

УДК 628.84 + 697.9

## **К вопросу о возможности и целесообразности поддержания температуры и влажности в двух помещениях одним кондиционером**

*Канд. техн. наук, доцент* **Коченков Н.В.** kochenkov63@mail.ru

**Коченков В.Н.** rddr@mail.ru

*Университет ИТМО*

*191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

*Рассматривается центральный кондиционер (ЦК), задачей которого является поддержание требуемых параметров воздушной среды в двух помещениях с разнохарактерными тепловлажностными нагрузками в них. Работа ЦК анализируется в двух аспектах. Первый касается технологической возможности организовать процессы тепловлажностной обработки воздуха в таком ЦК. Второй аспект рассматривает целесообразность реализации этих процессов с точки зрения эффективности использования потребляемых при этом энергетических ресурсов. Нагрузки в помещениях приняты такими, чтобы все же можно было обеспечить технологическую возможность функционирования ЦК на два помещения. Это позволило акцентировать большее внимание на анализе энергоэффективности функционирования ЦК, учитывая его существенную энергоёмкость.*

*На примере пяти представительных точек климата показано на качественном уровне насколько существенно могут различаться между собой расходы энергоресурсов, потребляемые в ЦК, функционирующем на два помещения, от эталонных значений этих расходов, которые могли бы иметь место при однозональных системах кондиционирования воздуха, каждая из которых самостоятельно обслуживает свое помещение.*

*Показано, что нельзя уменьшать расход воздуха через ЦК, работающий на два помещения, до его предельного значения, равного сумме минимально-неизбежных расходов наружного воздуха для этих помещений. Обязательно должна быть предусмотрена возможность обеспечения переменного расхода наружного воздуха в ЦК. В противном случае ЦК технологически не сможет обеспечить поддержание требуемых параметров воздуха в обоих помещениях.*

**Ключевые слова:** система кондиционирования воздуха, центральный кондиционер, разнохарактерные нагрузки, энергоресурсы, энергоэффективность.

---

## **To a question on the possibility and advisability of maintaining temperature and humidity in one of two air-conditioned rooms**

*Ph.D.* **Kochenkov N.V.** kochenkov63@mail.ru

**Kochenkov V.N.** rddr@mail.ru

*University ITMO*

*191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

*We consider central air conditioner (CC), whose task is to maintain the required parameters of air pollution in two areas with different character of heat and humidity loads of them. Work of the Central Committee analyzed in two ways. The first concerns the technological feasibility of organizing the processes of heat and humidity of air treatment in a CC. The second aspect is considering the feasibility of implementing these processes in terms of efficiency of consumed energy at the same time. Pressures on the*

*premises adopted such that nevertheless could provide a technological possibility of functioning of the Central Committee into two rooms. This has allowed greater attention to focus on the analysis of efficiency of functioning of the Central Committee, given its significant energy content.*

*For example, five of the representative points of the climate shows qualitatively how much can differ among themselves the cost of energy consumed in the Central Committee, operates on two premises, from the reference values of these expenses, which could occur in single-zone air conditioning systems, each of which is a self-catered its premises.*

*It has been shown that it is impossible to reduce the air flow through the CC working on two premises to its limit value equal to the amount minimally unavoidable expenses outside air for these facilities. It must necessarily be possible to provide variable flow of outside air into the Central Committee. Otherwise CC technology can not ensure maintenance of the desired air parameters in both areas.*

**Keywords:** the air conditioning system, central air conditioning, Diverse load energy, energy efficiency.

Иногда могут встречаться такие схемные решения систем кондиционирования воздуха (СКВ), когда предлагается обеспечивать поддержание нормируемых параметров воздушной среды в двух помещениях только одним кондиционером. Так, еще в работе [1] был сделан вывод о принципиальной возможности обеспечения температуры и влажности в двух помещениях одним центральным кондиционером (ЦК). Однако в этой работе помимо ЦК в схеме использовались дополнительно еще зональные подогреватели, установленные на ответвлениях, идущих к каждому помещению. А это принципиально меняет конфигурацию СКВ, поскольку ЦК функционирует уже совместно с местными системами, выполняющими функцию доводчиков.

