

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
УКРАЇНИ**

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**Піщанська Н.О.**

**Розрахунок політропічних процесів  
обробки повітря водою за допомогою  
методу оптимальних режимів**

**Методичні вказівки до самостійної роботи**

**Одеса, 2018**

УДК 621.565

**Піщанська Н.О.** Розрахунок політропічних процесів обробки повітря водою за допомогою методу оптимальних режимів. 2018. –18 с.

Методичні вказівки розроблено згідно з робочою навчальною програмою дисципліни «Кондиціонування повітря» для студентів, які навчаються за напрямом підготовки «Енергомашинобудування», спеціальності «Холодильні машини і установки» денної та заочної форми навчання.

Призначено для виконання самостійних робіт студентами денної та заочної форми навчання по закріпленню окремих тем дисципліни.

Рецензент:

Розглянуто та рекомендовано до видання на засіданні кафедри холодильних машин і установок, кондиціонування повітря

Протокол № \_\_\_\_\_ 2018 р.

Розглянуто та рекомендовано до видання на засіданні науково-методичної комісії з напряму підготовки «Енергомашинобудування»

Протокол № \_\_\_\_\_ 2018 р.

При изучении областей применения новых типов РН для увлажнения воздуха применен метод оптимальных режимов проф. А.А. Рымкевича (рис. 4.13 – 4.16), с помощью которого впервые проанализированы климатические паспорта городов Украины (Киев, Одесса, Харьков). Рассмотрены все классы тепловлажностных нагрузок помещений. Для каждой зоны наружного климата проведен сравнительный анализ исходной ТДМ СКВ с условиями выполнения ранжировок РА-2 и РА-3, по минимизации  $G_n$  и  $G_{жс}$ , соответственно. При этом весь наружный климат условно разделен на две зоны: в первой расход воды сведен к минимуму, во второй возможно получение дополнительного количества влаги из атмосферного воздуха [13, 37, 49].

Предложенный раздел общей области наружного климата, которая по данным климатического паспорта города в  $t, h$ - диаграмме имеет определенные границы, на две: в первой расход воды может быть сведен практически к минимуму при условии проведения соответствующего политропного процесса при  $\overline{\Delta d} = d_n - d_n < 0$ , а во второй возможно получение дополнительной влаги из атмосферного воздуха при  $\overline{\Delta d} > 0$ . Граница вышеуказанных условных подобластей наружного воздуха определяется величиной влагосодержания приточного воздуха:

$$d_n = d_e - \frac{Q_n}{\varepsilon \cdot G_n}, \quad (1)$$

где  $G_n, G_n$  – расход, соответственно, приточного и наружного воздуха, кг/с;  $d_n$  и  $d_e$  – влагосодержание, соответственно, наружного и внутреннего воздуха,;  $Q_n$  – полная тепловая нагрузка помещения, кВт;  $\varepsilon = Q_n / W_n$  – тепловлажностная нагрузка помещения, кДж/кг;  $W_n$  – полная влажностная нагрузка помещения, кг/с.

Для первого класса нагрузок обработка наружного климата заключается в осуществлении процессов для исходного и конкурирующего варианта, показанных на рис. 4.13.

Зона 1: обеспечивается режим вектора  $H_1 M_{1A}$ .

Для опорного варианта выполняется режим  $P(Q_m, W, G_{hmin})$ :

$$(\bullet)H_I \rightarrow Q_m = (\bullet)K_I \rightarrow W = (\bullet)M_{IA} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $H_I K_I$ ) составляют:

$$Q_m = G_{hmin} \cdot (h_{K_I} - h_{H_I}) = G_{hmin} \cdot C_v \cdot (t_{K_I} - t_{H_I}), \text{ кВт.} \quad (2)$$

Затраты холода и воды:

$$Q_{xI} = G_{hmin} \cdot C_v \cdot (t_{K_I} - t_{MIA}) = G_{hmin} \cdot (d_{MIA} - d_{K_I}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт,} \quad (3)$$

$$W_I = G_{hmin} \cdot (d_{MIA} - d_{K_I}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (4)$$

Для альтернативного варианта  $P(W, Q_m, G_{hmin})$ :

$$(\bullet)H_I \rightarrow W = (\bullet)K_I^* \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{IA} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты воды такие же, что и в опорном варианте, но затраты холода меньше:

$$W_I = G_{hmin} \cdot (d_{K_I^*} - d_{H_I}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с,} \quad (5)$$

$$Q_{xI} = G_{hmin} \cdot C_v \cdot (t_{H_I} - t_{K_I^*}) = G_{hmin} \cdot (d_{K_I^*} - d_{H_I}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (6)$$

