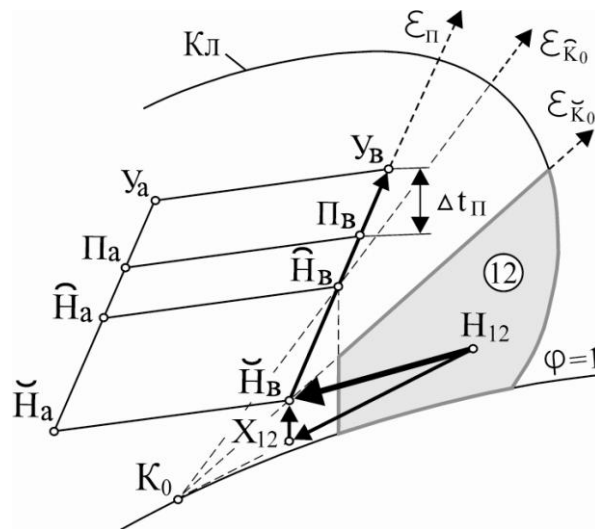


Рис. 1.7. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 12 при I классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_{12} (см. рис. П.1):

$$I_{H_{12}} = 55 \text{ кДж}/\text{кг}; \quad d_{H_{12}} = 13,5 \text{ г}/\text{кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_{12}\check{H}_B$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset q_X q_T m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_{12}\check{H}_B$ является результирующим двух процессов тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере – политропного охлаждения с осушкой (вектор $H_{12}X_{12}$) и нагрева (вектор $X_{12}\check{H}_B$):

$$(\cdot)H_{12}(m_{\check{H}}) \rightarrow q_X = (\cdot)X_{12}(m_{\check{H}}) - \text{вектор } H_{12}X_{12};$$

$$(\cdot)X_{12}(m_{\check{H}}) \rightarrow q_T = (\cdot)\check{H}_B(m_{\check{H}}) - \text{вектор } X_{12}\check{H}_B,$$

где

$$q_T = m_{\check{H}}(I_{\check{H}_B} - I_{X_{12}}) = 0,008(42,62 - 41,7) = 0,007 \text{ кВт/м}^2;$$

$$q_X = m_{\check{H}}(I_{H_{12}} - I_{X_{12}}) = (q_{\Pi} + q_T) - m_{\check{H}}(I_{Y_B} - I_{H_{12}}) = \\ = 0,008(55 - 41,7) = (0,08 + 0,007) - 0,008(52,62 - 55) = 0,106 \text{ кВт/м}^2.$$

Расход воды, выделяемой из воздуха при его осушке:

$$m_{W(-)} = m_{\check{H}}(d_{X_{12}} - d_{H_{12}}) = m_{\check{H}}(d_{Y_B} - d_{H_{12}}) - W_{\Pi} = \\ = 0,008(10,57 - 13,5) = 0,008(11,2 - 13,5) - 0,005 = -0,023 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2).$$

Поскольку $t_{\check{H}_B} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{H}_B(m_{\check{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } \check{H}_B\Pi_B \text{ и } Y_B\Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\check{H}} = 0,0164 - 0,008 = 0,0084 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

1.2.4. Режимы без потребления теплоты и «холода»

Ранжировки $РА-2m_H$ и $РА-2m_K$

Требования ранжировок $РА-2m_H$ и $РА-2m_K$ при I классе нагрузок совпадают. При этом имеют место следующие расчетные зоны $\check{6}$, $\check{8}_B$. Рассмотрим их.

Расчетная зона $\check{6}$

Расчетная зона $\check{6}$ присутствует в том случае, если при выбранной ранжировке $РА-2m_H$ или $РА-2m_K$ опорная точка \check{H}_a находится выше линии $\varphi = 1$ (рис. 1.8). Границами зоны $\check{6}$ являются изоэнтальпы $I_{\check{H}_a}$ и $I_{\check{H}_B}$, проведенные соответственно через опорные точки \check{H}_a и \check{H}_B , отрезок $\check{H}_a\check{H}_B$ и линия Кл.

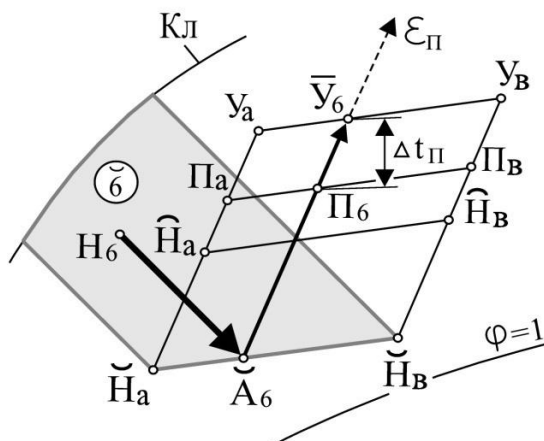


Рис. 1.8. Процессы влажностной обработки воздуха для расчетной зоны $\check{6}$ при I классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_6 (см. рис. П.1):

$$I_{H_6} = 28 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_6} = 2,5 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_6\check{A}_6$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$\bar{Y}_6 \supset m_{W_{ад}} m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_6\check{A}_6$ совпадает с вектором процесса обработки воздуха в кондиционере (процессом адиабатного увлажнения):

$$(\cdot)H_6(m_{\check{H}}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\check{A}_6(m_{\check{H}}) - \text{вектор } H_6\check{A}_6,$$

где

$$\begin{aligned} m_{W_{ад}} &= m_{\check{H}}(d_{\check{A}_6} - d_{H_6}) = m_{\check{H}}(d_{\check{Y}_6} - d_{H_6}) - W_{\Pi} = \\ &= 0,008(5,9 - 2,5) = 0,008(6,5 - 2,5) - 0,005 = 0,027 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2). \end{aligned}$$

Поскольку $t_{\check{A}_6} < t_{\Pi_6}$, где $t_{\Pi_6} = t_{\check{Y}_6} - \Delta t_{\Pi}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{A}_6(m_{\check{H}}) + (\cdot)\bar{Y}_6(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_6(m_{\Pi_6}) - \text{векторы } \check{A}_6\Pi_6 \text{ и } \bar{Y}_6\Pi_6,$$

где

$$m_{\Pi_6} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_6} - I_{\Pi_6}} = \frac{0,08}{38 - 33,2} = 0,0166 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{R2} = m_{\Pi_6} - m_{\check{H}} = 0,0166 - 0,008 = 0,0086 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2).$$

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_6(m_{\Pi_6}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)\bar{Y}_6 - \text{вектор } \Pi_6\bar{Y}_6.$$

Расчетная зона δ_B

Расчетная зона δ_B присутствует в том случае, если при выбранных ранжировках РА-2 m_H или РА-2 m_K опорная точка \hat{H}_B находится выше линии $\varphi=1$ (рис. 1.9). Границами зоны δ_B являются изоэнтальпы $I_{\check{H}_B}$ и $I_{\hat{H}_B}$, проведенные соответственно через опорные точки \check{H}_B и \hat{H}_B , отрезок $\check{H}_B\hat{H}_B$ и линия Кл.

Координаты выбранной точки климата H_8 (см. рис. П.1):

$$I_{H_8} = 43,5 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_8} = 7 \text{ г/кг}.$$

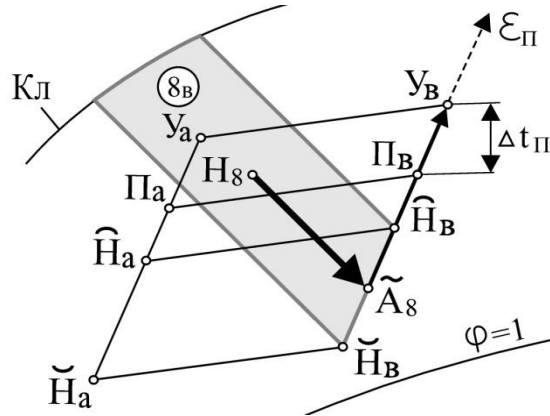


Рис. 1.9. Процессы влажностной обработки воздуха для расчетной зоны 8_B при I классе нагрузок

Вектором режима функционирования служит вектор $H_8 \tilde{A}_8$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset m_{W_{ад}} m_{\tilde{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_8 \tilde{A}_8$ совпадает с вектором процесса обработки воздуха в кондиционере (процессом адиабатного увлажнения):

$$(\cdot)H_8(m_{\tilde{H}}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\tilde{A}_8(m_{\tilde{H}}) - \text{вектор } H_8 \tilde{A}_8,$$

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_B} - I_{\tilde{A}_8}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_B} - I_{H_8}} = \frac{0,08}{52,62 - 43,5} = 0,0088 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$\begin{aligned} m_{W_{ад}} &= m_{\tilde{H}}(d_{\tilde{A}_8} - d_{H_8}) = m_{\tilde{H}}(d_{Y_B} - d_{H_8}) - W_{\Pi} = \\ &= 0,0088(10,7 - 7) = 0,0088(11,2 - 7) - 0,005 = 0,032 \text{ г}/(\text{с}\cdot\text{м}^2). \end{aligned}$$

Поскольку $t_{\tilde{A}_8} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\tilde{A}_8(m_{\tilde{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } \tilde{A}_8 \Pi_B \text{ и } Y_B \Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\tilde{H}} = 0,0164 - 0,0088 = 0,0076 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_{\text{в}}(m_{\Pi_{\text{в}}}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_{\text{в}} - \text{вектор } \Pi_{\text{в}}Y_{\text{в}}.$$

Ранжировка РА-2 m_w

При ранжировке РА-2 m_w для I класса нагрузок имеют место расчетные зоны δ_a , \hat{b} и 7. Рассмотрим их.

Расчетная зона δ_a

Расчетная зона δ_a присутствует в том случае, если при выбранной ранжировке РА-2 m_w опорная точка \hat{H}_a находится выше линии $\varphi=1$ (рис. 1.10). Границами зоны δ_a являются изоэнтальпы $I_{\check{H}_a}$ и $I_{\hat{H}_a}$, проведенные соответственно через опорные точки \check{H}_a и \hat{H}_a , отрезок $\check{H}_a\hat{H}_a$ и линия Кл.

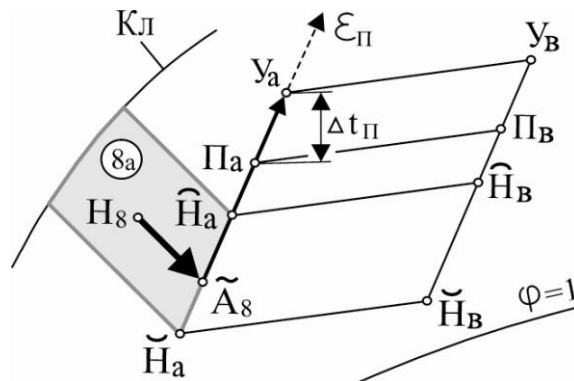


Рис. 1.10. Процессы влажностной обработки воздуха для расчетной зоны δ_a при I классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_8 (см. рис. П.1):

$$I_{H_8} = 22 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_8} = 2,5 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования для зоны δ_a служит вектор $N_8\check{A}_8$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_a \supset m_{w_{ад}} m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_8 \tilde{A}_8$ совпадает с вектором процесса обработки воздуха в кондиционере (процессом адиабатного увлажнения):

$$(\cdot)H_8(m_{\tilde{H}}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\tilde{A}_8(m_{\tilde{H}}) - \text{вектор } H_8 \tilde{A}_8,$$

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_a} - I_{\tilde{A}_8}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_a} - I_{H_8}} = \frac{0,08}{31,11 - 22} = 0,0088 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$\begin{aligned} m_{W_{ад}} &= m_{\tilde{H}}(d_{\tilde{A}_8} - d_{H_8}) = m_{\tilde{H}}(d_{Y_a} - d_{H_8}) - W_{\Pi} = \\ &= 0,01(3,6 - 2,5) = 0,0088(4,34 - 2,5) - 0,005 = 0,011 \text{ г}/(\text{с}\cdot\text{м}^2). \end{aligned}$$

Поскольку $t_{\tilde{A}_8} < t_{\Pi_a}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\tilde{A}_8(m_{\tilde{H}}) + (\cdot)Y_a(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a}) - \text{векторы } \tilde{A}_8\Pi_a \text{ и } Y_a\Pi_a,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_a} - m_{\tilde{H}} = 0,0166 - 0,0088 = 0,0078 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_a - \text{вектор } \Pi_a Y_a.$$

Расчетная зона $\hat{6}$

Расчетная зона $\hat{6}$ присутствует в том случае, если при выбранной ранжировке РА-2 m_W опорная точка \hat{H}_a находится выше линии $\varphi = 1$ (рис. 1.11). Границами зоны $\hat{6}$ являются изоэнтальпы $I_{\hat{H}_a}$ и $I_{\hat{H}_b}$, проведенные соответственно через опорные точки \hat{H}_a и \hat{H}_b , отрезок $\hat{H}_a \hat{H}_b$ и линия Кл.

Координаты выбранной точки климата H_6 (см. рис. П.1):

$$I_{H_6} = 28 \text{ кДж}/\text{кг}; \quad d_{H_6} = 2,5 \text{ г}/\text{кг}.$$

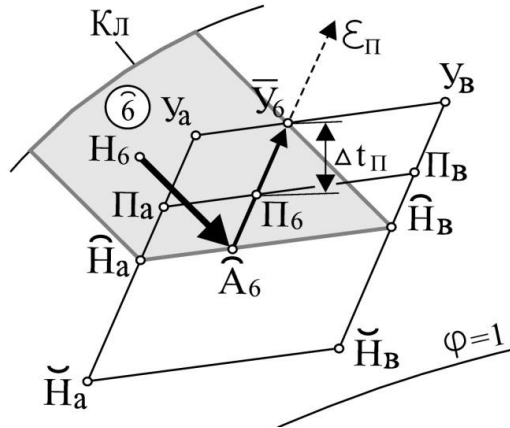


Рис. 1.11. Процессы влажностной обработки воздуха для расчетной зоны $\hat{6}$ при I классе нагрузок

Условное обозначение режима функционирования:

$$\bar{Y}_6 \supset m_{W_{ад}} m_{\hat{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_6 \hat{A}_6$ совпадает с вектором процесса обработки воздуха в кондиционере (процессом адиабатного увлажнения):

$$(\cdot)H_6(m_{\hat{H}}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\hat{A}_6(m_{\hat{H}}) - \text{вектор } H_6 \hat{A}_6,$$

где

$$\begin{aligned} m_{W_{ад}} &= m_{\hat{H}}(d_{\hat{A}_6} - d_{H_6}) = m_{\hat{H}}(d_{\bar{Y}_6} - d_{H_6}) - W_{\Pi} = \\ &= 0,01(5,4 - 2,5) = 0,01(5,9 - 2,5) - 0,005 = 0,029 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2). \end{aligned}$$

Поскольку $t_{\hat{A}_6} < t_{\Pi_6}$, где $t_{\Pi_6} = t_{\bar{Y}_6} - \Delta t_{\Pi}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\hat{A}_6(m_{\hat{H}}) + (\cdot)\bar{Y}_6(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_6(m_{\Pi_6}) - \text{векторы } \hat{A}_6 \Pi_6 \text{ и } \bar{Y}_6 \Pi_6,$$

где

$$\begin{aligned} m_{\Pi_6} &= \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_6} - I_{\Pi_6}} = \frac{0,08}{36 - 31,2} = 0,0166 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2); \\ m_{R2} &= m_{\Pi_6} - m_{\hat{H}} = 0,0166 - 0,01 = 0,0066 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2). \end{aligned}$$

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_6(m_{\Pi_6}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)\bar{Y}_6 - \text{вектор } \Pi_6\bar{Y}_6.$$

Расчетная зона 7

Расчетная зона 7 присутствует в том случае, если при ранжировке РА-2 m_w опорная точка \hat{H}_a находится выше линии $\varphi=1$. К зоне 7 относится та часть области наружного климата, которая располагается внутри четырехугольника $\check{H}_a\check{H}_B\hat{H}_B\hat{H}_a$ выше линии $\varphi=1$ (рис. 1.12).