И все же, принимая во внимание значительную энергоемкость СКВ [2, 3, 4], возможно ли организовать работу одного ЦК на два помещения без использования местных систем? В ответе на этот вопрос следует выделить два его аспекта. Первый касается технологической возможности реализовать процессы тепловлажностной обработки воздуха в таком ЦК. Второй аспект рассматривает целесообразность этой реализации с точки зрения эффективности использования потребляемых энергетических ресурсов.

Поэтому правильнее будет сформулировать поставленный выше вопрос следующим образом: возможно ли организовать энергоэффективное функционирование одного ЦК на два помещения без использования каких-либо местных систем?

При однохарактерных нагрузках<sup>1</sup> в помещениях ответ на этот вопрос, будет положительным, поскольку требуемые параметры воздушной среды в помещениях могут быть обеспечены за счет приточного воздуха от общего ЦК.

При разнохарактерных же нагрузках в помещениях дело обстоит совсем иначе и на поставленный выше вопрос ответ может быть только отрицательным [6, 7].

Цель статьи – показать это на конкретных примерах и раскрыть причины неэффективного функционирования ЦК.

В примерах, рассматриваемых ниже, используется терминология и обозначения, принятые в [5].

Исходная информация для примеров. Имеются два помещения, обозначенные как 1 и 2, встроенного типа<sup>2</sup> (ограничение 1). Нормируемые параметры воздушной среды в помещениях одинаковые и на  $I-d$ -диаграмме влажного воздуха заданы в виде области  $U_a U_b U_v U_r$ . Тепло-  $Q_{\Pi}^{(1)}, Q_{\Pi}^{(2)}$  и влагоизбытки  $W_{\Pi}^{(1)}, W_{\Pi}^{(2)}$  в этих помещениях постоянные (ограничение 2), а расход наружного воздуха

<sup>1</sup> Определение понятий «однохарактерные» и «разнохарактерные» нагрузки в помещениях дано в [5].

<sup>2</sup> Для помещения встроенного типа его ограждающие конструкции не граничат с окружающей средой, в качестве которой может выступать, в общем случае, как наружный воздух, так и грунт. Тепловлажностная нагрузка в таком помещении определяется только внутренними тепло-и влагоизбытками.

может изменяться от минимально-неизбежного  $G_{\tilde{H}}^{(1)}, G_{\tilde{H}}^{(2)}$  до максимально-целесообразного  $G_{\tilde{H}}^{(1)}, G_{\tilde{H}}^{(2)}$ .

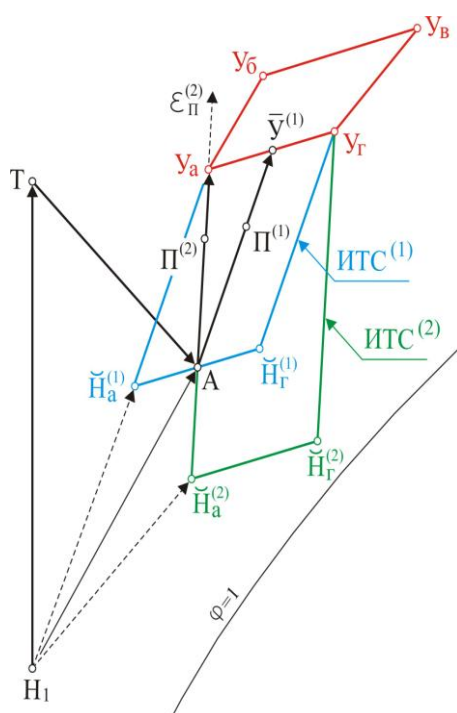
По этой исходной информации строятся на  $I-d$ -диаграмме исходные термодинамические схемы (ИТС), обозначенные как ИТС<sup>(1)</sup>, ИТС<sup>(2)</sup>, и характеризующие в графическом виде тепловлажностные и газовые нагрузки в каждом из помещений. Порядок построения ИТС рассмотрен в [8]. С учетом принятых ограничений 1 и 2 положения ИТС<sup>(1)</sup> и ИТС<sup>(2)</sup> на  $I-d$ -диаграмме сохраняются неизменными в течение года. Поэтому на рис. 1-5 их положение остается одним и тем же. При этом на каждом из этих рисунков будут показаны не все опорные точки ИТС<sup>(1)</sup> и ИТС<sup>(2)</sup>, а только те из них, которые требуются в каждом из рассматриваемых случаев.