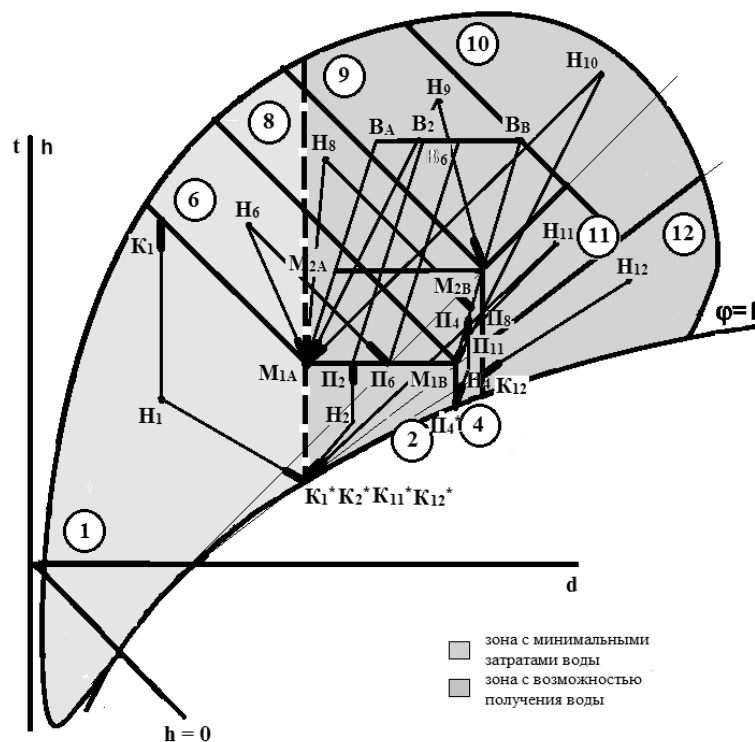


Рис. 4.13 – ТДМ СКВ обработки воздуха водой, первый класс нагрузок  
затраты теплоты на нагрев (вектор  $H_I M_{IA}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{hmin} \cdot (h_{MIA} - h_{K_I^*}) = G_{hmin} \cdot C_v \cdot (t_{MIA} - t_{K_I^*}), \text{ кВт.} \quad (7)$$

Зона 2: обеспечивается режим вектора  $H_2 \Pi_2$ .

Для опорного варианта выполняется режим  $P(Q_m, G_{hmin})$ :

$$(\bullet)H_2 \rightarrow Q_m = (\bullet)П_2 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_2$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $H_2П_2$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{П_2} - h_{H_2}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{П_2} - t_{H_2}), \text{ кВт.} \quad (8)$$

Для альтернативного варианта вектор режима  $H_2M_{1A}$ ,  $P(W, Q_m, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_2 \rightarrow W = (\bullet)K_2^* \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1A} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты воды такие же, что и в опорном варианте, но затраты холода меньше:

$$W_2 = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{H_2} - d_{K_2^*}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с,} \quad (9)$$

$$Q_{x2} = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{H_2} - t_{K_2^*}) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{H_2} - d_{K_2^*}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (10)$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $K_2^*M_{1A}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{M_{1A}} - h_{K_2^*}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{M_{1A}} - t_{K_2^*}), \text{ кВт.} \quad (11)$$

Зона 4: обеспечивается режим вектора  $H_4П_4$ .

Для опорного варианта выполняется режим  $P(Q_m, G_{\text{нvar}})$ :

$$(\bullet)H_4 \rightarrow Q_m = (\bullet)П_4 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $H_4K_4$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нvar}} \cdot (h_{П_4} - h_{H_4}) = G_{\text{нvar}} \cdot C_6 \cdot (t_{П_4} - t_{H_4}), \text{ кВт.} \quad (12)$$

Для альтернативного варианта вектор режима  $H_4M_{1B}$ ,  $P(W, Q_m, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_4 \rightarrow W = (\bullet)K_4^* \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1B} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты воды такие же, что и в опорном варианте, но затраты холода меньше:

$$W_4 = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{H_4} - d_{K_4^*}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с,} \quad (13)$$

$$Q_{x4} = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{H_4} - t_{K_4^*}) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{H_4} - d_{K_4^*}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (14)$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $K_4^*M_{1B}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{M_{1B}} - h_{K_4^*}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{M_{1B}} - t_{K_4^*}), \text{ кВт.} \quad (15)$$

Зона 6: обеспечивается режим вектора  $H_6П_6$ .

Для опорного варианта выполняется режим  $P(W, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_6 \rightarrow W = (\bullet)П_6 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_6$$

Затраты холода и воды:

$$Q_{x6} = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{H_6} - t_{П_6}) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{П_6} - d_{H_6}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт,} \quad (16)$$

$$W_6 = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{П_6} - d_{H_6}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (17)$$

Для альтернативного варианта вектор режима  $H_6M_{1A}$ ,  $P(W, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_6 \rightarrow W = (\bullet)M_{1A} \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1A} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты воды и холода:

$$W_6 = G_{\min} \cdot (d_{M1A} - d_{H6}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}, \quad (18)$$

$$Q_{x6} = G_{\min} \cdot C_6 \cdot (t_{H6} - t_{M1A}) = G_{\min} \cdot (d_{M1A} - d_{H6}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}. \quad (19)$$

Зона 8: обеспечивается режим вектора  $H_8\Pi_8$ .