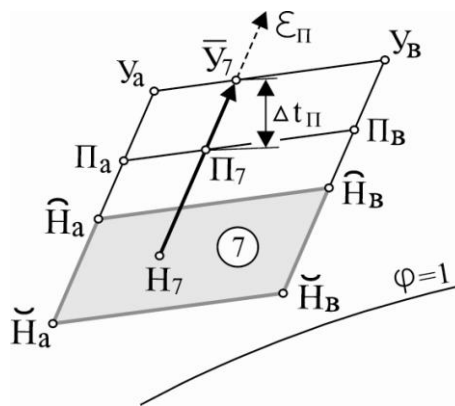


Рис. 1.12. Особенность процессов для расчетной зоны 7 при I классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_7 (см. рис. П.1):

$$I_{H_7} = 30 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_7} = 6,3 \text{ г/кг}.$$

Режим функционирования сводится к управлению расходом наружного воздуха без его тепловлажностной обработки.

Условное обозначение режима функционирования:

$$\bar{Y}_7 \supset m_{\check{H}}.$$

Поскольку $t_{H_7} < t_{\Pi_7}$, где $t_{\Pi_7} = t_{\bar{Y}_7} - \Delta t_{\Pi}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)H_7(m_{\check{H}}) + (\cdot)\bar{Y}_7(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_7(m_{\Pi_7}) - \text{векторы } H_7\Pi_7 \text{ и } \bar{Y}_7\Pi_7,$$

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_7} - I_{H_7}} = \frac{0,08}{39 - 30} = 0,0089 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{\Pi_7} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_7} - I_{\Pi_7}} = \frac{0,08}{39 - 34,2} = 0,0166 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{R2} = m_{\Pi_7} - m_{\tilde{H}} = 0,0166 - 0,0089 = 0,0077 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2).$$

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_7(m_{\Pi_7}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)\bar{Y}_7 - \text{вектор } \Pi_7 \bar{Y}_7.$$

2. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ СКВ ДЛЯ II КЛАССА НАГРУЗОК

Исходные данные

Исходные данные, принятые в разд. 1, остаются такими же, за исключением значения минимально-неизбежного расхода наружного воздуха $m_{\tilde{H}}$:

$$m_{\tilde{H}} = 0,002 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2).$$

Кроме того, требуется знать предельную температуру t_M по мокрому термометру адиабатно увлажняемого воздуха и соответствующее ей значение энтальпии I_M :

$$t_M = 4 \text{ }^\circ\text{C}; \quad I_M = 16,6 \text{ кДж}/\text{кг}.$$

2.1. Построение ИТС для II класса нагрузок

Для построения опорных точек \tilde{H}_a, \tilde{H}_b рассчитать значения энтальпии $I_{\tilde{H}_a}, I_{\tilde{H}_b}$ и влагосодержания $d_{\tilde{H}_a}, d_{\tilde{H}_b}$ по следующим формулам:

$$I_{\check{H}_a} = I_{y_a} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 31,11 - \frac{0,08}{0,002} = -8,89 \text{ кДж/кг};$$

$$I_{\check{H}_b} = I_{y_b} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 52,62 - \frac{0,08}{0,002} = 12,62 \text{ кДж/кг};$$

$$d_{\check{H}_a} = d_{y_a} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 4,34 - \frac{0,005}{0,002} = 1,84 \text{ г/кг};$$

$$d_{\check{H}_b} = d_{y_b} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 11,2 - \frac{0,005}{0,002} = 8,7 \text{ г/кг}.$$

Нанести на I - d -диаграмму опорные точки \check{H}_a и \check{H}_b как места пересечений лучей процессов ε_{Π} , проведенных через точки Y_a и Y_b , с соответствующими расчетными изоэнтальпами $I_{\check{H}_a}$, $I_{\check{H}_b}$. Расчетные значения вторых координат опорных точек (значения влагосодержания $d_{\check{H}_a}$, $d_{\check{H}_b}$) целесообразно использовать для проверки точности графических построений на I - d -диаграмме.

Соединить построенные опорные точки \check{H}_a и \check{H}_b . Точки пересечения лучей процессов ε_{Π} с линией $\phi = 1$ обозначить через $\check{\Pi}_a$ и $\check{\Pi}_b$. Построенная таким образом ИТС для II класса нагрузок показана на рис. П.2 приложения.

Определить расходы воздуха в точках $\check{\Pi}_a$ и $\check{\Pi}_b$:

$$m_{\check{\Pi}_a} = \frac{q_{\Pi}}{I_{y_a} - I_{\check{\Pi}_a}} = \frac{0,08}{31,11 - 0,34} = 0,0026 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)};$$

$$m_{\check{\Pi}_b} = \frac{q_{\Pi}}{I_{y_b} - I_{\check{\Pi}_b}} = \frac{0,08}{52,62 - 41,5} = 0,0072 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)}.$$

Значения $m_{\check{\Pi}_a}$ и $m_{\check{\Pi}_b}$ будут использоваться в п. 2, 3.

2.2. Построение РТС для II класса нагрузок

2.2.1. Режимы потребления теплоты

Расчетная зона 1R

Расчетная зона 1R присутствует в том случае, если опорная точка \check{H}_a находится ниже линии $\varphi = 1$ (рис. 2.1). Границами зоны 1R являются изоэнтальпа $I_{\check{H}_a}$, проведенная через опорную точку \check{H}_a , линии Кл и $\varphi = 1$.

Координаты выбранной точки климата H_1 :

$$I_{H_1} = -20 \text{ кДж/кг}; d_{H_1} = 0,5 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_1\check{H}_a$, который является имитационным.

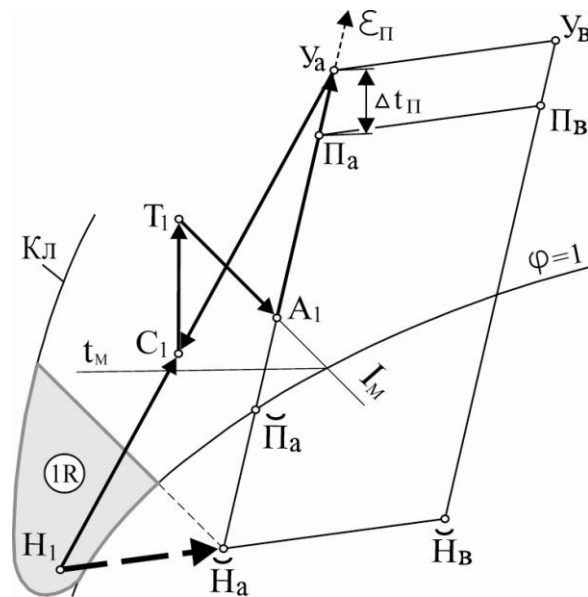


Рис. 2.1. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 1R при II классе нагрузок

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_a \supseteq q_T m_{W_{ад}} m_{\check{H}}.$$

Вектор режима $H_1 \check{H}_a$ является результирующим трех процессов тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере:

$$(\cdot)H_1(m_{\check{H}}) + (\cdot)Y_a(m_{R1}) = (\cdot)C_1(m_{A_1}) - \text{векторы } H_1C_1 \text{ и } Y_aC_1;$$

$$(\cdot)C_1(m_{A_1}) \rightarrow q_T = (\cdot)T_1(m_{A_1}) - \text{вектор } C_1T_1;$$

$$(\cdot)T_1(m_{A_1}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)A_1(m_{A_1}) - \text{вектор } T_1A_1,$$

где

$$m_{A_1} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_a} - I_{A_1}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_a} - I_M} = \frac{0,08}{31,11 - 16,6} = 0,0055 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2);$$

$$I_{C_1} = I_{Y_a} - \frac{m_{\check{H}}}{m_{A_1}}(I_{Y_a} - I_{H_1}) = 31,11 - \frac{0,002}{0,0055}(31,11 - (-20)) = 12,52 \text{ кДж}/\text{кг};$$

$$d_{C_1} = d_{Y_a} - \frac{m_{\check{H}}}{m_{A_1}}(d_{Y_a} - d_{H_1}) = 4,34 - \frac{0,002}{0,0055}(4,34 - 0,5) = 2,94 \text{ г}/\text{кг};$$

$$q_T = m_{A_1}(I_{T_1} - I_{C_1}) = m_{\check{H}}(I_{Y_a} - I_{H_1}) - q_{\Pi} = \\ = 0,0055(16,6 - 12,52) = 0,002(31,11 - (-20)) - 0,08 = 0,022 \text{ кВт}/\text{м}^2;$$

$$m_{W_{ад}} = m_{A_1}(d_{A_1} - d_{T_1}) = m_{\check{H}}(d_{Y_a} - d_{H_1}) - w_{\Pi} = \\ = 0,0055(3,43 - 2,94) = 0,002(4,34 - 0,5) - 0,005 = 0,0027 \text{ г}/(\text{с} \cdot \text{м}^2);$$

$$m_{R1} = m_{A_1} - m_{\check{H}} = 0,0055 - 0,002 = 0,0035 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2).$$

Поскольку $t_{A_1} < t_{\Pi_a}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)A_1(m_{A_1}) + Y_a(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a}) - \text{вектор } A_1\Pi_a \text{ и } Y_a\Pi_a,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_a} - m_{A_1} = 0,0166 - 0,0055 = 0,0111 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_a (m_{\Pi_a}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_a - \text{вектор } \Pi_a Y_a.$$

Расчетная зона 4

Расчетная зона 4 присутствует в том случае, если опорная точка \hat{H}_B находится выше линии $\varphi=1$ (рис. 2.2). Границами зоны 4 являются линия постоянного влагосодержания $d_{\hat{H}_B}$, проведенная через опорную точку \hat{H}_B , отрезок $\check{H}_B \hat{H}_B$ и линия $\varphi=1$.

Координаты выбранной точки климата H_4 (см. рис. П.2):

$$I_{H_4} = 42,5 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_4} = 10,65 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_4 T_4$, который является реализуемым.

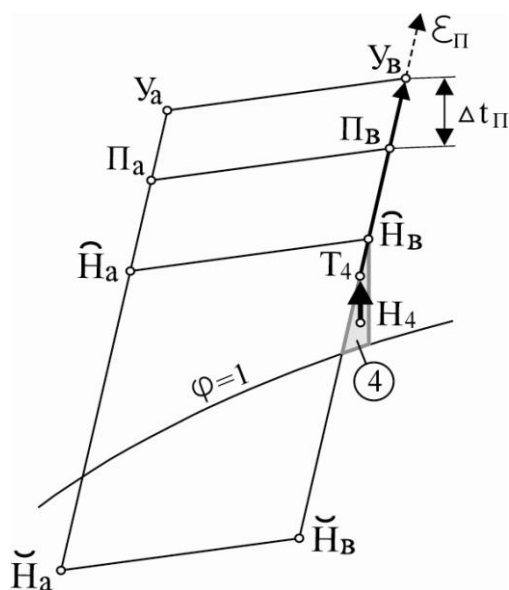


Рис. 2.2. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 4 при II классе нагрузок

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_b \supset q_T m_{\hat{H}}.$$

Вектор режима функционирования H_4T_4 совпадает с вектором процесса обработки воздуха в кондиционере (процессом нагрева):

$$(\cdot)H_4(m_{\tilde{H}}) \rightarrow q_T = (\cdot)T_4(m_{\tilde{H}}) - \text{вектор } H_4T_4,$$

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_B} - I_{T_4}} = \frac{0,08}{52,62 - 43,83} = 0,0091 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$q_T = m_{\tilde{H}}(I_{T_4} - I_{H_4}) = m_{\tilde{H}}(I_{Y_B} - I_{H_4}) - q_{\Pi} = \\ = 0,0091(43,83 - 42,5) = 0,0091(52,62 - 42,5) - 0,08 = 0,012 \text{ кВт}/\text{м}^2.$$

Поскольку $t_{T_4} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)T_4(m_{\tilde{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } T_4\Pi_B \text{ и } Y_B\Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\tilde{H}} = 0,0164 - 0,0091 = 0,0073 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

2.2.2. Режимы потребления «холода»

Расчетная зона 9

Процессы тепловлажностной обработки воздуха в расчетной зоне 9 будут точно такими же, как и при I классе нагрузок (см. рис. 1.4).

Расчетная зона 10R

Расчетная зона 10R присутствует в том случае, если опорная точка \check{H}_B находится ниже линии $\phi = 1$ (рис. 2.3). Границами зоны 10R являются изоэнтальпа I_{Y_B} , проведенная через опорную точку Y_B , и линия Кл.

$$d_{C_{10}} = d_{Y_B} - \frac{m_{\check{H}}}{m_{\check{\Pi}_B}} (d_{Y_B} - d_{H_{10}}) = 11,2 - \frac{0,002}{0,0072} (11,2 - 16) = 12,53 \text{ г/кг};$$

$$q_X = m_{\check{\Pi}_B} (I_{C_{10}} - I_{\check{\Pi}_B}) = q_{\Pi} - m_{\check{H}} (I_{Y_B} - I_{H_{10}}) = \\ = 0,0072 (57,45 - 41,5) = 0,08 - 0,002 (52,62 - 70) = 0,115 \text{ кВт/м}^2;$$

$$m_{W(\pm)} = m_{\check{\Pi}_B} (d_{\check{\Pi}_B} - d_{C_{10}}) = m_{\check{H}} (d_{Y_B} - d_{H_{10}}) - W_{\Pi} = \\ = 0,0072 (10,5 - 12,53) = 0,002 (11,2 - 16) - 0,005 = -0,0146 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{R1} = m_{\check{\Pi}_B} - m_{\check{H}} = 0,0072 - 0,002 = 0,0052 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2).$$

Поскольку $t_{\check{\Pi}_B} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{\Pi}_B(m_{\check{\Pi}_B}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } \check{\Pi}_B\Pi_B \text{ и } Y_B\Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\check{\Pi}_B} = 0,0164 - 0,0072 = 0,0092 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

Расчетная зона 11

Расчетная зона 11 присутствует в том случае, если опорная точка \hat{H}_B находится выше линии $\phi = 1$ (рис. 2.4). Границами зоны 11 являются изоэнтальпа I_{Y_B} , проведенная через опорную точку Y_B , луч процесса $\varepsilon_{\hat{K}_0}$, проведенный через точку K_0 и опорную точку \hat{H}_B , линия постоянного влагосодержания $d_{\hat{H}_B}$, проведенная через опорную точку \hat{H}_B , а также линии $K_{\text{л}}$ и $\phi = 1$.