Значения тепловлажностных нагрузок в помещениях и расход наружного воздуха приняты такими, что использование первой рециркуляции не требуется по технологии обработки воздуха [9], нагрузки в помещениях являются разнохарактерными<sup>3</sup>, а соответствующие им ИТС<sup>(1)</sup> и ИТС<sup>(2)</sup> расположены на  $I-d$ -диаграмме относительно друг друга таким образом, чтобы все же можно было обеспечить технологическую возможность функционирования ЦК на два помещения. При какой-либо другой комбинации положений ИТС<sup>(1)</sup> и ИТС<sup>(2)</sup> такой возможности может не оказаться вовсе. Выбранная комбинация нагрузок позволит акцентировать большее внимание на анализе энергоэффективности функционирования ЦК, учитывая его значительную энергоемкость.

Проанализируем, насколько существенно могут различаться между собой расходы энергоресурсов, потребляемые в ЦК, функционирующем на два помещения, от эталонных значений этих расходов, которые имеют место при однозональных СКВ, каждая из которых самостоятельно обслуживает свое помещение. Сравнительный анализ будет проводиться на примере пяти представительных точек климата, обозначенных как  $H_1, H_2, \dots, H_5$ , и выбранных таким образом, чтобы для каждой из них были характерны свои особенности в технологии обработки воздуха [10].

**Точка климата  $H_1$**  (рис. 1). Точка  $H_1$  относится к расчетной зоне с потреблением теплоты [8]. Поэтому для этой точки климата требуются процессы нагрева наружного воздуха с последующим его увлажнением. При этом для обеспечения минимальных расходов теплоты  $Q_T$  на нагрев воздуха и воды  $G_W$  на его увлажнение расходы наружного воздуха для помещений 1 и 2 должны быть минимально-неизбежными  $G_{\tilde{H}}^{(1)}, G_{\tilde{H}}^{(2)}$ , а параметры воздушной среды, поддерживаемые в этих помещениях, должны соответствовать точке  $U_a$ . В однозональных СКВ эти условия могут быть выполнены при реализации следующих векторов режимов функционирования (они показаны тонким пунктиром):  $H_1\tilde{H}_a^{(1)}$  – для помещения 1;  $H_1\tilde{H}_a^{(2)}$  – для помещения 2 (процессы обработки воздуха для этих векторов режимов на рис. 1 не показаны).

<sup>3</sup> Графическим признаком однохарактерности (или разнохарактерности) нагрузок в помещениях является совпадение (или несовпадение) опорных точек ИТС<sup>(1)</sup> и ИТС<sup>(2)</sup>.



**Рис. 1. Процессы обработки воздуха для точки климата  $H_1$**

При тепловлажностной обработке воздуха в ЦК, обслуживающим два помещения, должен реализовываться вектор режима функционирования  $H_1A$ , который включает в себя следующие процессы: нагрев (вектор  $H_1T$ ), адиабатное увлажнение (вектор  $TA$ ).

На выходе из ЦК воздух имеет параметры, соответствующие точке  $A$ , положение которой определяется как место пересечения отрезков  $\check{H}_a^{(1)}\check{H}_r^{(1)}$  и  $\check{H}_a^{(2)}Y_a$ , относящихся соответственно к ИТС<sup>(1)</sup> и ИТС<sup>(2)</sup>.