Для опорного варианта выполняется режим  $P(W, G_{\text{hvar}})$ :

$$(\bullet)H_8 \rightarrow W = (\bullet)\Pi_8 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода и воды:

$$Q_{x8} = G_{\text{hvar}} \cdot C_6 \cdot (t_{H8} - t_{\Pi8}) = G_{\text{hvar}} \cdot (d_{\Pi8} - d_{H8}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (20)$$

$$W_8 = G_{\text{hvar}} \cdot (d_{\Pi8} - d_{H8}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}. \quad (21)$$

Для альтернативного варианта вектор режима  $H_8M_{1A}$ ,  $P(W, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_8 \rightarrow W = (\bullet)M_{1A} \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1A} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты воды и холода:

$$W_8 = G_{\min} \cdot (d_{H8} - d_{M1A}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}, \quad (22)$$

$$Q_{x8} = G_{\min} \cdot C_6 \cdot (t_{H8} - t_{M1A}) = G_{\min} \cdot (d_{H8} - d_{M1A}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}. \quad (23)$$

Зона 9: векторы режимов различны.

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_9M_{2B}$ ,

$P(Q_x, G_{\text{hmax}})$ :

$$(\bullet)H_9 \rightarrow Q_x = (\bullet)M_{2B} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода:

$$Q_{x9} = G_{\text{hmax}} \cdot C_6 \cdot (t_{H9} - t_{M2B}) = G_{\text{hmax}} \cdot (d_{M2B} - d_{H9}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}. \quad (24)$$

Для альтернативного варианта режим вектора  $H_9M_{1A}$ ,  $P(Q_x, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_9 \rightarrow Q_{xw} = (\bullet)M_{1A} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты холода:

$$Q_{xw} = G_{\min} \cdot C_6 \cdot (t_{H9} - t_{M1A}) = G_{\min} \cdot (d_{H9} - d_{M1A}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}. \quad (25)$$

Вода в альтернативном варианте не затрачивается, а приобретается:

$$W_9 = G_{\min} \cdot (d_{H9} - d_{M1A}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}. \quad (26)$$

Зона 10:

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_{10}M_{1B}$ , который обеспечивается режимом  $P(Q_x, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_{10} \rightarrow Q_x = (\bullet)M_{1B} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода:

$$Q_{x10} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{H10} - t_{M1B}) = G_{\max} \cdot (d_{H10} - d_{M1B}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (27)$$

Для альтернативного варианта режим вектора  $H_{10}M_{1A}$ ,  $P(Q_x, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_{10} \rightarrow Q_{xw} = (\bullet)M_{1A} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты холода:

$$Q_{xw} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{H10} - t_{M1A}) = G_{\min} \cdot (d_{H10} - d_{M1A}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (28)$$

Вода в альтернативном варианте не затрачивается, а приобретается:

$$W_{10} = G_{\min} \cdot (d_{H10} - d_{M1A}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (29)$$

Зона 11:

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_{11}П_{11}$ ,  $P(Q_x, G_{\text{нvar}})$ :

$$(\bullet)H_{11} \rightarrow Q_x = (\bullet)П_{11} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

$$Q_{x11} = G_{\text{нvar}} \cdot C_v \cdot (t_{H11} - t_{П11}) = G_{\text{нvar}} \cdot (d_{H11} - d_{П11}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (30)$$

Для альтернативного варианта режим вектора  $H_{11}M_{1B}$ ,  $P(Q_x, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_{11} \rightarrow Q_{xw} = (\bullet)M_{1B} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода:

$$Q_{xw} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{H11} - t_{M1B}) = G_{\min} \cdot (d_{H11} - d_{M1B}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (31)$$

Вода в альтернативном варианте не затрачивается, а приобретается:

$$W_{11} = G_{\min} \cdot (d_{H11} - d_{M1B}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (32)$$

Зона 12:

Для опорного варианта целесообразно обеспечивать вектор режима

$H_{12}M_{1B}$ ,  $P(Q_x, Q_m, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_{12} \rightarrow Q_x = (\bullet)K_{12} \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1B} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода:

$$Q_{x12} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{H12} - t_{K12}) = G_{\min} \cdot (d_{H12} - d_{K12}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (33)$$

Количество приобретенной влаги:

$$W_{12} = G_{\min} \cdot (d_{H12} - d_{K12}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (34)$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $K_{12}M_{1B}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{M_{1B}} - h_{K_{12}}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_v \cdot (t_{M_{1B}} - t_{K_{12}}), \text{ кВт.} \quad (35)$$

Для альтернативного варианта целесообразно обеспечивать вектор режима  $H_{12}M_{1A}$ ,  $P(Q_x, Q_m, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_{12} \rightarrow Q_x = (\bullet)K_{12}^* \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1B} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты холода:

$$Q_{x12} = G_{\text{нmin}} \cdot C_v \cdot (t_{H_{12}} - t_{K_{12}^*}) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{H_{12}} - d_{K_{12}^*}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (36)$$

Количество приобретенной влаги:

$$W_{12} = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{H_{12}} - d_{K_{12}^*}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (37)$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $K_{12}M_{1A}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{M_{1A}} - h_{K_{12}^*}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_v \cdot (t_{M_{1A}} - t_{K_{12}^*}), \text{ кВт.} \quad (38)$$

Рассмотрим условия обработки наружного воздуха для второго класса нагрузок (рис. 4.14). Альтернативную ТДМ СКВ с использованием РН и отвечающую выполнению условиям ранжировок РА-2 (минимизация расхода приточного воздуха  $G_n$ ) и РА-3 (минимизация затрат воды  $G_w$ ) сопоставим опорному варианту ТДМ СКВ с условиями базовой обработки воздуха и затратами на  $Q_m$ ,  $Q_x$ ,  $G_w$ ,  $G_n$ .