Координаты выбранной точки климата H_{11} (см. рис. П.2):

$$I_{H_{11}} = 50 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_{11}} = 12 \text{ г/кг}.$$

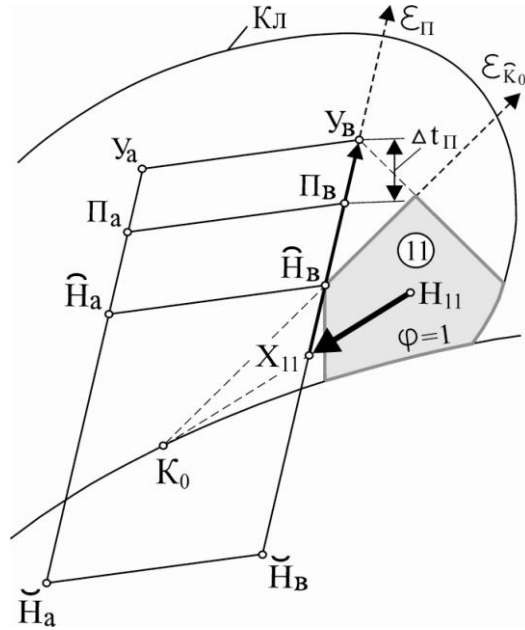


Рис. 2.4. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 11 при II классе нагрузок

Вектором режима функционирования служит вектор $H_{11}X_{11}$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset q_X m_{\tilde{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_{11}X_{11}$ совпадает с вектором процесса тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере (процессом политропного охлаждения с осушкой):

$$(\cdot)H_{11}(m_{\tilde{H}}) \rightarrow q_X = (\cdot)X_{11}(m_{\tilde{H}}) - \text{вектор } H_{11}X_{11},$$

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_B} - I_{X_{11}}} = \frac{0,08}{52,62 - 43,42} = 0,0087 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2);$$

$$\begin{aligned} q_X &= m_{\tilde{H}}(I_{H_{11}} - I_{X_{11}}) = q_{\Pi} - m_{\tilde{H}}(I_{Y_B} - I_{H_{11}}) = \\ &= 0,0087(50 - 43,42) = 0,08 - 0,0087(52,62 - 50) = 0,057 \text{ кВт}/\text{м}^2. \end{aligned}$$

Расход воды, выделяемой из воздуха при его осушке:

$$\begin{aligned} m_{W(-)} &= m_{\tilde{H}}(d_{X_{11}} - d_{H_{11}}) = m_{\tilde{H}}(d_{Y_B} - d_{H_{11}}) - w_{\Pi} = \\ &= 0,0087(10,62 - 12) = 0,0087(11,2 - 12) - 0,005 = -0,012 \text{ г}/(\text{с} \cdot \text{м}^2). \end{aligned}$$

Поскольку $t_{X_{11}} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)X_{11}(m_{\check{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } X_{11}\Pi_B \text{ и } Y_B\Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\check{H}} = 0,0164 - 0,0087 = 0,0077 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

2.2.3. Режимы без потребления теплоты и «холода»

Ранжировка РА-2 m_H

При ранжировке РА-2 m_H для Π класса нагрузок имеют место расчетные зоны $\check{B}R$, $8R_B$ и 8_B . Рассмотрим их.

Расчетная зона $\check{B}R$

Расчетная зона $\check{B}R$ присутствует в том случае, если при ранжировке РА-2 m_H опорная точка \check{H}_a находится ниже линии $\phi = 1$ (рис. 2.5). Границами зоны $\check{B}R$ являются: изоэнтальпы $I_{\check{H}_a}$ и $I_{\check{H}_B}$, проведенные соответственно через опорные точки \check{H}_a и \check{H}_B , линии Кл и $\phi = 1$.

Координаты выбранной точки климата H_6 (см. рис. П.2):

$$I_{H_6} = -5 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_6} = 1 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_6\check{A}_6$, который является имитационным.

Условное обозначение режима функционирования:

$$\bar{Y}_6 \supseteq m_{W_{ад}} m_{\check{H}}.$$

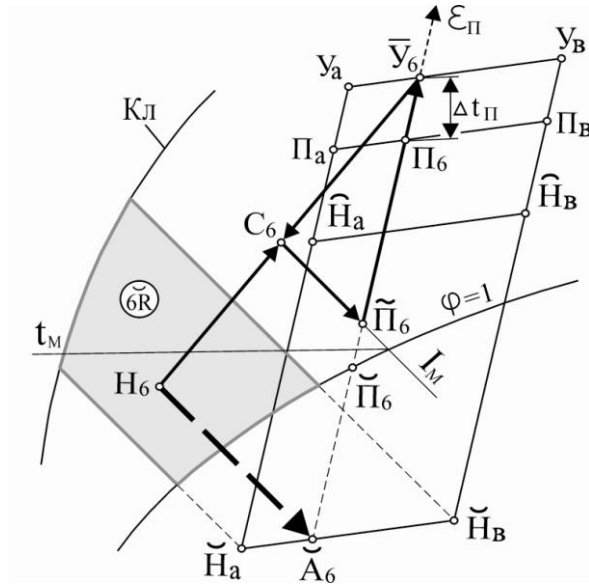


Рис. 2.5. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны $\check{B}R$ при II классе нагрузок

Вектор режима функционирования $H_6\check{A}_6$ является результирующим двух процессов тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере – смешения (векторы H_6C_6 и \bar{Y}_6C_6) и адиабатного увлажнения (вектор $C_6\check{\Pi}_6$):

$$(\cdot)H_6(m_{\check{H}}) + (\cdot)\bar{Y}_6(m_{R1}) = (\cdot)C_6(m_{\check{\Pi}_6}) - \text{векторы } H_6C_6 \text{ и } \bar{Y}_6C_6;$$

$$(\cdot)C_6(m_{\check{\Pi}_6}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\check{\Pi}_6(m_{\check{\Pi}_6}) - \text{вектор } C_6\check{\Pi}_6,$$

где

$$m_{\check{\Pi}_6} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_6} - I_{\check{\Pi}_6}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_6} - I_M} = \frac{0,08}{35 - 16,6} = 0,0043 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{R1} = m_{\check{\Pi}_6} - m_{\check{H}} = 0,0043 - 0,002 = 0,0023 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$d_{C_6} = d_{\bar{Y}_6} - \frac{m_{\check{H}}}{m_{\check{\Pi}_6}}(d_{\bar{Y}_6} - d_{H_6}) = 5,6 - \frac{0,002}{0,0043}(5,6 - 1) = 3,46 \text{ г}/\text{кг};$$

$$m_{W_{ад}} = m_{\check{\Pi}_6}(d_{\check{\Pi}_6} - d_{C_6}) = m_{\check{H}}(d_{\bar{Y}_6} - d_{H_6}) - W_{\Pi} =$$

$$= 0,0043(4,4 - 3,46) = 0,002(5,6 - 1) - 0,005 = 0,004 \text{ г}/(\text{с}\cdot\text{м}^2).$$

Поскольку $t_{\tilde{\Pi}_6} < t_{\Pi_6}$, где $t_{\Pi_6} = t_{\bar{Y}_6} - \Delta t_{\Pi}$, то после кондиционирования должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\tilde{\Pi}_6(m_{\tilde{\Pi}_6}) + (\cdot)\bar{Y}_6(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_6(m_{\Pi_6}) - \text{векторы } \tilde{\Pi}_6\Pi_6 \text{ и } \bar{Y}_6\Pi_6,$$

где

$$m_{\Pi_6} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_6} - I_{\Pi_6}} = \frac{0,08}{35 - 30,2} = 0,0166 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)};$$

$$m_{R2} = m_{\Pi_6} - m_{\tilde{\Pi}_6} = 0,0166 - 0,0043 = 0,0123 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)}.$$

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_6(m_{\Pi_6}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)\bar{Y}_6 - \text{вектор } \Pi_6\bar{Y}_6.$$

Расчетная зона $8R_{в}$

Расчетная зона $8R_{в}$ присутствует в том случае, если при ранжировке РА- $2m_{Н}$ опорная точка $\tilde{Н}_в$ находится ниже линии $\varphi = 1$ (рис. 2.6). Границами зоны $8R_{в}$ являются изоэнтальпы $I_{\tilde{Н}_в}$ и $I_{\hat{Н}_в}$, проведенные соответственно через опорные точки $\tilde{Н}_в$ и $\hat{\Pi}_в$, линии Кл и $\varphi = 1$.

Координаты выбранной точки климата $Н_8$ (см. рис. П.2):

$$I_{Н_8} = 20 \text{ кДж/кг}; \quad d_{Н_8} = 2 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $Н_8\tilde{A}_8$, который является имитационным.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_{в} \supseteq m_{W_{ад}} m_{\tilde{Н}}.$$

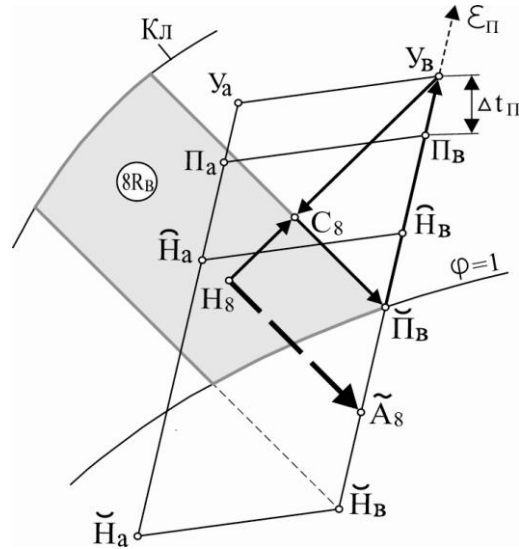


Рис. 2.6. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны $8R_B$ при II классе нагрузок

Вектор режима функционирования $H_8\tilde{A}_8$ является результирующим двух процессов тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере – смешения (векторы H_8C_8 и $Y_B C_8$) и адиабатного увлажнения (вектор $C_8\tilde{P}_B$):

$$(\cdot)H_8(m_{\tilde{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R1}) = (\cdot)C_8(m_{\tilde{P}_B}) - \text{векторы } H_8C_8 \text{ и } Y_B C_8;$$

$$(\cdot)C_8(m_{\tilde{P}_B}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\tilde{P}_B(m_{\tilde{P}_B}) - \text{вектор } C_8\tilde{P}_B,$$

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{II}}{I_{Y_B} - I_{\tilde{A}_8}} = \frac{q_{II}}{I_{Y_B} - I_{H_8}} = \frac{0,08}{52,62 - 20} = 0,0024 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$d_{C_8} = d_{Y_B} - \frac{m_{\tilde{H}}}{m_{\tilde{P}_B}} (d_{Y_B} - d_{H_8}) = 11,2 - \frac{0,0024}{0,0072} (11,2 - 2) = 8,1 \text{ г}/\text{кг};$$

$$\begin{aligned} m_{W_{ад}} &= m_{\tilde{P}_B} (d_{\tilde{P}_B} - d_{C_8}) = m_{\tilde{H}} (d_{Y_B} - d_{H_8}) - W_{II} = \\ &= 0,0072 (10,5 - 8,1) = 0,0024 (11,2 - 2) - 0,005 = 0,017 \text{ г}/(\text{с}\cdot\text{м}^2); \end{aligned}$$

$$m_{R1} = m_{\tilde{P}_B} - m_{\tilde{H}} = 0,0072 - 0,0024 = 0,0048 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2).$$

Поскольку $t_{\check{\Pi}_B} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{\Pi}_B(m_{\check{\Pi}_B}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } \check{\Pi}_B\Pi_B \text{ и } Y_B\Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\check{\Pi}_B} = 0,0164 - 0,0072 = 0,0092 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

Расчетная зона δ_B

Расчетная зона δ_B присутствует в том случае, если при ранжировке RA-2 m_H опорная точка \hat{H}_B находится выше линии $\varphi = 1$ (рис. 2.7). Границами зоны δ_B являются изоэнтальпы $I_{\hat{H}_B}, I_{\check{\Pi}_B}$, проведенные соответственно через опорные точки \hat{H}_B и $\check{\Pi}_B$, отрезок $\hat{H}_B\check{\Pi}_B$ и линии Кл и $\varphi = 1$.

Координаты выбранной точки климата H_8 (см. рис. П.2):

$$I_{H_8} = 43 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_8} = 7 \text{ г/кг}.$$

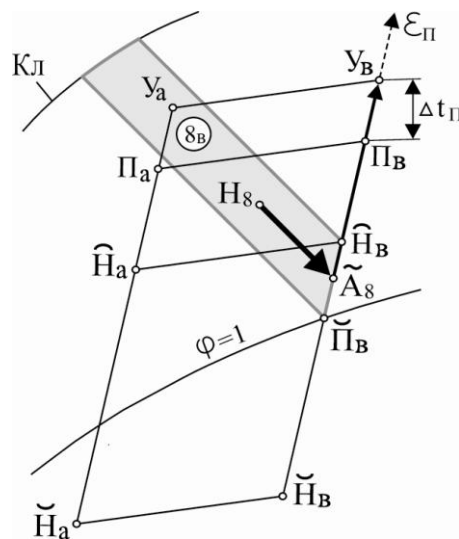


Рис. 2.7. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны δ_B при II классе нагрузок

Вектором режима функционирования служит вектор $H_8 \tilde{A}_8$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset m_{W_{ад}} m_{\tilde{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_8 \tilde{A}_8$ совпадает с вектором процесса обработки воздуха в кондиционере (процессом адиабатного увлажнения):

$$(\cdot)H_8(m_{\tilde{H}}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\tilde{A}_8(m_{\tilde{H}}) - \text{вектор } H_8 \tilde{A}_8,$$

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_B} - I_{\tilde{A}_8}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_B} - I_{H_8}} = \frac{0,08}{52,62 - 43} = 0,0083 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2);$$

$$\begin{aligned} m_{W_{ад}} &= m_{\tilde{H}}(d_{\tilde{A}_8} - d_{H_8}) = m_{\tilde{H}}(d_{Y_B} - d_{H_8}) - W_{\Pi} = \\ &= 0,0083 (10,6 - 7) = 0,0083 (11,2 - 7) - 0,005 = 0,03 \text{ г}/(\text{с} \cdot \text{м}^2). \end{aligned}$$

Поскольку $t_{\tilde{A}_8} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\tilde{A}_8(m_{\tilde{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } \tilde{A}_8 \Pi_B \text{ и } Y_B \Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\tilde{H}} = 0,0164 - 0,0083 = 0,0081 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

Ранжировка РА-2 m_K

При ранжировке РА-2 m_K для Π класса нагрузок имеют место расчетные зоны δR_a , δ_{a-b} и δ_b . Границы расчетной зоны δ_b и процессы тепловлажностной обработки воздуха для этой зоны будут точно такими же, как и при ранжировке РА-2 m_H (см. рис. 2.7). Рассмотрим оставшиеся расчетные зоны δR_a и δ_{a-b} .