Следует обратить внимание на место расположения точки  $A$  на ИТС<sup>(2)</sup>. Так, оставаясь на луче процесса  $\varepsilon_{\Pi}^{(2)}$  эта точка находится выше опорной точки  $\check{H}_a^{(2)}$ . Это означает, что расход воздуха  $G_H^{(2)}$  для помещения 2 уже не может оставаться минимально-неизбежным (как при однозональной СКВ), а должен быть увеличен на значение  $\Delta G_H^{(2)}$ , определяемое по формуле:

$$\Delta G_H^{(2)} = \frac{Q_{\Pi}^{(2)}}{I_{Y_a} - I_A} - G_{\check{H}}^{(2)}, \text{ кг/с,}$$

где  $I_{Y_a}, I_A$  – энтальпии воздуха в точках  $Y_a$  и  $A$ , соответственно, кДж/кг.

Тогда расход наружного воздуха  $G_H$ , обрабатываемого в ЦК, равен

$$G_H = G_{\check{H}}^{(1)} + (G_{\check{H}}^{(2)} + \Delta G_H^{(2)}), \text{ кг/с.}$$

Далее для каждого из помещений воздух с параметрами, соответствующими точке  $A$ , смешивается с воздухом  $R_2$ , имеющим параметры, соответствующие точке  $\bar{Y}^{(1)}$  (для помещения 1) и точке  $Y_a$  (для помещения 2). В результате смешивания этих потоков получается приточный воздух с параметрами, соответствующими точкам  $\Pi^{(1)}$  и  $\Pi^{(2)}$ , который, подается в помещения, где ассимилирует тепло-

$Q_{\Pi}^{(1)}, Q_{\Pi}^{(2)}$  и влаговыделения  $W_{\Pi}^{(1)}, W_{\Pi}^{(2)}$ , в результате чего в помещении 1 поддерживаются параметры, соответствующие точке  $\bar{Y}^{(1)}$ , а в помещении 2 – параметры, соответствующие точке  $Y_a$ .<sup>4</sup>

В рассматриваемом случае, не смотря на то, что ЦК способен обеспечить поддержание нормируемых параметров воздушной среды в обоих помещениях, будут иметь место увеличенные расходы теплоты на нагрев воздуха  $Q_T$  и воды на его увлажнение:

$$Q_T = G_H(I_T - I_{H_1}), \text{ кВт},$$

$$G_W = G_H(d_A - d_{H_1}), \text{ г/с},$$

где  $I_T, I_{H_1}$  – энтальпии воздуха в точках Т и  $H_1$ , соответственно, кДж/кг;

$d_A, d_{H_1}$  – влагосодержания воздуха в точках А и  $H_1$ , соответственно, г/кг.

Увеличенные расходы теплоты  $Q_T$  и воды  $G_W$ , по сравнению с аналогичными расходами в однозональных СКВ, обусловлены отклонением вектора режима функционирования ЦК (вектор  $H_1A$ ) от векторов режимов, которые реализуются в однозональных СКВ (вектора  $H_1\check{H}_a^{(1)}$  и  $H_1\check{H}_a^{(2)}$ ).

Рассмотрим детальнее причины перерасхода теплоты  $\Delta Q_T$ . (При необходимости аналогичный анализ может быть проведен и в отношении перерасхода воды  $\Delta G_W$ ).

Перерасход теплоты  $\Delta Q_T$  в ЦК складывается из двух составляющих  $\Delta Q_T^{(1)}$  и  $\Delta Q_T^{(2)}$ , причины которых разные.