Зона  $1R$ : обеспечивается режим вектора  $H_1M_{1A}$ .

Для опорного варианта выполняется режим  $P(Q_m, W, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_1 \rightarrow Q_m = (\bullet)H_{1m} \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_1 \rightarrow W = (\bullet)П_1 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $H_1H_{1m}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{H_{1m}} - h_{H_1}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_v \cdot (t_{H_{1m}} - t_{H_1}), \text{ кВт.} \quad (39)$$

Затраты холода и воды:

$$Q_{x1} = G_{\text{нmin}} \cdot C_v \cdot (t_{C_1} - t_{П_1}) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{П_1} - d_{C_1}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт,} \quad (40)$$

$$W_1 = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{П_1} - d_{C_1}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (41)$$



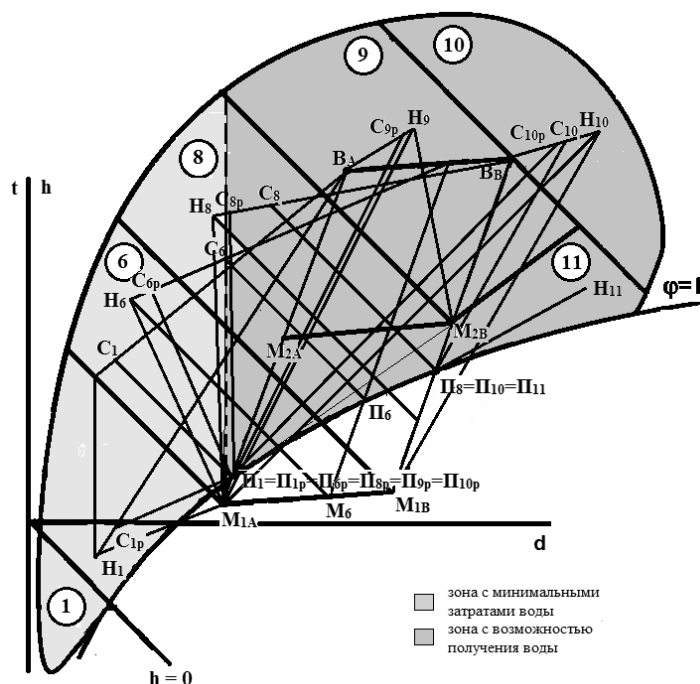


Рис. 4.14 – ТДМ СКВ обработки воздуха водой, второй класс нагрузок

Для альтернативного варианта  $P(W, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_1 \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_{1p} \rightarrow W = (\bullet)\Pi_1 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты на предварительный нагрев отсутствуют, затраты воды такие же, что и в опорном варианте, но затраты холода меньше:

$$W_1 = G_{\min} \cdot (d_{\Pi 1} - d_{C_{1p}}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}, \quad (42)$$

$$Q_{x1} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{C_{1p}} - t_{\Pi 1}) = G_{\min} \cdot (d_{\Pi 1} - d_{C_{1p}}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}. \quad (43)$$

Зона 6R:

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_6 M_6, P(W, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_6 \rightarrow (\bullet)B_6 = (\bullet)C_6 \rightarrow W = (\bullet)\Pi_6 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_6$$

Затраты холода и воды:

$$Q_{x6} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{C_6} - t_{\Pi 6}) = G_{\min} \cdot (d_{\Pi 6} - d_{C_6}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (44)$$

$$W_6 = G_{\min} \cdot (d_{\Pi 6} - d_{C_6}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}. \quad (45)$$

Для альтернативного варианта режиму вектора  $H_6 M_{1A}$  соответствует

$P(W, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_6 \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_{6p} \rightarrow W = (\bullet)\Pi_{6p} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты воды в альтернативном варианте меньше, чем в опорном:

$$Q_{x6} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{C_{6p}} - t_{\Pi_{6p}}) = G_{\min} \cdot (d_{\Pi_{6p}} - d_{C_{6p}}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (46)$$

$$W_1 = G_{\min} \cdot (d_{\Pi 6p} - d_{C6p}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (47)$$

Зона 8R:

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_8M_8, P(W, G_{\text{нvar}})$ :

$$(\bullet)H_8 \rightarrow (\bullet)B_B = (\bullet)C_8 \rightarrow W = (\bullet)П_8 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода и воды:

$$Q_{x8} = G_{\text{нvar}} \cdot C_v \cdot (t_{C8} - t_{\Pi 8}) = G_{\text{нvar}} \cdot (d_{\Pi 8} - d_{C8}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт,} \quad (48)$$

$$W_8 = G_{\text{нvar}} \cdot (d_{\Pi 8} - d_{C8}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (49)$$

Для альтернативного варианта режим вектора  $H_8M_{1A}, P(Q_x, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_8 \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_{8p} \rightarrow Q_{xw} = (\bullet)П_{8p} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты холода:

$$Q_{xw} = G_{\text{нmin}} \cdot C_v \cdot (t_{C8p} - t_{\Pi 8p}) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{C8p} - d_{\Pi 8p}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (50)$$

Вода в альтернативном варианте не затрачивается, а приобретается из атмосферного воздуха:

$$W_8 = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{C8p} - d_{\Pi 8p}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (51)$$

Зона 9 для опорного и 9R для альтернативного вариантов.