Расчетная зона $8R_a$

Расчетная зона $8R_a$ присутствует в том случае, если при ранжировке $PA-2m_K$ опорная точка \check{H}_a находится ниже линии $\varphi = 1$ (рис. 2.8). Границами зоны $8R_a$ являются изоэнтальпы $I_{\check{H}_a}$ и $I_{\check{П}_a}$, проведенные соответственно через опорные точки \check{H}_a и $\check{П}_a$, линии Кл и $\varphi = 1$.

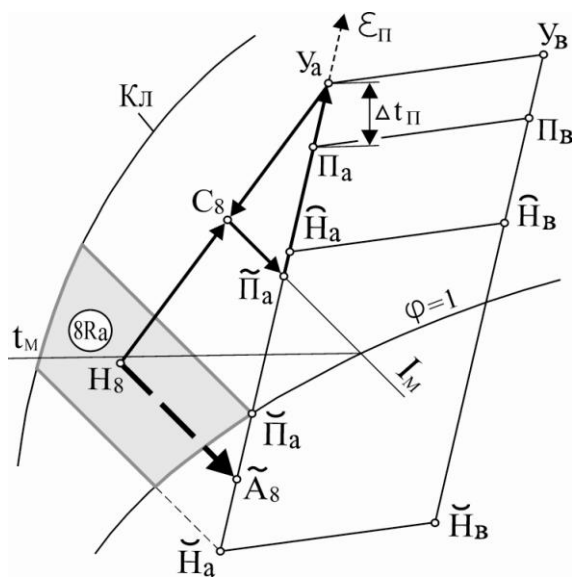


Рис. 2.8. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны $8R_a$ при II классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_8 (см. рис. П.2):

$$I_{H_8} = -5 \text{ кДж/кг}; d_{H_8} = 0,5 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_8\tilde{A}_8$, который является имитационным.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_a \supseteq m_{w_{ад}} m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_8\tilde{A}_8$ является результирующим двух процессов тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере – смешения (векторы H_8C_8 и Y_aC_8) и адиабатного увлажнения (вектор $C_8\tilde{П}_a$):

$(\cdot)H_8(m_{\tilde{H}}) + (\cdot)Y_a(m_{R1}) = (\cdot)C_8(m_{\tilde{\Pi}_a})$ – векторы H_8C_8 и Y_aC_8 ;

$(\cdot)C_8(m_{\tilde{\Pi}_a}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\tilde{\Pi}_a(m_{\tilde{\Pi}_a})$ – вектор $C_8\tilde{\Pi}_a$,

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_a} - I_{\tilde{A}_8}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_a} - I_{H_8}} = \frac{0,08}{31,11 - (-5)} = 0,0022 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{\tilde{\Pi}_a} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_a} - I_{\tilde{\Pi}_a}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_a} - I_M} = \frac{0,08}{31,11 - 16,6} = 0,0055 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{R1} = m_{\tilde{\Pi}_a} - m_{\tilde{H}} = 0,0055 - 0,0022 = 0,0033 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$d_{C_8} = d_{Y_a} - \frac{m_{\tilde{H}}}{m_{\tilde{\Pi}_a}}(d_{Y_a} - d_{H_8}) = 4,34 - \frac{0,0022}{0,0055}(4,34 - 0,5) = 2,8 \text{ г}/\text{кг};$$

$$m_{W_{ад}} = m_{\tilde{\Pi}_a}(d_{\tilde{\Pi}_a} - d_{C_8}) = m_{\tilde{H}}(d_{Y_a} - d_{H_8}) - W_{\Pi} =$$

$$= 0,0055(3,42 - 2,8) = 0,0022(4,34 - 0,5) - 0,005 = 0,0034 \text{ г}/(\text{с}\cdot\text{м}^2).$$

Поскольку $t_{\tilde{\Pi}_a} < t_{\Pi_a}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с расходом m_{R2} :

$(\cdot)\tilde{\Pi}_a(m_{\tilde{\Pi}_a}) + (\cdot)Y_a(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a})$ – векторы $\tilde{\Pi}_a\Pi_a$ и $Y_a\Pi_a$,

где $m_{R2} = m_{\Pi_a} - m_{\tilde{\Pi}_a} = 0,016 - 0,00284 = 0,01316 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$(\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a}) \rightarrow q_{\Pi}, W_{\Pi} = (\cdot)Y_a$ – вектор Π_aY_a .

Расчетная зона δ_{a-b}

Расчетная зона δ_{a-b} присутствует в том случае, если при ранжировке РА-2 m_K линия $\phi = 1$ пересекает четырехугольник $\tilde{H}_a\tilde{H}_b\hat{H}_b\hat{H}_a$

(рис. 2.9). Границами зоны δ_{a-b} являются изоэнтальпы $I_{\check{\Pi}_a}$ и $I_{\check{\Pi}_b}$, проведенные соответственно через точки $\check{\Pi}_a$ и $\check{\Pi}_b$, линии Кл и $\varphi=1$.

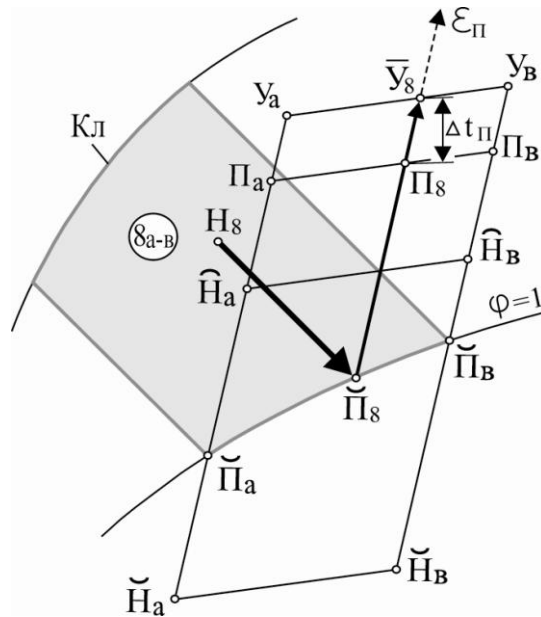


Рис. 2.9. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны δ_{a-b} при II классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_8 (см. рис. П.2):

$$I_{H_8} = 30 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_8} = 2 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_8\check{\Pi}_8$, который для точки наружного климата H_8 является реализуемым. Если же энтальпия точки H_8 окажется меньше, чем энтальпия I_M , то в этом случае должна использоваться I рециркуляция с расходом m_{R1} .

Условное обозначение режима функционирования:

$$\bar{Y}_8 \supset m_{W_{ад}} m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_8\check{\Pi}_8$ совпадает с вектором процесса обработки воздуха в кондиционере (процессом адиабатного увлажнения):

$$(\cdot)H_8(m_{\check{H}}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\check{\Pi}_8(m_{\check{H}}) - \text{вектор } H_8\check{\Pi}_8,$$

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_8} - I_{\check{\Pi}_8}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_8} - I_{H_8}} = \frac{0,08}{44,8 - 30} = 0,0054 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2);$$

$$m_{W_{\text{ад}}} = m_{\tilde{H}}(d_{\check{\Pi}_8} - d_{H_8}) = m_{\tilde{H}}(d_{\bar{Y}_8} - d_{H_8}) - W_{\Pi} = \\ = 0,0054(7,8 - 2) = 0,0054(8,72 - 2) - 0,005 = 0,031 \text{ г}/(\text{с} \cdot \text{м}^2).$$

Поскольку $t_{\check{\Pi}_8} < t_{\Pi_8}$, где $t_{\Pi_8} = t_{\bar{Y}_8} - \Delta t_{\Pi}$, то после кондиционирования должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{\Pi}_8(m_{\tilde{H}}) + (\cdot)\bar{Y}_8(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_8(m_{\Pi_8}) - \text{векторы } \check{\Pi}_8\Pi_8 \text{ и } \bar{Y}_8\Pi_8,$$

где

$$m_{\Pi_8} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_8} - I_{\Pi_8}} = \frac{0,08}{44,8 - 39,95} = 0,0165 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2);$$

$$m_{R2} = m_{\Pi_8} - m_{\tilde{H}} = 0,0165 - 0,0054 = 0,0111 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2).$$

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_8(m_{\Pi_8}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)\bar{Y}_8 - \text{вектор } \Pi_8\bar{Y}_8.$$

Ранжировка РА-2 m_w

При ранжировке РА-2 m_w для II класса нагрузок имеют место расчетные зоны $\hat{6}$, 7, $8R_a$ и 8_a . Границы расчетных зон $\hat{6}$ и $8R_a$, а также процессы тепловлажностной обработки воздуха для этих зон будут точно такими же, как на рис. 1.11 и 2.8. В расчетной зоне 7 изменятся только ее границы (рис. 2.10), а процессы остаются точно такими же, как и на рис. 1.12.

Рассмотрим оставшуюся расчетную зону 8_a .

Расчетная зона δ_a

В отличие от аналогичной расчетной зоны, рассмотренной для I класса нагрузок (см. рис. 1.10), при II классе нагрузок опорная точка \check{H}_a находится под линией $\varphi=1$ (рис. 2.10). Поэтому вместо изоэнтальпы $I_{\check{H}_a}$ границей будет являться изоэнтальпа $I_{\check{P}_a}$, проходящая через точку \check{P}_a .

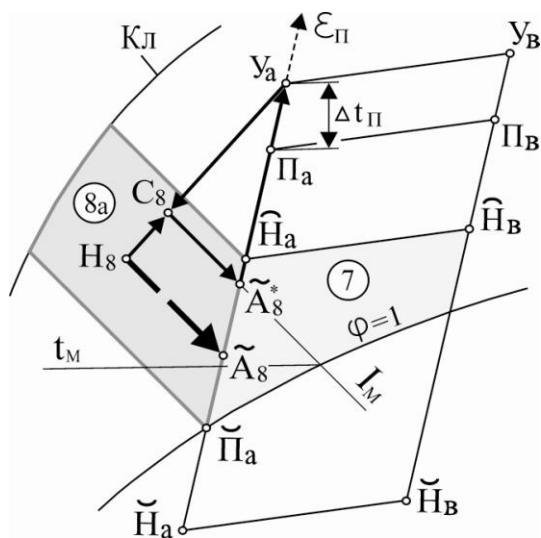


Рис. 2.10. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетных зон δ_a и 7 при II классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_8 (см. рис. П. 2):

$$I_{H_8} = 10 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_8} = 1,5 \text{ г/кг.}$$

Поскольку $I_{H_8} < I_M$, то вектор режима функционирования $H_8\tilde{A}_8$ становится имитационным и является результирующим двух процессов обработки воздуха в кондиционере – смешения (векторы H_8C_8 и Y_aC_8) и адиабатного увлажнения (вектор $C_8\tilde{A}_8^*$):

$$(\cdot)H_8(m_{\check{H}}) + (\cdot)Y_a(m_{R1}) = (\cdot)C_8(m_{\tilde{A}_8^*}) - \text{векторы } H_8C_8 \text{ и } Y_aC_8;$$

$$(\cdot)C_8(m_{\tilde{A}_8^*}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\tilde{A}_8^*(m_{\tilde{A}_8^*}) - \text{вектор } C_8\tilde{A}_8^*,$$

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{y_a} - I_{\tilde{A}_8}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{y_a} - I_{H_8}} = \frac{0,08}{31,11 - 10} = 0,0038 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2);$$

$$m_{\tilde{A}_8^*} = \frac{q_{\Pi}}{I_{y_a} - I_{\tilde{A}_8^*}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{y_a} - I_M} = \frac{0,08}{31,11 - 16,6} = 0,0055 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2);$$

$$m_{R1} = m_{\tilde{A}_8^*} - m_{\tilde{H}} = 0,0055 - 0,0038 = 0,0017 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2);$$

$$d_{C_8} = d_{y_a} - \frac{m_{\tilde{H}}}{m_{\tilde{A}_8^*}} (d_{y_a} - d_{H_8}) = 4,34 - \frac{0,0038}{0,0055} (4,34 - 1,5) = 2,38 \text{ г}/\text{кг};$$

$$m_{W_{ад}} = m_{\tilde{A}_8^*} (d_{\tilde{A}_8^*} - d_{C_8}) = m_{\tilde{H}} (d_{y_a} - d_{H_8}) - W_{\Pi} =$$

$$= 0,0055 (3,43 - 2,38) = 0,0038 (4,34 - 1,5) - 0,005 = 0,0058 \text{ г}/(\text{с} \cdot \text{м}^2).$$

Поскольку $t_{\tilde{A}_8^*} < t_{\Pi_a}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\tilde{A}_8^*(m_{\tilde{A}_8^*}) + (\cdot)Y_a(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a}) - \text{векторы } \tilde{A}_8^*\Pi_a \text{ и } Y_a\Pi_a,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_a} - m_{\tilde{A}_8^*} = 0,0166 - 0,0055 = 0,0111 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_a - \text{вектор } \Pi_a Y_a.$$

3. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ СКВ ДЛЯ III КЛАССА НАГРУЗОК

Исходные данные

Исходные данные, принятые в разд. 2, остаются такими же, за исключением значения максимально-целесообразного расхода наружного воздуха $m_{\tilde{H}}$:

$$m_{\tilde{H}} = 0,0025 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2).$$

3.1. Построение ИТС для III класса нагрузок

Для построения опорных точек \hat{H}_a, \hat{H}_b рассчитать значения энтальпий $I_{\hat{H}_a}, I_{\hat{H}_b}$ и влагосодержаний $d_{\hat{H}_a}, d_{\hat{H}_b}$ по следующим формулам:

$$I_{\hat{H}_a} = I_{y_a} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 31,11 - \frac{0,08}{0,0025} = -0,89 \text{ кДж/кг};$$

$$I_{\hat{H}_b} = I_{y_b} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 52,62 - \frac{0,08}{0,0025} = 20,62 \text{ кДж/кг};$$

$$d_{\hat{H}_a} = d_{y_a} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 4,34 - \frac{0,005}{0,0025} = 2,34 \text{ г/кг};$$

$$d_{\hat{H}_b} = d_{y_b} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 11,2 - \frac{0,005}{0,002} = 9,2 \text{ г/кг}.$$

Нанести на I - d -диаграмму опорные точки \hat{H}_a и \hat{H}_b как места пересечений лучей процессов ε_{Π} , проведенных через точки Y_a и Y_b , с соответствующими расчетными изоэнтальпами $I_{\hat{H}_a}, I_{\hat{H}_b}$. Расчетные значения вторых координат опорных точек (значения влагосодержания $d_{\hat{H}_a}, d_{\hat{H}_b}$) целесообразно использовать для проверки точности графических построений на I - d -диаграмме.

Соединить построенные опорные точки \hat{H}_a и \hat{H}_b .

Построенная таким образом ИТС для III класса нагрузок показана на рис. П. 3 приложения.

3.2. Построение РТС для III класса нагрузок

3.2.1. Режимы потребления теплоты

Режимы потребления теплоты при III классе нагрузок имеют место только в расчетной зоне 1R. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для этой расчетной зоны остаются точно такими же, как и при II классе нагрузок (см. рис. 2.1).