Причина перерасхода теплоты  $\Delta Q_T^{(1)}$  заключается в следующем. Точка А, оставаясь на отрезке  $\check{H}_a^{(1)}\check{H}_T^{(1)}$ , относящемся к ИТС<sup>(1)</sup>, отклоняется от опорной точки  $\check{H}_a^{(1)}$ , в результате чего параметры воздуха в помещении 1 поддерживаются не в точке  $Y_a$  (как в однозональной СКВ), а в точке  $\bar{Y}^{(1)}$ . Поэтому даже не смотря на то, что расход наружного воздуха для помещения 1 остается минимально-неизбежным  $G_H^{(1)}$ , будет иметь место перерасход теплоты  $\Delta Q_T^{(1)}$ , количественно определяющийся следующим образом:

$$\Delta Q_T^{(1)} = G_H^{(1)}(I_A - I_{\check{H}_a^{(1)}}), \text{ кВт},$$

где  $I_{\check{H}_a^{(1)}}$  – энтальпия воздуха в опорной точке  $\check{H}_a^{(1)}$ , кДж/кг.

Причина же перерасхода теплоты  $\Delta Q_T^{(2)}$  заключается в увеличении расхода потребляемого наружного воздуха для помещения 2 на величину  $\Delta G_H^{(2)}$ . Значение  $\Delta Q_T^{(2)}$  определяется по формуле:

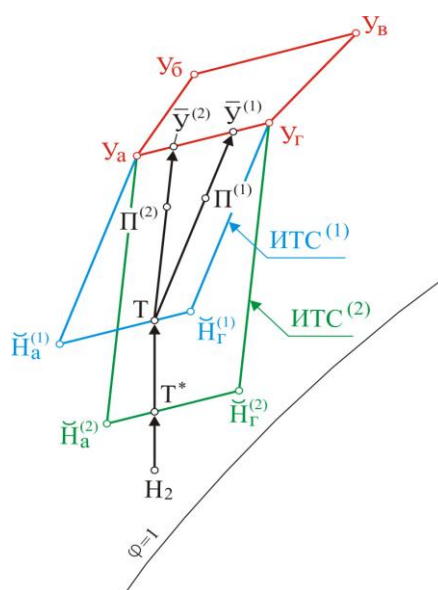
$$\Delta Q_T^{(2)} = (G_H^{(2)} + \Delta G_H^{(2)})(I_A - I_{\check{H}_a^{(2)}}), \text{ кВт},$$

<sup>4</sup> Далее для других точек климата не будет акцентироваться внимание на процессах смешения воздуха после ЦК с воздухом R2, а также на процессах ассимиляции приточным воздухом тепло- и влаговыделений в помещениях.

где  $I_{\check{H}_a^{(2)}}$  – энтальпия воздуха в опорной точке  $\check{H}_a^{(2)}$ , кДж/кг.

Не смотря на отрицательное влияние  $\Delta G_H^{(2)}$  на расход потребляемой теплоты, тем не менее, только благодаря возможности увеличения расхода наружного воздуха в ЦК он будет способен в рассматриваемом случае поддерживать нормируемые параметры воздушной среды одновременно в обоих помещениях. В противном случае, если производительность по воздуху в ЦК будет уменьшена до суммы минимально-неизбежных расходов наружного воздуха ( $G_H^{(1)} + G_H^{(2)}$ ), ЦК технологически не сможет обеспечить поддержание требуемых параметров воздуха в обоих помещениях.

**Точка климата  $H_2$**  (рис. 2). Точка  $H_2$  относится к расчетной зоне с потреблением теплоты, но в отличие от точки  $H_1$ , здесь не требуется увлажнение воздуха.



**Рис. 2. Процессы обработки воздуха для точки**

В однозональных СКВ должны реализовываться следующие процессы: вектор  $H_2T$  – для помещения 1; вектор  $H_2T^*$  – для помещения 2. Расход наружного воздуха – минимально-неизбежный.