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_9M_{2B},$

$P(Q_x, G_{\text{нmax}})$ :

$$(\bullet)H_9 \rightarrow Q_x = (\bullet)M_{2B} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода:

$$Q_{x9} = G_{\text{нmax}} \cdot C_v \cdot (t_{H9} - t_{M2B}) = G_{\text{нmax}} \cdot (d_{M2B} - d_{H9}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (52)$$

Для альтернативного варианта режим вектора  $H_9M_{1A}, P(Q_x, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_9 \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_{9p} \rightarrow Q_{xw} = (\bullet)П_{9p} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты холода:

$$Q_{xw} = G_{\text{нmin}} \cdot C_v \cdot (t_{C9p} - t_{\Pi 9p}) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{C9p} - d_{\Pi 9p}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (53)$$

Вода в альтернативном варианте не затрачивается, а приобретается:

$$W_9 = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{C9p} - d_{\Pi 9p}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (54)$$

Зона 10R.

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_{10}M_{1B}$ ,

$P(Q_x, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_{10} \rightarrow (\bullet)B_B = (\bullet)C_{10} \rightarrow Q_x = (\bullet)П_{10} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода:

$$Q_{x10} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{C10} - t_{П10}) = G_{\max} \cdot (d_{C10} - d_{П10}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (55)$$

Для альтернативного варианта режим вектора  $H_{10}M_{1A}$ ,  $P(Q_x, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_{10} \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_{10p} \rightarrow Q_{xw} = (\bullet)П_{10p} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты холода:

$$Q_{xw} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{C10p} - t_{П10p}) = G_{\min} \cdot (d_{C10p} - d_{П10p}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (56)$$

Вода в альтернативном варианте не затрачивается, а приобретается:

$$W_{10} = G_{\min} \cdot (d_{C10p} - d_{П10p}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (57)$$

Зона  $II$  для опорного и  $II R$  для альтернативного вариантов.

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_{11}П_{11}$ ,  $P(Q_x, G_{\text{нvar}})$ :

$$(\bullet)H_{11} \rightarrow Q_x = (\bullet)П_{11} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

$$Q_{x11} = G_{\text{нvar}} \cdot C_v \cdot (t_{H11} - t_{П11}) = G_{\text{нvar}} \cdot (d_{H11} - d_{П11}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (58)$$

Для альтернативного варианта режим вектора  $H_{11}M_{1A}$ ,  $P(Q_x, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_{11} \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_{11p} \rightarrow Q_{xw} = (\bullet)П_{11p} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты холода:

$$Q_{xw} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{C11p} - t_{П11p}) = G_{\min} \cdot (d_{C11p} - d_{П11p}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (59)$$

Вода в альтернативном варианте не затрачивается, а приобретается:

$$W_{11} = G_{\min} \cdot (d_{C11p} - d_{П11p}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (60)$$

Аналогичный анализ следует провести для ТДМ СКВ III-его класса нагрузок (рис. 4.15).

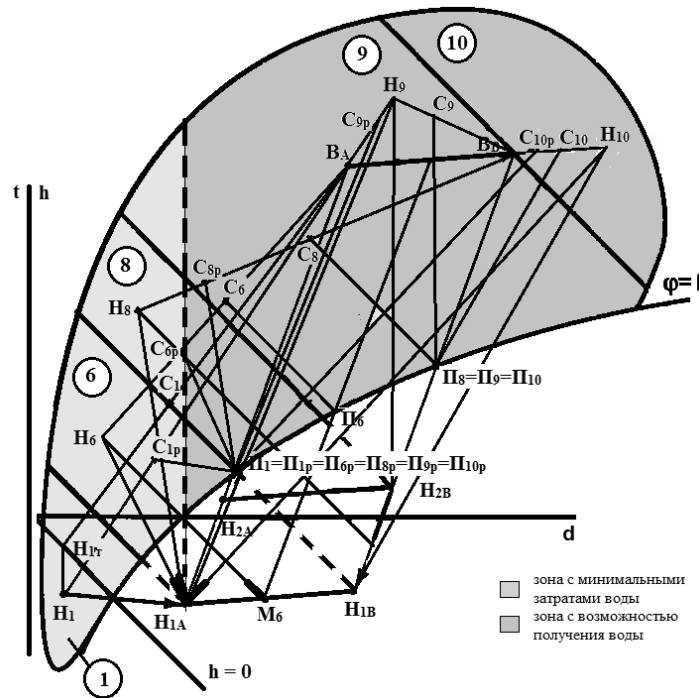


Рис. 4.15 – ТДМ СКВ обработки воздуха водой, третий класс нагрузок

Зона 1R: обеспечивается режим вектора  $H_1M_{1A}$ .