3.2.2. Режимы потребления «холода»

Расчетная зона 9R

Расчетная зона 9R присутствует в том случае, если опорная точка \hat{H}_B находится ниже линии $\varphi = 1$ (рис. 3.1). Границами зоны 9R являются изоэнтальпы I_{Y_B} и $I_{\hat{H}_B}$, проведенные соответственно через опорные точки Y_B и \hat{H}_B , линии Кл и $\varphi = 1$.

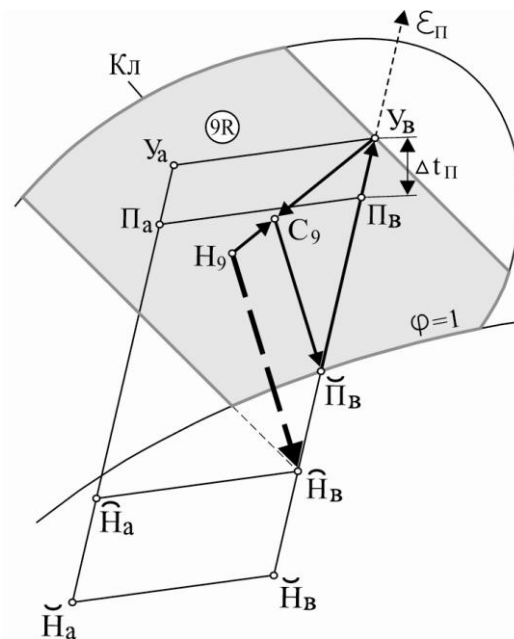


Рис. 3.1. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 9R при III классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_9 (см. рис. П. 3):

$$I_{H_9} = 40 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_9} = 5 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_9\hat{H}_B$, который является имитационным.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supseteq q_X m_W(\pm) m_{\hat{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_9\hat{H}_B$ является результирующим двух процессов тепловлажностной обработки воздуха в кон-

диционере – смешения (векторы H_9C_9 и $Y_B C_9$) и политропного охлаждения (вектор $C_9 \check{\Pi}_B$):

$$(\cdot)H_9(m_{\check{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R1}) = (\cdot)C_9(m_{\check{\Pi}_B}) - \text{векторы } H_9C_9 \text{ и } Y_B C_9;$$

$$(\cdot)C_9(m_{\check{\Pi}_B}) \rightarrow q_X = (\cdot)\check{\Pi}_B(m_{\check{\Pi}_B}) - \text{вектор } C_9 \check{\Pi}_B,$$

где

$$I_{C_9} = I_{Y_B} - \frac{m_{\check{H}}}{m_{\check{\Pi}_B}} (I_{Y_B} - I_{H_9}) = 52,62 - \frac{0,0025}{0,0072} (52,62 - 40) = 48,2 \text{ кДж/кг};$$

$$d_{C_9} = d_{Y_B} - \frac{m_{\check{H}}}{m_{\check{\Pi}_B}} (d_{Y_B} - d_{H_9}) = 11,2 - \frac{0,0025}{0,0072} (11,2 - 5) = 9 \text{ г/кг};$$

$$\begin{aligned} q_X &= m_{\check{\Pi}_B} (I_{C_9} - I_{\check{\Pi}_B}) = q_{\Pi} - m_{\check{H}} (I_{Y_B} - I_{H_9}) = \\ &= 0,0072 (48,2 - 41,5) = 0,08 - 0,0025 (52,62 - 40) = 0,048 \text{ кВт/м}^2; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{W(\pm)} &= m_{\check{\Pi}_B} (d_{\check{\Pi}_B} - d_{C_9}) = m_{\check{H}} (d_{Y_B} - d_{H_9}) - W_{\Pi} = \\ &= 0,0072 (10,4 - 9) = 0,0025 (11,2 - 5) - 0,005 = 0,01 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2); \end{aligned}$$

$$m_{R1} = m_{\check{\Pi}_B} - m_{\check{H}} = 0,0072 - 0,0025 = 0,0047 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2).$$

Поскольку $t_{\check{\Pi}_B} < t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{\Pi}_B(m_{\check{\Pi}_B}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } \check{\Pi}_B \Pi_B \text{ и } Y_B \Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\check{\Pi}_B} = 0,0164 - 0,0072 = 0,0092 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

Расчетная зона 10R

Границы расчетной зоны 10R и процессы тепловлажностной обработки воздуха для этой зоны остаются точно такими же, как при II классе нагрузок (см. рис. 2.3).

3.2.3. Режимы без потребления теплоты и «холода»

Ранжировка PA-2m_H

При ранжировке PA-2m_H для III класса нагрузок имеют место расчетные зоны $\hat{b}R$ и $8R_B$. Границы этих расчетных зон и процессы тепловлажностной обработки воздуха для них остаются точно такими же, как и во II классе нагрузок (см. рис. 2.5, 2.6). Исключение составляет лишь одна из границ для расчетной зоны $8R_B$, а именно: вместо энтальпии $I_{\hat{\Pi}_B}$ границей будет служить энтальпия $I_{\hat{H}_B}$, проходящая через опорную точку \hat{H}_B .

Ранжировки PA-2m_K и PA-2m_W

Для III класса нагрузок требования ранжировок PA-2m_K и PA-2m_W совпадают. При этом имеют место расчетные зоны $8R_A$ и $\hat{b}R$.

Процессы тепловлажностной обработки воздуха в расчетной зоне $8R_A$ остаются точно такими же, как и во II классе нагрузок (см. рис. 2.8). Отличие состоит лишь в том, что изменяется положение одной из границ расчетной зоны $8R_A$, а именно вместо энтальпии $I_{\hat{\Pi}_A}$ границей является энтальпия $I_{\hat{H}_A}$. Рассмотрим оставшуюся расчетную зону $\hat{b}R$.

Расчетная зона $\hat{b}R$

Расчетная зона $\hat{b}R$ присутствует в том случае, если при выбранной ранжировке PA-2m_K или PA-2m_W опорная точка \hat{H}_B находится ниже линии $\varphi = 1$ (рис. 3.2). Границами зоны $\hat{b}R$ являются изоэнтальпы $I_{\hat{H}_A}$ и $I_{\hat{H}_B}$, проведенные соответственно через опорные точки \hat{H}_A и \hat{H}_B , линии Кл и $\varphi = 1$.

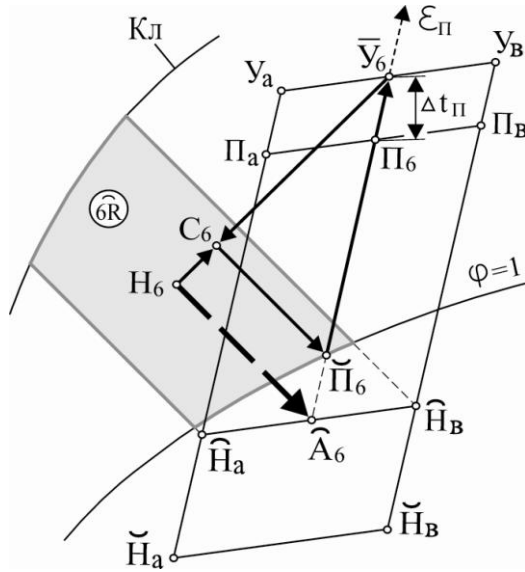


Рис. 3.2. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны при III классе нагрузок $\widehat{6R}$

Координаты выбранной точки наружного климата H_6 (см. рис. П. 3):

$$I_{H_6} = 10 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_6} = 1 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_6\widehat{A}_6$, который является имитационным.

Условное обозначение режима функционирования:

$$\overline{Y}_6 \supseteq m_{W_{ад}} m_{\widehat{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_6\widehat{A}_6$ является результирующим двух процессов тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере – смешения (векторы H_6C_6 и \overline{Y}_6C_6) и адиабатного увлажнения (вектор $C_6\check{\check{P}}_6$):

$$(\cdot)H_6(m_{\widehat{H}}) + (\cdot)\overline{Y}_6(m_{R1}) = (\cdot)C_6(m_{\check{\check{P}}_6}) - \text{векторы } H_6C_6 \text{ и } \overline{Y}_6C_6;$$

$$(\cdot)C_6(m_{\check{\check{P}}_6}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\check{\check{P}}_6(m_{\check{\check{P}}_6}) - \text{вектор } C_6\check{\check{P}}_6,$$

где

$$m_{\check{\check{P}}_6} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\overline{Y}_6} - I_{\check{\check{P}}_6}} = \frac{0,08}{42 - 25,3} = 0,0048 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)};$$

$$m_{R1} = m_{\check{\Pi}_6} - m_{\check{H}} = 0,0048 - 0,0025 = 0,0023 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$d_{C6} = d_{\check{Y}_6} - \frac{m_{\check{H}}}{m_{\check{\Pi}_6}} (d_{\check{Y}_6} - d_{H6}) = 7,8 - \frac{0,0025}{0,0048} (7,8 - 1) = 4,26 \text{ г}/\text{кг};$$

$$\begin{aligned} m_{W_{ад}} &= m_{\check{\Pi}_6} (d_{\check{\Pi}_6} - d_{C6}) = m_{\check{H}} (d_{\check{Y}_6} - d_{H6}) - W_{\Pi} = \\ &= 0,0048 (6,76 - 4,26) = 0,0025 (7,8 - 1) - 0,005 = 0,012 \text{ г}/(\text{с}\cdot\text{м}^2). \end{aligned}$$

Поскольку $t_{\check{\Pi}_6} < t_{\Pi_6}$, где $t_{\Pi_6} = t_{\check{Y}_6} - \Delta t_{\Pi}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{\Pi}_6(m_{\check{\Pi}_6}) + (\cdot)\check{Y}_6(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_6(m_{\Pi_6}) - \text{векторы } \check{\Pi}_6\Pi_6 \text{ и } \check{Y}_6\Pi_6;$$

где

$$m_{\Pi_6} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\check{Y}_6} - I_{\Pi_6}} = \frac{0,08}{42 - 37,15} = 0,0165 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{R2} = m_{\Pi_6} - m_{\check{\Pi}_6} = 0,0165 - 0,0048 = 0,0117 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2).$$

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_6(m_{\Pi_6}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)\check{Y}_6 - \text{вектор } \Pi_6\check{Y}_6.$$

4. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ СКВ ДЛЯ IV КЛАССА НАГРУЗОК

Исходные данные

Исходные данные, принятые в разд. 1, остаются такими же, за исключением значения удельных теплоизбытков в помещении q_{Π} :

$$q_{\Pi} = -0,08 \text{ кВт}/\text{м}^2.$$

Кроме того, отклонение температуры t_{Π} в приточной струе от нормируемой температуры t_{y} в рабочей зоне при восполнении недостатка теплоты в помещении составляет

$$\Delta t_{\Pi} = t_{\Pi} - t_{y} = 3^{\circ}\text{C}.$$

4.1. Построение ИТС для IV класса нагрузок

Рассчитать значение углового коэффициента ε_{Π} :

$$\varepsilon_{\Pi} = \frac{q_{\Pi}}{W_{\Pi}} 1000 = \frac{-0,08}{0,005} 1000 = -16000 \text{ кДж/кг.}$$

Через точки Y_a и Y_b провести лучи процессов в помещении с угловым коэффициентом ε_{Π} .

Для построения опорных точек \check{H}_a, \check{H}_b и \hat{H}_a, \hat{H}_b рассчитать значения энтальпии $I_{\check{H}_a}, I_{\check{H}_b}, I_{\hat{H}_a}, I_{\hat{H}_b}$ и влагосодержания $d_{\check{H}_a}, d_{\check{H}_b}, d_{\hat{H}_a}, d_{\hat{H}_b}$ по следующим формулам:

$$I_{\check{H}_a} = I_{y_a} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 31,11 - \frac{-0,08}{0,008} = 41,11 \text{ кДж/кг;}$$

$$I_{\check{H}_b} = I_{y_b} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 52,62 - \frac{-0,08}{0,008} = 62,62 \text{ кДж/кг;}$$

$$d_{\check{H}_a} = d_{y_a} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 4,34 - \frac{0,005}{0,008} = 3,71 \text{ г/кг;}$$

$$d_{\check{H}_b} = d_{y_b} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\check{H}}} = 11,2 - \frac{0,005}{0,008} = 10,57 \text{ г/кг;}$$

$$I_{\hat{H}_a} = I_{y_a} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 31,11 - \frac{-0,08}{0,01} = 39,11 \text{ кДж/кг;}$$

$$I_{\hat{H}_b} = I_{y_b} - \frac{q_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 52,62 - \frac{-0,08}{0,01} = 60,62 \text{ кДж/кг;}$$

$$d_{\hat{H}_a} = d_{y_a} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 4,34 - \frac{0,005}{0,01} = 3,84 \text{ г/кг;}$$

$$d_{\hat{H}_b} = d_{y_b} - \frac{W_{\Pi}}{m_{\hat{H}}} = 11,2 - \frac{0,005}{0,01} = 10,7 \text{ г/кг.}$$

Нанести на $I-d$ -диаграмму опорные точки \check{H}_a, \check{H}_B и \hat{H}_a, \hat{H}_B как места пересечений лучей процессов ε_{Π} , проведенных через точки Y_a и Y_B , с соответствующими расчетными изоэнтальпами $I_{\check{H}_a}, I_{\check{H}_B}, I_{\hat{H}_a}, I_{\hat{H}_B}$. Расчетные значения вторых координат опорных точек (значения влагосодержания $d_{\check{H}_a}, d_{\check{H}_B}, d_{\hat{H}_a}, d_{\hat{H}_B}$) целесообразно использовать для проверки точности графических построений на $I-d$ -диаграмме.

Для построения опорных точек Π_a и Π_B рассчитать значения их температуры по формулам

$$t_{\Pi_a} = t_{y_a} + \Delta t_{\Pi} = 20 + 3 = 23 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\Pi_B} = t_{y_B} + \Delta t_{\Pi} = 24 + 3 = 27 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Нанести на $I-d$ -диаграмму точки Π_a и Π_B как места пересечения лучей процессов ε_{Π} , проведенных через точки Y_a и Y_B , с соответствующими изотермами t_{Π_a} и t_{Π_B} .

Соединить между собой опорные точки так, как показано на рис. П. 4 приложения.

Определить расход воздуха в точках Π_a и Π_B :

$$m_{\Pi_a} = \frac{q_{\Pi}}{I_{y_a} - I_{\Pi_a}} = \frac{-0,08}{31,11 - 33,73} = 0,0305 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{\Pi_B} = \frac{q_{\Pi}}{I_{y_B} - I_{\Pi_B}} = \frac{-0,08}{52,62 - 55,27} = 0,0302 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2).$$

Значения m_{Π_a} и m_{Π_B} будут использоваться далее в п. 4.

4.2. Построение РТС для IV класса нагрузок

4.2.1. Режимы потребления теплоты

Расчетная зона 1

Границами расчетной зоны 1 являются изоэнтальпа $I_{\hat{H}_a}$, проведенная через опорную точку \hat{H}_a , линия постоянного влагосодер-

жания $d_{\check{H}_a}$, проведенная через опорную точку \check{H}_a , а также линии Кл и $\varphi=1$ (рис. 4.1).