При работе ЦК на два помещения реализуется процесс нагрева  $H_2T$ . Параметры воздушной среды в помещениях 1 и 2 поддерживаются в точках  $\bar{Y}^{(1)}$  и  $\bar{Y}^{(2)}$ , соответственно. ЦК способен обеспечить поддержание нормируемых параметров воздушной среды в обоих помещениях без использования местных систем. Однако при этом для помещения 2 будет иметь место перерасход теплоты  $\Delta Q_T^{(2)}$ , равный

$$\Delta Q_T^{(2)} = (G_H^{(2)} + \Delta G_H^{(2)})(I_T - I_T^*), \text{ кВт.}$$

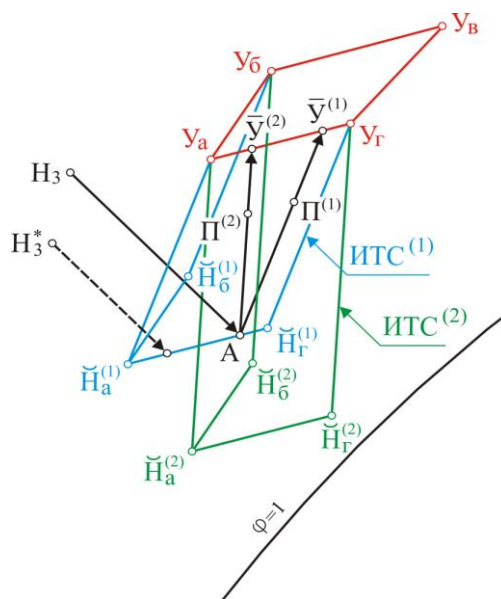
Перерасход  $\Delta Q_T^{(2)}$  обусловлен, также как и для точки  $H_1$ , увеличением расхода наружного воздуха для помещения 2 на  $\Delta G_H^{(2)}$

$$\Delta G_H^{(2)} = \frac{Q_{\Pi}^{(2)}}{I_{\bar{Y}^{(2)}} - I_T} - G_H^{(2)}, \text{ кг/с.}$$

Поэтому в ЦК должна быть предусмотрена возможность увеличения расхода наружного воздуха

на  $\Delta G_{\text{H}}^{(2)}$ . В противном случае ЦК технологически не сможет обеспечить поддержание нормируемых параметров воздушной среды в обоих помещениях. Перерасхода теплоты  $\Delta Q_{\text{T}}^{(1)}$  для помещения 1, как это было для точки  $\text{H}_1$ , здесь не будет, потому, что вектор режима функционирования ЦК совпадает с вектором режима для однозональной СКВ, обслуживающей помещение 1. В этом случае помещение 1 ориентировано на ЦК [3].

**Точка климата  $\text{H}_3$**  (рис. 3). При параметрах наружного воздуха в точке  $\text{H}_3$  для обоих помещений требуется только адиабатное увлажнение воздуха, поскольку точка  $\text{H}_3$  находится в расчетной зоне без потребления теплоты и холода. При этом могут быть конкурирующие варианты процессов, различающиеся между собой расходом наружного воздуха. Один из таких вариантов показан на рис. 3 в виде вектора  $\text{H}_3\text{A}$ .



**Рис. 3. Процессы обработки воздуха для точки климата  $\text{H}_3$**

Процесс  $\text{H}_3\text{A}$  может быть реализован как в однозональных СКВ, так и в ЦК, функционирующем на два помещения. При этом в обоих случаях для помещения 1 используется минимально-неизбежный расход наружного воздуха  $G_{\text{H}}^{(1)}$ , а для помещения 2 – переменный  $G_{\text{H}}^{(2)}$ . Параметры воздушной среды должны поддерживаться: для помещения 1 – в точке  $\bar{Y}^{(1)}$ ; для помещения 2 – в точке  $\bar{Y}^{(2)}$ .