Для опорного варианта выполняется режим  $P(Q_m, W, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_1 \rightarrow Q_m = (\bullet)H_{1m} \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_1 \rightarrow W = (\bullet)П_1 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $H_1H_{1m}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\min} \cdot (h_{H_{1m}} - h_{H_1}) = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{H_{1m}} - t_{H_1}), \text{ кВт.} \quad (61)$$

Затраты холода и воды:

$$Q_{x1} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{C_1} - t_{П_1}) = G_{\min} \cdot (d_{П_1} - d_{C_1}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт,} \quad (62)$$

$$W_1 = G_{\min} \cdot (d_{П_1} - d_{C_1}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (63)$$

Для альтернативного варианта  $P(W, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_1 \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_{1p} \rightarrow W = (\bullet)П_1 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты на предварительный нагрев отсутствуют, затраты воды такие же, что и в опорном варианте, но затраты холода меньше:

$$W_1 = G_{\min} \cdot (d_{П_1} - d_{C_{1p}}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с,} \quad (64)$$

$$Q_{x1} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{C_{1p}} - t_{П_1}) = G_{\min} \cdot (d_{П_1} - d_{C_{1p}}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (65)$$

Зона 6R:

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_6M_6, P(W, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_6 \rightarrow (\bullet)B_6 = (\bullet)C_6 \rightarrow W = (\bullet)П_6 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_6$$

Затраты холода и воды:

$$Q_{x6} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{C6} - t_{П6}) = G_{\min} \cdot (d_{П6} - d_{C6}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (66)$$

$$W_6 = G_{\min} \cdot (d_{П6} - d_{C6}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}. \quad (67)$$

Для альтернативного варианта режиму вектора  $H_6M_{1A}$  соответствует  $P(W, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_6 \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_{6p} \rightarrow W = (\bullet)П_{6p} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты воды в альтернативном варианте меньше, чем в опорном:

$$Q_{x6} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{C6p} - t_{П6p}) = G_{\min} \cdot (d_{П6p} - d_{C6p}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (68)$$

$$W_1 = G_{\min} \cdot (d_{П6p} - d_{C6p}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}. \quad (69)$$

Зона 8R:

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_8M_8, P(W, G_{\text{нvar}})$ :

$$(\bullet)H_8 \rightarrow (\bullet)B_B = (\bullet)C_8 \rightarrow W = (\bullet)П_8 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода и воды:

$$Q_{x8} = G_{\text{нvar}} \cdot C_v \cdot (t_{C8} - t_{П8}) = G_{\text{нvar}} \cdot (d_{П8} - d_{C8}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (70)$$

$$W_8 = G_{\text{нvar}} \cdot (d_{П8} - d_{C8}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}. \quad (71)$$

Для альтернативного варианта режим вектора  $H_8M_{1A}, P(Q_x, G_{\min})$ :

$$(\bullet)H_8 \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_{8p} \rightarrow Q_{xw} = (\bullet)П_{8p} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты холода:

$$Q_{xw} = G_{\min} \cdot C_v \cdot (t_{C8p} - t_{П8p}) = G_{\min} \cdot (d_{C8p} - d_{П8p}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}. \quad (72)$$

Вода в альтернативном варианте не затрачивается, а приобретает из атмосферного воздуха:

$$W_8 = G_{\min} \cdot (d_{C8p} - d_{П8p}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}. \quad (73)$$

Зона 9R:

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_9M_{2B},$

$P(Q_x, G_{\text{нmax}})$ :

$$(\bullet)H_9 \rightarrow (\bullet)B_B = (\bullet)C_9 \rightarrow Q_x = (\bullet)M_{2B} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода:

$$Q_{x9} = G_{нmax} \cdot C_{\epsilon} \cdot (t_{C9} - t_{П9}) = G_{нmax} \cdot (d_{П9} - d_{C9}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (74)$$

Для альтернативного варианта режим вектора  $H_9M_{1A}$ ,  $P(Q_x, G_{нmin})$ :

$$(\bullet)H_9 \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_{9p} \rightarrow Q_{xw} = (\bullet)П_{9p} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты холода:

$$Q_{xw} = G_{нmin} \cdot C_{\epsilon} \cdot (t_{C9p} - t_{П9p}) = G_{нmin} \cdot (d_{C9p} - d_{П9p}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (75)$$

Вода в альтернативном варианте не затрачивается, а приобретается:

$$W_9 = G_{нmin} \cdot (d_{C9p} - d_{П9p}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (76)$$

Зона  $10R$ :

Для опорного варианта выполняется вектор режима  $H_{10}M_{1B}$ ,

$P(Q_x, G_{нmin})$ :

$$(\bullet)H_{10} \rightarrow (\bullet)B_B = (\bullet)C_{10} \rightarrow Q_x = (\bullet)П_{10} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода:

$$Q_{x10} = G_{нmin} \cdot C_{\epsilon} \cdot (t_{C10} - t_{M2B}) = G_{нmax} \cdot (d_{C10} - d_{M2B}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (77)$$

Для альтернативного варианта режим вектора  $H_{10}M_{1A}$ ,  $P(Q_x, G_{нmin})$ :

$$(\bullet)H_{10} \rightarrow (\bullet)B_A = (\bullet)C_{10p} \rightarrow Q_{xw} = (\bullet)П_{10p} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты холода:

$$Q_{xw} = G_{нmin} \cdot C_{\epsilon} \cdot (t_{C10p} - t_{П10p}) = G_{нmin} \cdot (d_{C10p} - d_{П10p}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (78)$$