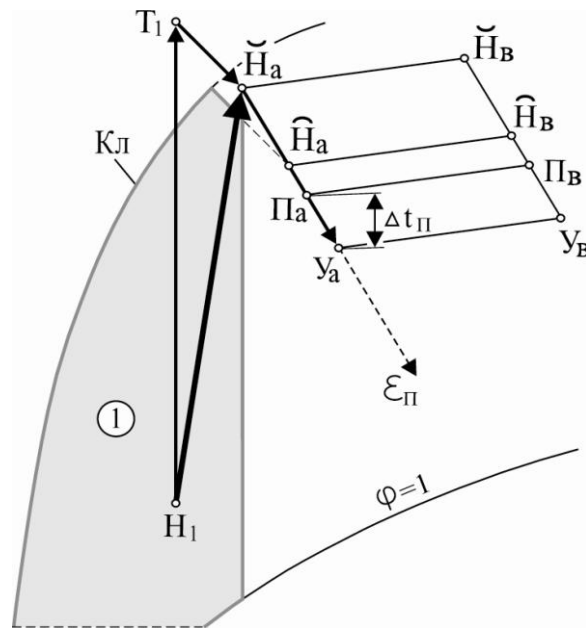


Рис. 4.1. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 1 при IV классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_1 (см. рис. П. 4):

$$I_{H_1} = 8 \text{ кДж/кг}; d_{H_1} = 1,5 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_1\check{H}_a$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_a \supset q_T m_{W_{ад}} m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_1\check{H}_a$ является результирующим двух процессов тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере – нагрева (вектор H_1T_1) и адиабатного увлажнения (вектор $T_1\check{H}_a$):

$$(\cdot)H_1(m_{\check{H}}) \rightarrow q_T = (\cdot)T_1(m_{\check{H}}) \text{ – вектор } H_1T_1;$$

$$(\cdot)T_1(m_{\check{H}}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\check{H}_a(m_{\check{H}}) \text{ – вектор } T_1\check{H}_a,$$

где

$$q_T = m_{\check{H}}(I_{\check{H}_a} - I_{H_1}) = m_{\check{H}}(I_{Y_a} - I_{H_1}) - q_{\Pi} = \\ = 0,008(41,11 - 8) = 0,008(31,11 - 8) - (-0,08) = 0,265 \text{ кВт/м}^2;$$

$$m_{W_{ад}} = m_{\check{H}}(d_{\check{H}_a} - d_{H_1}) = m_{\check{H}}(d_{Y_a} - d_{H_1}) - W_{\Pi} = \\ = 0,008(3,71 - 1,5) = 0,008(4,34 - 1,5) - 0,005 = 0,0177 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2).$$

Поскольку $t_{\check{H}_a} > t_{\Pi_a}$, то после кондиционера должен использоваться воздух II рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{H}_a(m_{\check{H}}) + (\cdot)Y_a(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a}) - \text{векторы } \check{H}_a\Pi_a \text{ и } Y_a\Pi_a,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_a} - m_{\check{H}} = 0,0305 - 0,008 = 0,0225 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a}) \rightarrow q_{\Pi}, W_{\Pi} = (\cdot)Y_a - \text{вектор } \Pi_a Y_a.$$

Расчетная зона 2

Границами расчетной зоны 2 являются линии постоянного влагосодержания $d_{\check{H}_a}$ и $d_{\check{H}_b}$, проведенные через опорные точки \check{H}_a и \check{H}_b , энтальпия $I_{\hat{H}_a}$, проведенная через опорную точку \hat{H}_a , отрезок $\hat{H}_a\hat{H}_b$ и линия $\varphi = 1$ (рис. 4.2).

Координаты выбранной точки климата H_2 (см. рис. П.4):

$$I_{H_2} = 35 \text{ кДж/кг}; d_{H_2} = 8 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор H_2T_2 , который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$\bar{Y}_2 \supset q_T m_{\check{H}}.$$

Расчетная зона 4

Границами расчетной зоны 4 являются линии постоянного влагосодержания $d_{\check{H}_B}$ и $d_{\hat{H}_B}$, проведенные через опорные точки \check{H}_B и \hat{H}_B , отрезок $\hat{H}_a\hat{H}_B$ и линия $\varphi = 1$ (рис. 4.3).

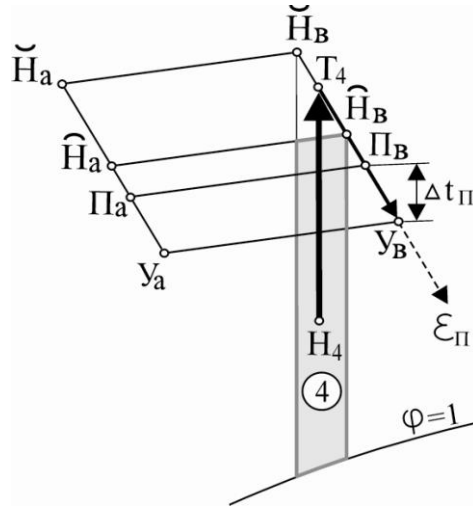


Рис. 4.3. Процессы тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 4 при IV классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_4 (см. рис. П. 4):

$$I_{H_4} = 45 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_4} = 10,6 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор H_4T_4 , который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset q_T m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования H_4T_4 совпадает с вектором процесса обработки воздуха в кондиционере (процессом нагрева):

$$(\cdot)H_4(m_{\check{H}}) \rightarrow q_T = (\cdot)T_4(m_{\check{H}}) - \text{вектор } H_4T_4,$$

где

$$m_{\check{H}} = \frac{q_P}{I_{Y_B} - I_{T_4}} = \frac{-0,08}{52,62 - 62,14} = 0,0084 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)};$$

$$q_T = m_{\tilde{H}}(I_{T_4} - I_{H_4}) = m_{\tilde{H}}(I_{Y_B} - I_{H_4}) - q_{\Pi} =$$

$$= 0,0084 (62,14 - 45) = 0,0084 (52,62 - 45) - (-0,08) = 0,144 \text{ кВт/м}^2.$$

Поскольку $t_{T_4} > t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)T_4(m_{\tilde{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } T_4\Pi_B \text{ и } Y_B\Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\tilde{H}} = 0,0302 - 0,0084 = 0,0218 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

4.2.2. Режимы потребления «холода»

Расчетная зона 10

Границами расчетной зоны 10 служит изоэнтальпа $I_{\tilde{H}_B}$, луч процесса $\varepsilon_{\tilde{K}_0}$, проведенный через точки K_0 и \tilde{H}_B , линия Кл (рис. 4.4).

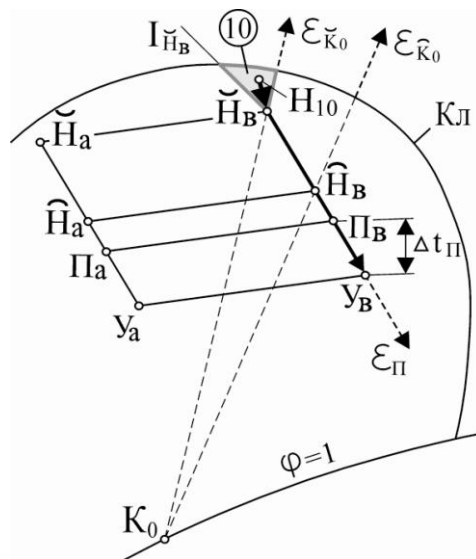


Рис. 4.4. Процесс тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 10 при IV классе нагрузок

Координаты выбранной точки климата H_{10} (см. рис. П. 4):

$$I_{H_{10}} = 65 \text{ кДж/кг}; d_{H_{10}} = 10 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_{10}\check{H}_B$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset q_X m_{W(\pm)} m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_{10}\check{H}_B$ совпадает с вектором процесса тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере (процессом политропного охлаждения с осушкой):

$$(\cdot)H_{10}(m_{\check{H}}) \rightarrow q_X = (\cdot)\check{H}_B(m_{\check{H}}) - \text{вектор } H_{10}\check{H}_B,$$

где

$$\begin{aligned} q_X &= m_{\check{H}}(I_{H_{10}} - I_{\check{H}_B}) = q_{\Pi} - m_{\check{H}}(I_{Y_B} - I_{H_{10}}) = \\ &= 0,008(65 - 62,62) = -0,08 - 0,008(52,62 - 65) = 0,019 \text{ кВт/м}^2. \end{aligned}$$

Расход воды, потребляемой для увлажнения воздуха (или выделяемой из воздуха при его осушке):

$$\begin{aligned} m_{W(\pm)} &= m_{\check{H}}(d_{\check{H}_B} - d_{H_{10}}) = m_{\check{H}}(d_{Y_B} - d_{H_{10}}) - W_{\Pi} = \\ &= 0,008(10,57 - 10) = 0,008(11,2 - 10) - 0,005 = 0,0046 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2). \end{aligned}$$

Поскольку $t_{\check{H}_B} > t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{H}_B(m_{\check{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } \check{H}_B\Pi_B \text{ и } Y_B\Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\check{H}} = 0,0302 - 0,008 = 0,022 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

Расчетная зона 11

Границами расчетной зоны 11 являются лучи процессов $\varepsilon_{\check{K}_0}$ и $\varepsilon_{\widehat{K}_0}$, проведенные через точку K_0 и опорные точки \check{H}_B и \widehat{H}_B , отрезок $\check{H}_B\widehat{H}_B$ и линия Кл (рис. 4.5).

Координаты выбранной точки климата H_{11} (см. рис. П. 4):

$$I_{H_{11}} = 67 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_{11}} = 11,3 \text{ г/кг}.$$

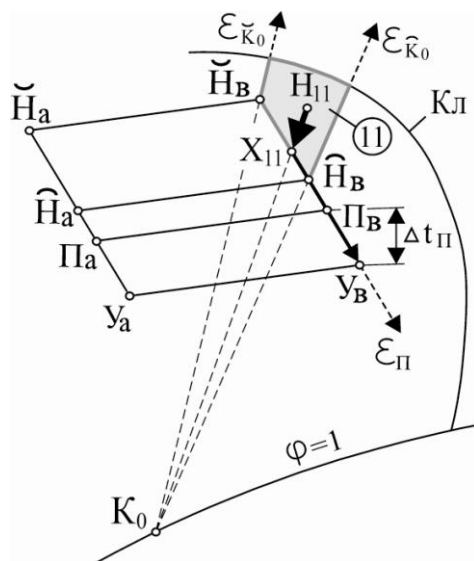


Рис. 4.5. Процесс тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 11 при IV классе нагрузок

Вектором режима функционирования служит вектор $H_{11}X_{11}$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset q_X m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $H_{11}X_{11}$ совпадает с вектором процесса тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере (процессом политропного охлаждения с осушкой):

$$(\cdot)H_{11}(m_{\check{H}}) \rightarrow q_X = (\cdot)X_{11}(m_{\check{H}}) - \text{вектор } H_{11}X_{11},$$

где

$$m_{\check{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{Y_B} - I_{X_{11}}} = \frac{-0,08}{52,62 - 61,5} = 0,009 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2);$$

$$q_X = m_{\tilde{H}}(I_{H_{11}} - I_{X_{11}}) = q_{\Pi} - m_{\tilde{H}}(I_{Y_B} - I_{H_{11}}) =$$

$$= 0,009(67 - 61,5) = -0,08 - 0,009(52,62 - 67) = 0,049 \text{ кВт/м}^2.$$

Расход воды, выделяемой из воздуха при его осушке:

$$m_{W(-)} = m_{\tilde{H}}(d_{X_{11}} - d_{H_{11}}) = m_{\tilde{H}}(d_{Y_B} - d_{H_{11}}) - W_{\Pi} =$$

$$= 0,009(10,6 - 11,3) = 0,009(11,2 - 11,3) - 0,005 = -0,006 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2\text{)}.$$

Поскольку $t_{X_{11}} > t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с оаходом m_{R2} :

$$(\cdot)X_{11}(m_{\tilde{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) - \text{векторы } X_{11}\Pi_{11} \text{ и } Y_B\Pi_B,$$

где $m_{R2} = m_{\Pi_B} - m_{\tilde{H}} = 0,0302 - 0,009 = 0,0212 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)}$.

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_B(m_{\Pi_B}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } \Pi_B Y_B.$$

4.2.3. Режимы потребления теплоты и «холода»

Расчетная зона 12

Границами расчетной зоны 12 являются линия постоянного влагосодержания $d_{\hat{H}_B}$, проведенная через опорную точку \hat{H}_B , луч процесса $\varepsilon_{\hat{K}_0}$, проведенный через точку K_0 и опорную точку \hat{H}_B , а также линии Кл и $\varphi = 1$ (рис. 4.6).

Координаты выбранной точки климата H_{12} (см. рис. П. 4):

$$I_{H_{12}} = 59 \text{ кДж/кг}; \quad d_{H_{12}} = 14 \text{ г/кг}.$$

Вектором режима функционирования служит вектор $H_{12}\check{H}_B$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$Y_B \supset q_X q_T m_{\tilde{H}}.$$

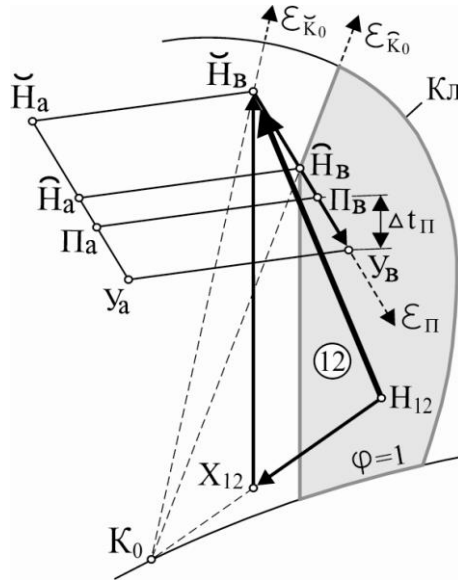


Рис. 4.6. Процесс тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны 12 при IV классе нагрузок

Вектор режима функционирования $H_{12}\check{H}_B$ является результирующим двух взаимоисключающих процессов тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере – политропного охлаждения с осушкой (вектор $H_{12}X_{12}$) и нагрева (вектор $X_{12}\check{H}_B$):

$$(\cdot)H_{12}(m_{\check{H}}) \rightarrow q_X = (\cdot)X_{12}(m_{\check{H}}) - \text{вектор } H_{12}X_{12};$$

$$(\cdot)X_{12}(m_{\check{H}}) \rightarrow q_T = (\cdot)\check{H}_B(m_{\check{H}}) - \text{вектор } X_{12}\check{H}_B,$$

где

$$q_T = m_{\check{H}}(I_{\check{H}_B} - I_{X_{12}}) = 0,008(62,62 - 42,9) = 0,158 \text{ кВт/м}^2;$$

$$\begin{aligned} q_X &= m_{\check{H}}(I_{H_{12}} - I_{X_{12}}) = (q_{\Pi} + q_T) - m_{\check{H}}(I_{Y_B} - I_{H_{12}}) = \\ &= 0,008(59 - 42,9) = (-0,08 + 0,158) - 0,008(52,62 - 59) = 0,129 \text{ кВт/м}^2. \end{aligned}$$

Расход воды, выделяемой из воздуха при его осушке:

$$\begin{aligned} m_{W(-)} &= m_{\check{H}}(d_{X_{12}} - d_{H_{12}}) = m_{\check{H}}(d_{Y_B} - d_{H_{12}}) - w_{\Pi} = \\ &= 0,008(10,57 - 14) = 0,008(11,2 - 14) - 0,005 = -0,0274 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2). \end{aligned}$$

Поскольку $t_{\check{H}_B} > t_{\Pi_B}$, то после кондиционера должна использоваться II рециркуляция m_{R2} :

$$(\cdot)\check{H}_B(m_{\check{H}}) + (\cdot)Y_B(m_{R2}) = (\cdot)П_B(m_{П_B}) - \text{векторы } \check{H}_BП_B \text{ и } Y_BП_B,$$

где $m_{R2} = m_{П_B} - m_{\check{H}} = 0,0302 - 0,008 = 0,0222 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Процесс ассимиляции тепло- ($q_{П}$) и влагоизбытков ($W_{П}$) в помещении после использования воздуха $П$ рециркуляции:

$$(\cdot)П_B(m_{П_B}) \rightarrow q_{П}, \quad W_{П} = (\cdot)Y_B - \text{вектор } П_B Y_B.$$

4.2.4. Режимы без потребления теплоты и «холода»

Требования дополнительных ранжировок $РА-2m_H$, $РА-2m_K$ и $РА-2m_W$ для IV класса нагрузок совпадают. При этом выделяются три расчетные зоны: δ_a , $\check{6}$, 7. Рассмотрим их.