Для точки  $\text{H}_3$  энергоэффективное функционирование ЦК на два помещения возможно только при переменном расходе наружного воздуха  $G_{\text{H}}$ , где  $G_{\text{H}} = G_{\text{H}}^{(1)} + G_{\text{H}}^{(2)}$ . В противном случае, если расчетная производительность ЦК по воздуху будет ориентирована на суммарный минимально-неизбежный расход наружного воздуха, равный  $(G_{\text{H}}^{(1)} + G_{\text{H}}^{(2)})$ , то ЦК технологически не сможет обеспечить поддержание нормируемых параметров воздуха одновременно в обоих помещениях. Отсутствие перерасхода теплоты и холода для точки  $\text{H}_3$  обеспечивается только до тех пор, пока эта точка будет находиться в расчетной зоне климата без потребления теплоты и холода.

Следует отметить, что не для всех точек, относящихся к расчетной зоне без потребления теплоты и холода можно организовать функционирование ЦК на два помещения. Так, например, для точки  $\text{H}_3^*$ , также показанной на рис.3, ЦК не сможет самостоятельно, без местной системы, обеспечить требуемые параметры воздуха в помещении 2 даже при переменном расходе наружного воздуха. Для помещения 2 потребуется дополнительное увлажнение воздуха.

**Точка климата  $\text{H}_4$**  (рис. 4). Точка  $\text{H}_4$  относится к расчетной зоне с потреблением холода. При

этом для его минимизации расход наружного воздуха должен быть максимально-целесообразными  $G_{\hat{H}}^{(1)}, G_{\hat{H}}^{(2)}$ , а параметры воздушной среды, поддерживаемые в этих помещениях, должны соответствовать точке  $Y_B$ . В однозональных СКВ эти условия могут быть выполнены при реализации следующих векторов процессов (они показаны тонким пунктиром):  $H_4\hat{H}_B^{(1)}$  – для помещения 1;  $H_4\hat{H}_B^{(2)}$  – для помещения 2.

В ЦК, функционирующем на два помещения, должен реализовываться вектор режима  $H_4X$ , состоящий из процесса политропного охлаждения. В этом случае ЦК может самостоятельно обеспечить поддержание нормируемых параметров воздушной среды в обоих помещениях. На выходе из ЦК воздух имеет параметры, соответствующие точке  $X$ . Положение этой точки определяется как место пересечения отрезков  $\check{H}_B^{(1)}Y_B$  и  $\check{H}_B^{(2)}\check{H}_B^{(2)}$ , относящихся соответственно к ИТС<sup>(1)</sup> и ИТС<sup>(2)</sup>.

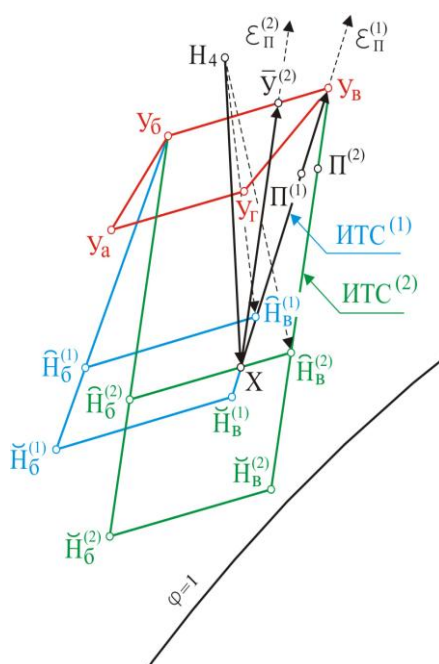
Следует обратить внимание на место расположения точки  $X$  на ИТС<sup>(1)</sup>. Так, оставаясь на луче процесса  $\varepsilon_{\Pi}^{(1)}$ , эта точка находится ниже опорной точки  $\hat{H}_B^{(1)}$ , которая являлась концом вектора режима для однозональной СКВ. Это означает, что расход воздуха  $G_H^{(1)}$  для помещения 1 уже не может оставаться максимально-целесообразным (как при однозональной СКВ), а должен быть уменьшен на значение  $\Delta G_H^{(1)}$ , определяемое по формуле:

$$\Delta G_H^{(1)} = G_{\hat{H}}^{(1)} - \frac{Q_{\Pi}^{(1)}}{I_{Y_B} - I_X}, \text{ кг/с,}$$

где  $I_{Y_B}, I_X$  – энтальпии воздуха в точках  $Y_B$  и  $X$ , соответственно, кДж/кг.