Вода в альтернативном варианте не затрачивается, а приобретается:

$$W_{10} = G_{нmin} \cdot (d_{C10p} - d_{П10p}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (79)$$

Для IV-ого класса нагрузок, где должны быть рассмотрены зоны 1, 2, 3, 4 и 12, ситуация аналогичная первому классу (рис. 4.16):

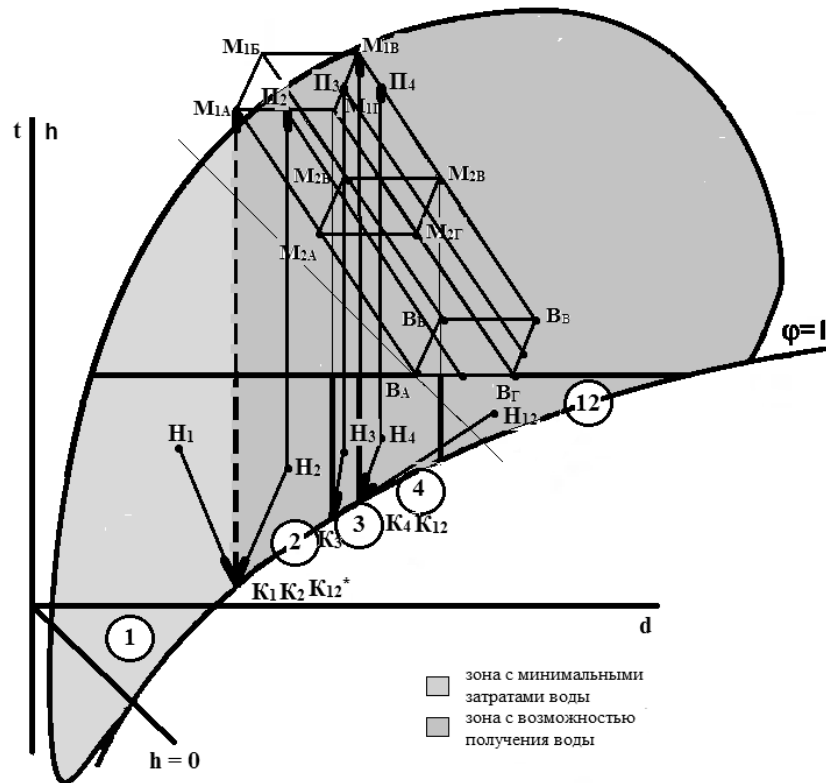


Рис. 4.16 – ТДМ СКВ обработки воздуха водой, четвертый класс нагрузок

Зона 1: обеспечивается одинаковый режим вектора  $H_1M_{1A}$  для опорного и альтернативного вариантов,  $P(W, Q_m, G_{nmin})$ :

$$(\bullet)H_1 \rightarrow W = (\bullet)K_1 \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1A} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты воды и холода:

$$W_1 = G_{nmin} \cdot (d_{K1} - d_{H1}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с}, \quad (80)$$

$$Q_{x1} = G_{nmin} \cdot C_v \cdot (t_{H1} - t_{K1}) = G_{nmin} \cdot (d_{K1} - d_{H1}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}. \quad (81)$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $K_1M_{1A}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{nmin} \cdot (h_{M1A} - h_{K1}) = G_{nmin} \cdot C_v \cdot (t_{M1A} - t_{K1}), \text{ кВт}. \quad (82)$$

Зона 2: обеспечивается режим вектора  $H_2\Pi_2$ .

Для опорного варианта выполняется режим  $P(Q_m, G_{nmin})$ :

$$(\bullet)H_2 \rightarrow Q_m = (\bullet)\Pi_2 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_2$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $H_2\Pi_2$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{\text{П2}} - h_{\text{H2}}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{\text{П2}} - t_{\text{H2}}), \text{ кВт.} \quad (83)$$

Для альтернативного варианта вектор режима  $H_2M_{1A}, P(W, Q_m, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_2 \rightarrow W = (\bullet)K_2 \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1A} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты воды такие же, что и в опорном варианте, но затраты холода меньше:

$$W_2 = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{\text{H2}} - d_{\text{K2}}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с,} \quad (84)$$

$$Q_{x2} = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{\text{H2}} - t_{\text{K2}}) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{\text{H2}} - d_{\text{K2}}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (85)$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $K_2M_{1A}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{\text{M1A}} - h_{\text{K2}}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{\text{M1A}} - t_{\text{K2}}), \text{ кВт.} \quad (86)$$

Зона 3: обеспечивается режим вектора  $H_3П_3$ .

Для опорного варианта выполняется режим  $P(Q_m, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_3 \rightarrow Q_m = (\bullet)П_3 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_3$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $H_3П_3$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{\text{П3}} - h_{\text{H3}}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{\text{П3}} - t_{\text{H3}}), \text{ кВт.} \quad (87)$$

Для альтернативного варианта вектор режима  $H_3M_{1Г}, P(W, Q_m, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_3 \rightarrow W = (\bullet)K_3 \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1Г} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_Г$$

Затраты воды такие же, что и в опорном варианте, но затраты холода меньше:

$$W_3 = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{\text{H3}} - d_{\text{K3}}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с,} \quad (88)$$

$$Q_{x3} = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{\text{H3}} - t_{\text{K3}}) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{\text{H3}} - d_{\text{K3}}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (89)$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $K_3M_{1Г}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{\text{M1Г}} - h_{\text{K3}}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{\text{M1Г}} - t_{\text{K3}}), \text{ кВт.} \quad (90)$$

Зона 4: обеспечивается режим вектора  $H_4П_4$ .