Расчетная зона $\check{6}$

Границами расчетной зоны $\check{6}$ являются изоэнтальпы $I_{\check{H}_a}$ и $I_{\check{H}_B}$, проведенные через опорные точки \check{H}_a и \check{H}_B , отрезок $\check{H}_a\check{H}_B$ и линия Кл (рис. 4.7).

Координаты выбранной точки климата H_6 (см. рис. П. 4):

$$I_{H_6} = 50 \text{ кДж}/\text{кг}; \quad d_{H_6} = 5 \text{ г}/\text{кг}.$$

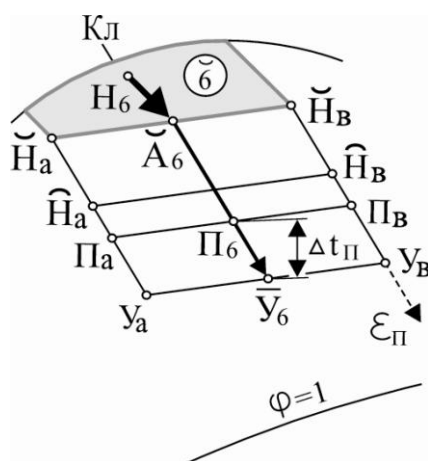


Рис. 4.7. Процесс тепловлажностной обработки воздуха для расчетной зоны $\check{6}$ при IV классе нагрузок

Вектором режима функционирования служит вектор $\check{H}_6\check{A}_6$, который является реализуемым.

Условное обозначение режима функционирования:

$$\bar{Y}_6 \supset m_{W_{ад}} m_{\check{H}}.$$

Вектор режима функционирования $\check{H}_6\check{A}_6$ совпадает с вектором процесса обработки воздуха в кондиционере (процессом адиабатного увлажнения):

$$(\cdot)\check{H}_6(m_{\check{H}}) \rightarrow m_{W_{ад}} = (\cdot)\check{A}_6(m_{\check{H}}) - \text{вектор } \check{H}_6\check{A}_6,$$

где

$$\begin{aligned} m_{W_{ад}} &= m_{\check{H}}(d_{\check{A}_6} - d_{H_6}) = m_{\check{H}}(d_{\bar{Y}_6} - d_{H_6}) - W_{\Pi} = \\ &= 0,008(6,55 - 5) = 0,008(7,18 - 5) - 0,005 = 0,0124 \text{ г/(с}\cdot\text{м}^2). \end{aligned}$$

Поскольку $t_{\check{A}_6} > t_{\Pi_6}$, где $t_{\Pi_6} = t_{\bar{Y}_6} + \Delta t_{\Pi}$, то после кондиционера должен использоваться воздух Π рециркуляции с расходом m_{R2} :

$$(\cdot)\check{A}_6(m_{\check{H}}) + (\cdot)\bar{Y}_6(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_6(m_{\Pi_6}) - \text{векторы } \check{A}_6\Pi_6 \text{ и } \bar{Y}_6\Pi_6,$$

где

$$m_{\Pi_6} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}_6} - I_{\Pi_6}} = \frac{-0,08}{40 - 42,63} = 0,0304 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{R2} = m_{\Pi_6} - m_{\check{H}} = 0,0304 - 0,008 = 0,0224 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2).$$

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_6(m_{\Pi_6}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)\bar{Y}_6 - \text{вектор } \Pi_6\bar{Y}_6.$$

Расчетная зона δ_a

Границами расчетной зоны δ_a являются изоэнтальпы $I_{\check{H}_a}$ и $I_{\hat{H}_a}$, проведенные через опорные точки \check{H}_a и \hat{H}_a , отрезок $\check{H}_a\hat{H}_a$ и линия Кл (рис. 4.8).

$(\cdot)\tilde{A}_8(m_{\tilde{H}}) + (\cdot)Y_a(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a})$ – векторы $\tilde{A}_8\Pi_a$ и $Y_a\Pi_a$,

где $m_{R2} = m_{\Pi_a} - m_{\tilde{H}} = 0,0305 - 0,009 = 0,0215$ кг/(с·м²).

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха Π рециркуляции:

$(\cdot)\Pi_a(m_{\Pi_a}) \rightarrow q_{\Pi}, W_{\Pi} = (\cdot)Y_a$ – вектор $\Pi_a Y_a$.

Расчетная зона 7

К расчетной зоне 7 относится та часть области наружного климата, которая располагается внутри четырехугольника $\check{H}_a \check{H}_B \hat{H}_B \hat{H}_a$ (рис. 4.9).

Координаты выбранной точки климата H_7 (см. рис. П. 4):

$$I_{H_7} = 50 \text{ кДж/кг}; d_{H_7} = 6,9 \text{ г/кг}.$$

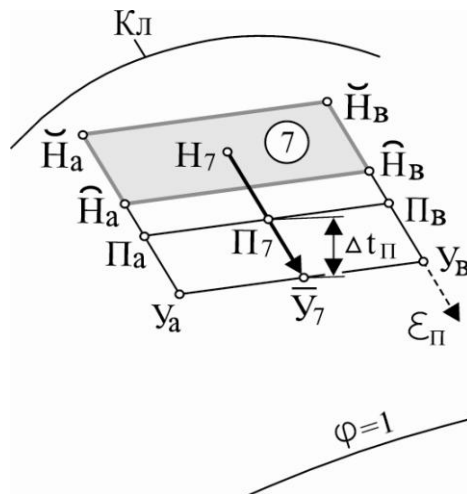


Рис. 4.9. Особенность процессов для расчетной зоны 7 при IV классе нагрузок

Режим функционирования сводится к управлению расходом наружного воздуха без его тепловлажностной обработки.

Условное обозначение режима функционирования:

$$\bar{Y}_7 \supset m_{\tilde{H}}.$$

Поскольку $t_{H7} < t_{\Pi7}$, где $t_{\Pi7} = t_{\bar{Y}7} + \Delta t_{\Pi}$, то после кондиционера должна использоваться II рециркуляция m_{R2} :

$$(\cdot)H_7(m_{\tilde{H}}) + (\cdot)\bar{Y}_7(m_{R2}) = (\cdot)\Pi_7(m_{\Pi7}) - \text{векторы } H_7\Pi_7 \text{ и } \bar{Y}_7\Pi_7,$$

где

$$m_{\tilde{H}} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}7} - I_{H7}} = \frac{-0,08}{41 - 50} = 0,0089 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{\Pi7} = \frac{q_{\Pi}}{I_{\bar{Y}7} - I_{\Pi7}} = \frac{-0,08}{41 - 43,63} = 0,0304 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2);$$

$$m_{R2} = m_{\Pi7} - m_{\tilde{H}} = 0,0304 - 0,0089 = 0,0215 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2).$$

Процесс ассимиляции тепло- (q_{Π}) и влагоизбытков (W_{Π}) в помещении после использования воздуха II рециркуляции:

$$(\cdot)\Pi_7(m_{\Pi7}) \rightarrow q_{\Pi}, \quad W_{\Pi} = (\cdot)\bar{Y}_7 - \text{вектор } \Pi_7\bar{Y}_7.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ

Фрагменты $I-d$ -диаграммы с ИТС и выбранными точками климата

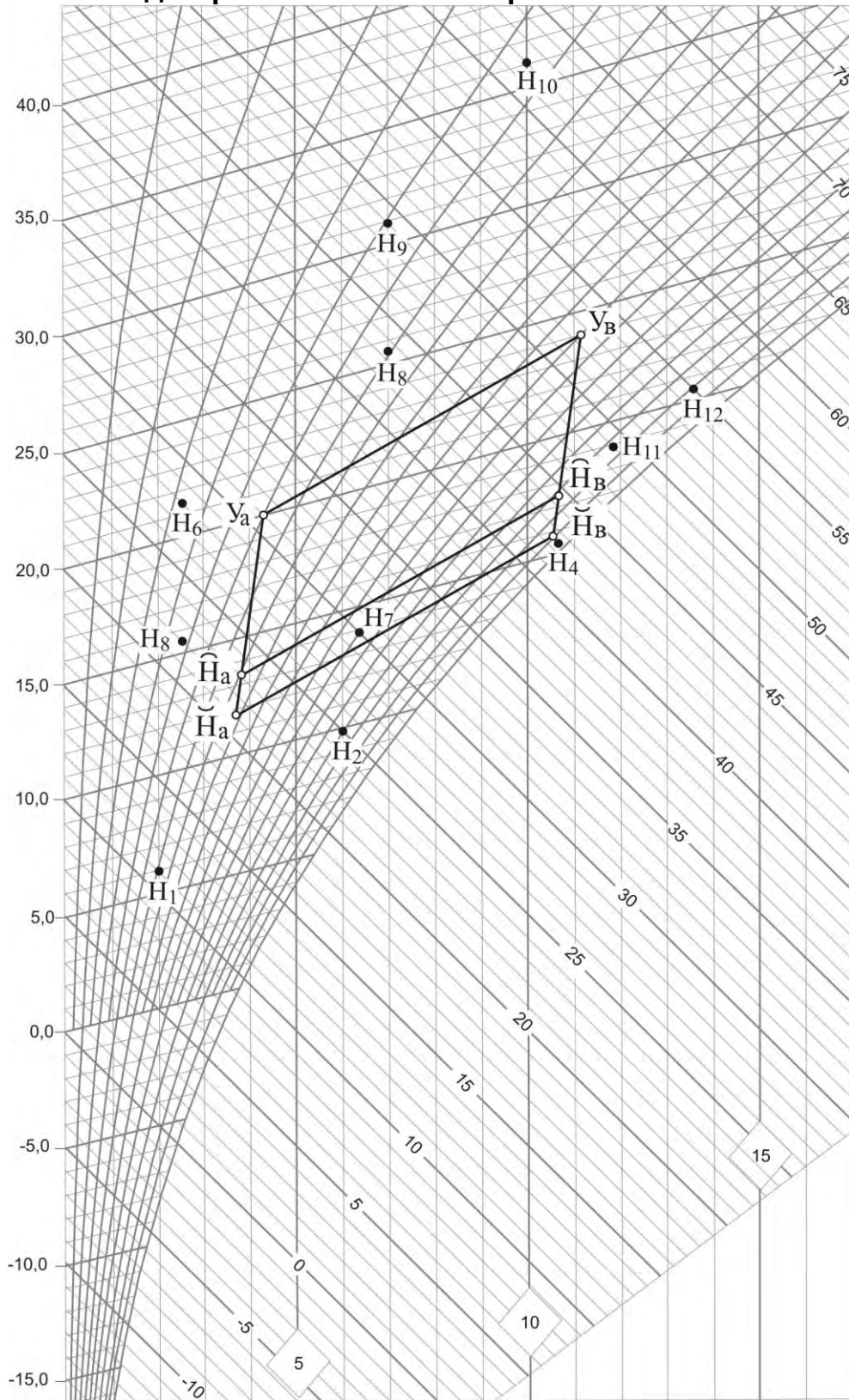


Рис. П. 1. ИТС для I класса нагрузок

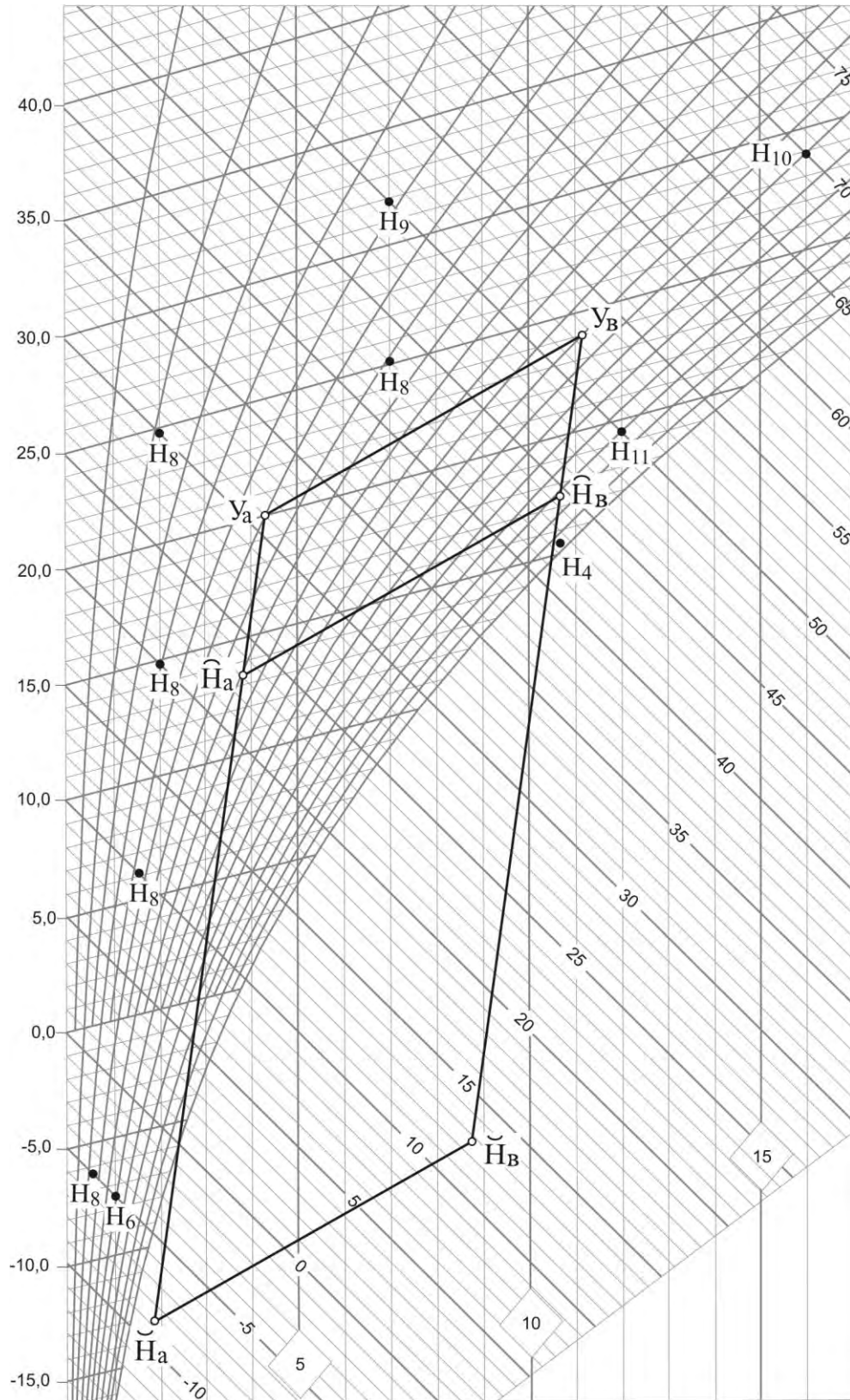


Рис. П. 2. ИТС для II класса нагрузок

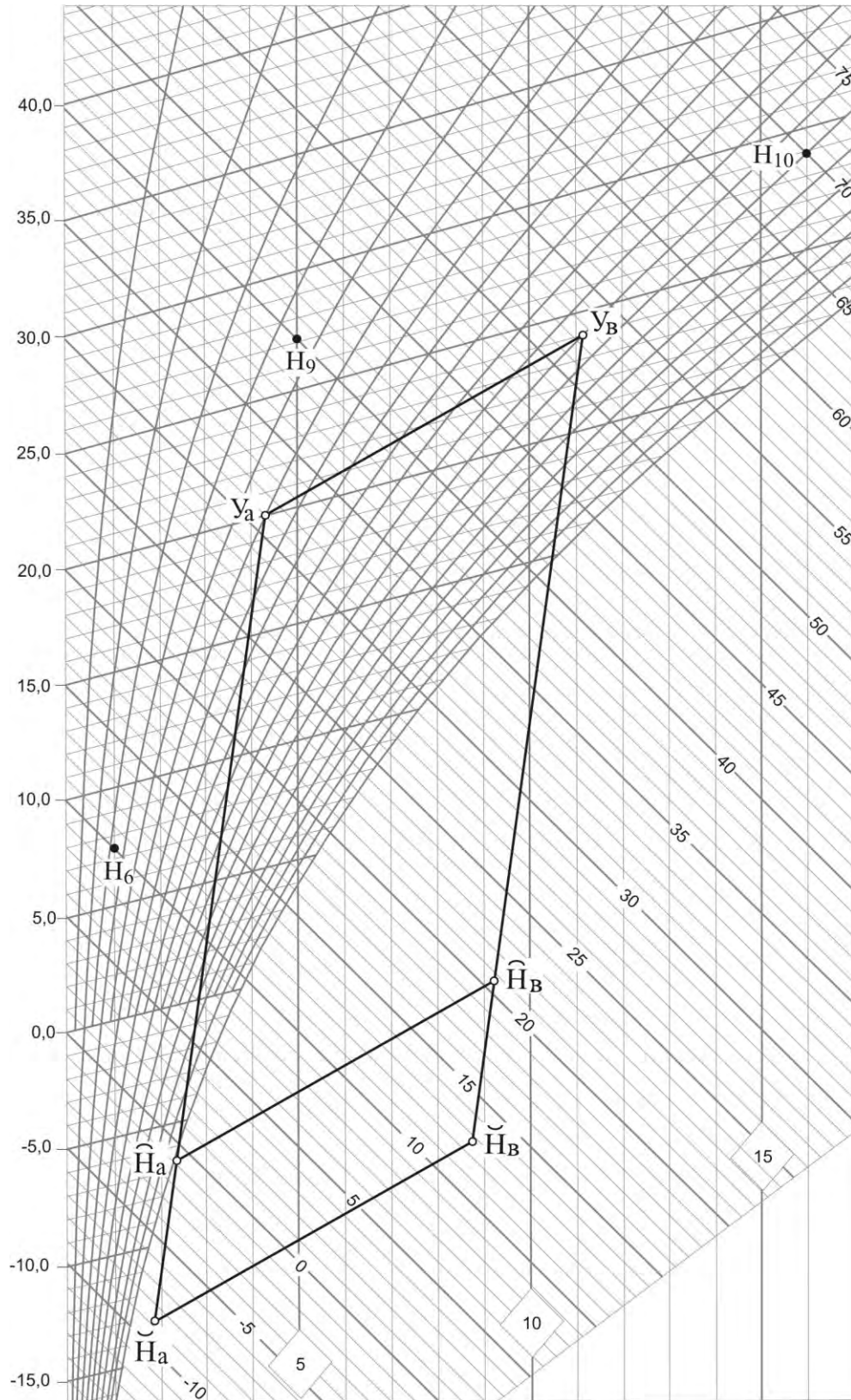


Рис. П. 3. ИТС для III класса нагрузок

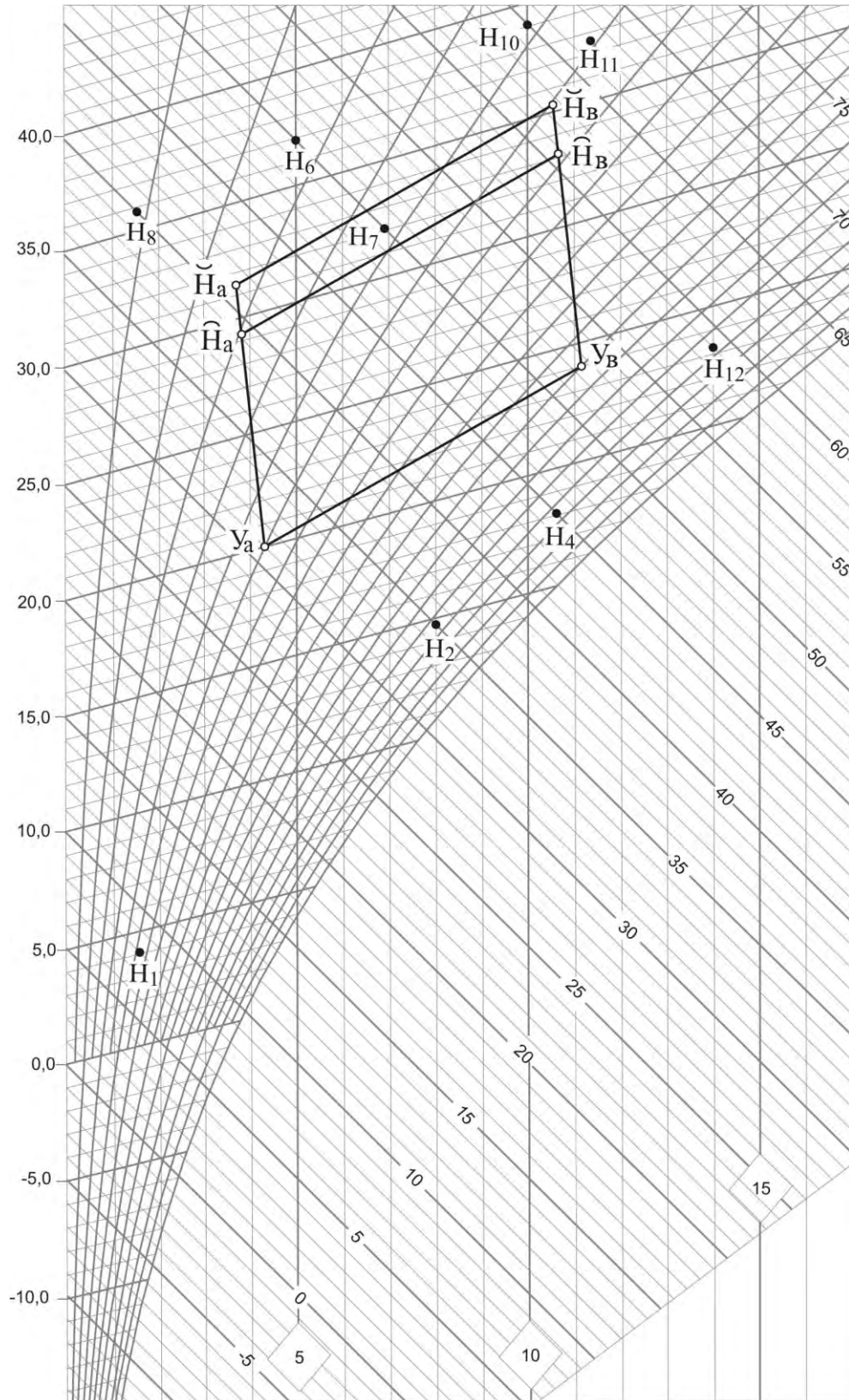


Рис. П. 4. ИТС для IV класса нагрузок

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ИТС	– исходная термодинамическая схема
РТС	– расчетная термодинамическая схема
СКВ	– система кондиционирования воздуха
q_{Π}, W_{Π}	– удельные тепло- и влагоизбытки в помещении, кВт/м ² , г/(с·м ²)
K_0	– точка, характеризующая возможное предельное состояние воздуха после его политропной обработки
Кл	– кривая, ограничивающая область наружного климата;
ε_{Π}	– угловой коэффициент луча процесса в помещении, кДж/кг
$\varepsilon_{\tilde{K}_0}, \varepsilon_{\tilde{K}_0}$	– угловые коэффициенты вспомогательных лучей процессов при расходах наружного воздуха $m_{\tilde{H}}, m_{\tilde{H}}$, соответственно, кДж/кг
t_M, I_M	– температура по мокрому термометру адиабатно увлажнения воздуха и соответствующее ей значение энтальпии, °С, кДж/кг
q_X, q_T	– удельные расходы теплоты, «холода», кВт/м ²
$m_{W_{ад}}$	– удельный расход воды, потребляемой при адиабатном увлажнении воздуха, г/(с·м ²)
m_{R1}, m_{R2}	– удельный расход воздуха I, II рециркуляции, кг/(с·м ²);
$m_{\tilde{H}}, m_{\tilde{H}}$,	
$m_{\tilde{H}}$	– удельный расход наружного воздуха: минимально-неизбежного, переменного, максимально-целесообразного, кг/(с·м ²)
$m_{\Pi_a}, m_{\tilde{\Pi}_a}$,	
$m_{\Pi_b}, m_{\tilde{\Pi}_b}$,	
m_{Π_i}	– удельный расход приточного воздуха в соответствующей точке, кг/(с·м ²)

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ СКВ ДЛЯ I КЛАССА НАГРУЗОК.....	3
1.1. Построение ИТС для I класса нагрузок.....	3
1.2. Построение РТС для I класса нагрузок	5
1.2.1. Режимы потребления теплоты.....	5
1.2.2. Режимы потребления «холода».....	10
1.2.3. Режимы потребления теплоты и «холода»	15
1.2.4. Режимы без потребления теплоты и «холода»	17
2. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ СКВ ДЛЯ II КЛАССА НАГРУЗОК.....	24
2.1. Построение ИТС для II класса нагрузок	24
2.2. Построение РТС для II класса нагрузок.....	26
2.2.1. Режимы потребления теплоты.....	26
2.2.2. Режимы потребления «холода».....	29
2.2.3. Режимы без потребления теплоты и «холода»	33
3. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ СКВ ДЛЯ III КЛАССА НАГРУЗОК.....	44
3.1. Построение ИТС для III класса нагрузок.....	45
3.2. Построение РТС для III класса нагрузок.....	45
3.2.1. Режимы потребления теплоты.....	45
3.2.2. Режимы потребления «холода».....	46
3.2.3. Режимы без потребления теплоты и «холода»	48
4. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ СКВ ДЛЯ IV КЛАССА НАГРУЗОК.....	50
Исходные данные.....	50
4.1. Построение ИТС для IV класса нагрузок.....	51
4.2. Построение РТС для IV класса нагрузок	52
4.2.1. Режимы потребления теплоты.....	52
4.2.2. Режимы потребления «холода».....	57
4.2.3. Режимы потребления теплоты и «холода»	60
4.2.4. Режимы без потребления теплоты и «холода»	62
ПРИЛОЖЕНИЕ	67
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	71

Миссия университета – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



Институт холода и биотехнологий является преемником Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНиПТ), который в ходе реорганизации (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 2209 от 17 августа 2011г.) в январе 2012 года был присоединен к Санкт-Петербургскому национальному исследовательскому университету информационных технологий, механики и оптики.

Созданный 31 мая 1931года институт стал крупнейшим образовательным и научным центром, одним из ведущих вузов страны в области холодильной, криогенной техники, технологий и в экономике пищевых производств.

За годы существования вуза сформировались известные во всем мире научные и педагогические школы. В настоящее время фундаментальные и прикладные исследования проводятся по 20 основным научным направлениям: научные основы холодильных машин и термотрансформаторов; повышение эффективности холодильных установок; газодинамика и компрессоростроение; совершенствование процессов, машин и аппаратов криогенной техники; теплофизика; теплофизическое приборостроение;

машины, аппараты и системы кондиционирования; хладостойкие стали; проблемы прочности при низких температурах; твердотельные преобразователи энергии; холодильная обработка и хранение пищевых продуктов; тепломассоперенос в пищевой промышленности; технология молока и молочных продуктов; физико-химические, биохимические и микробиологические основы переработки пищевого сырья; пищевая технология продуктов из растительного сырья; физико-химическая механика и тепло-и массообмен; методы управления технологическими процессами; техника пищевых производств и торговли; промышленная экология; от экологической теории к практике инновационного управления предприятием.

На предприятиях холодильной, пищевых отраслей реализовано около тысячи крупных проектов, разработанных учеными и преподавателями института.

Ежегодно проводятся международные научные конференции, семинары, конференции научно-технического творчества молодежи.

Издаются научно-теоретический журнал «Вестник Международной академии холода» и Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование», Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент».

В вузе ведется подготовка кадров высшей квалификации в аспирантуре и докторантуре.

Действуют два диссертационных совета, которые принимают к защите докторские и кандидатские диссертации.

Вуз является активным участником мирового рынка образовательных и научных услуг.

www.ifmo.ru

ihbt.ifmo.ru

Коченков Николай Викторович

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Часть 1

Системы кондиционирования с адиабатным увлажнением воздуха

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Титульный редактор
Е.О. Трусова

Компьютерная верстка
Д.Е. Мышковский

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

*Печатается
в авторской редакции*

Подписано в печать 29.05.2015. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 4,42. Печ. л. 4,75. Уч.-изд. л. 4,5
Тираж 50 экз. Заказ № С 40

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Издательско-информационный комплекс
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9