Для опорного варианта выполняется режим  $P(Q_m, G_{\text{нvar}})$ :

$$(\bullet)H_4 \rightarrow Q_m = (\bullet)П_4 \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_4$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $H_4П_4$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нvar}} \cdot (h_{\text{П4}} - h_{\text{H4}}) = G_{\text{нvar}} \cdot C_6 \cdot (t_{\text{П4}} - t_{\text{H4}}), \text{ кВт.} \quad (91)$$

Для альтернативного варианта вектор режима  $H_4M_{1B}, P(W, Q_m, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_4 \rightarrow W = (\bullet)K_4 \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1B} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты воды такие же, что и в опорном варианте, но затраты холода меньше:

$$W_4 = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{\text{H4}} - d_{\text{K4}}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с,} \quad (92)$$



$$Q_{x4} = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{H4} - t_{K4}) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{H4} - d_{K4}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (93)$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $K_4M_{1B}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{M1B} - h_{K4}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{M1B} - t_{K4}), \text{ кВт.} \quad (94)$$

Зона 12 для опорного варианта вектор режима  $H_{12}M_{1B}$  обеспечивается реализацией процессов  $P(Q_x, Q_m, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_{12} \rightarrow Q_x = (\bullet)K_{12} \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1B} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_B$$

Затраты холода:

$$Q_{x12} = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{H12} - t_{K12}) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{H12} - d_{K12}) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (95)$$

Количество приобретенной влаги:

$$W_{12} = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{H12} - d_{K12}) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (96)$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $\Pi_{12}M_{1B}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{M1B} - h_{K12}) = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{M1B} - t_{K12}), \text{ кВт.} \quad (97)$$

Для альтернативного варианта вектор режима  $H_{12}M_{1A}$  обеспечивается реализацией процессов  $P(Q_x, Q_m, G_{\text{нmin}})$ :

$$(\bullet)H_{12} \rightarrow Q_x = (\bullet)K_{12}^* \rightarrow Q_m = (\bullet)M_{1A} \rightarrow Q_n(W_n) = (\bullet)B_A$$

Затраты холода:

$$Q_{x12} = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{H12} - t_{K12}^*) = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{H12} - d_{K12}^*) \cdot r \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.} \quad (98)$$

Количество приобретенной влаги:

$$W_{12} = G_{\text{нmin}} \cdot (d_{H12} - d_{K12}^*) \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.} \quad (99)$$

Затраты теплоты на нагрев (вектор  $\Pi_{12}M_{1A}$ ) составляют:

$$Q_m = G_{\text{нmin}} \cdot (h_{M1B} - h_{K12}^*) = G_{\text{нmin}} \cdot C_6 \cdot (t_{M1B} - t_{K12}^*), \text{ кВт.} \quad (100)$$

Для производственных помещений, а также объектов, характеризующихся большими тепловыми нагрузками, обработка наружного воздуха для всего годового цикла работы СКВ может обеспечиваться увлажнителями с РН, как универсальными контактными аппаратами.

## Література

1. Бельченко В.М. Оптимизация схемы подготовки воздуха для технологических процессов энтомологических производств / Бельченко В.М., Пищанская Н.А. // Международная научно-практическая конференция «Биологические системы производства и применение средств биологизации земледелия». — Одесса, 2016. — С. 35 – 40.
2. Зусманович Л.М. Термодинамические основы энергосберегающей технологии обработки воздуха // Водоснабжение и сан. техника, 1985. — №10. — С. 15 – 17.
3. Ижевский С.С. Опыт массового разведения насекомых в зарубежных странах // В сборнике «Массовое разведение насекомых». — Кишинев: Штиинца, 1981. — С. 7 – 10.
4. Коваленков В.Г., Тюрина Н.М., Казадаева С.В. Энтомофаги как фактор стабилизации агроэкосистем // Информационный бюллетень ВПРС МОББ 42. — Санкт-Петербург, 2011. — С.104 – 108.
5. Кодиров А. Перспективы совместного использования биологических и химических методов в сельском хозяйстве // Агро Илим. — Ташкент, 2010. — № 4. — С. 28 – 29.
6. Мельничук М. До питання обґрунтування та оцінювання біокліматичних показників біотехнологічних процесів на прикладі виробництва ентомологічного препарату трихограми / М. Мельничук, Я. Блюм, В. Дубровін, В. Таргоня, Ю. Коломієць, В. Бельченко, І. Беспалов // Техніка і технології АПК / Науково-виробничий журнал УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. — Дослідницьке, 2011. — Вип. №8 (23). — С. 34 – 37.
7. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. — М.: Энергия, 1978. — 410 с.
8. Рымкевич А.А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. — Санкт-Петербург, АВОК Северо-Запад, 2003. — 271с.