Тогда расход наружного воздуха, обрабатываемого в ЦК, будет равен

$$G_H = (G_{\hat{H}}^{(1)} - \Delta G_H^{(1)}) + G_{\hat{H}}^{(2)}, \text{ кг/с.}$$



**Рис. 4. Процессы обработки воздуха для точки**

Отклонение режима функционирования ЦК (вектор  $H_4X$ ) от векторов режимов, которые



реализуются в однозональных СКВ (вектора  $N_4 \hat{H}_B^{(1)}$ ,  $N_4 \hat{H}_B^{(2)}$ ), является причиной перерасхода холода  $Q_X$ . Можно выделить две составляющих этого перерасхода:  $\Delta Q_X^{(1)}$  и  $\Delta Q_X^{(2)}$ , каждая из которых обусловлена своими причинами.

Причиной перерасхода холода  $\Delta Q_X^{(1)}$  является недоиспользование термодинамического потенциала наружного воздуха для помещения 1 из-за того, что его расход  $G_H^{(1)}$  меньше максимально-целесообразного  $G_{\hat{H}}^{(1)}$ :

$$\Delta Q_X^{(1)} = (G_{\hat{H}}^{(1)} - G_H^{(1)})(I_{Y_B} - I_{N_4}), \text{ кВт.}$$

Причина перерасхода холода  $\Delta Q_X^{(2)}$ , не смотря на то, что расход наружного воздуха для помещения 2 остался максимально-целесообразным  $G_{\hat{H}}^{(2)}$ , заключается в отклонении конца вектора режима для помещения 2 от точки  $\hat{H}_B^{(2)}$  в точку X, и как следствие отклонение точки  $\bar{Y}^{(2)}$ <sup>5</sup>, в которой должны поддерживаться параметры воздушной среды в помещении 2, от точки  $Y_B$ :

$$\Delta Q_X^{(2)} = G_{\hat{H}}^{(2)}(I_{Y_B} - I_{\bar{Y}_2}), \text{ кВт.}$$

**Точка климата  $N_5$**  (рис. 5). Наружный воздух с параметрами в точке  $N_5$  относится к расчетной зоне с потреблением холода, но в отличие от точки  $N_4$ , расход наружного воздуха должен быть минимально-неизбежным. Для однозональных СКВ это условие выполняется, и векторами режимов являются (они показаны тонкими пунктирами):  $N_5 \check{H}_B^{(1)}$  – для помещения 1;  $N_5 \check{H}_B^{(2)}$  – для помещения 2. Параметры воздушной среды в помещениях поддерживаются в точке  $Y_B$ .

При тепловлажностной обработке воздуха в ЦК, обслуживающим два помещения, должен реализовываться вектор режима функционирования  $N_5 \check{H}_B^{(1)}$ , включающий в себя следующие процессы: политропное охлаждение (вектор  $N_5 X^*$ ); нагрев (вектор  $X^* H_B^{(1)}$ ). В этом случае ЦК технологически способен самостоятельно обеспечить поддержание нормируемых параметров воздушной среды в помещениях. При этом для помещения 1 вектор режима остается таким же, как в однозональной СКВ (помещение 1 ориентировано на ЦК), а для помещения 2 при реализации вектора режима  $N_5 \check{H}_B^{(1)}$  появляются перерасходы холода  $\Delta Q_X^{(2)}$  и теплоты  $\Delta Q_T^{(2)}$ .

<sup>5</sup> Вместо точки  $\bar{Y}^{(2)}$  может быть также любая другая точка в пределах нормируемых параметров воздушной среды в помещении, но лежащая на луче процесса  $\varepsilon_{\Pi}^{(2)}$ .

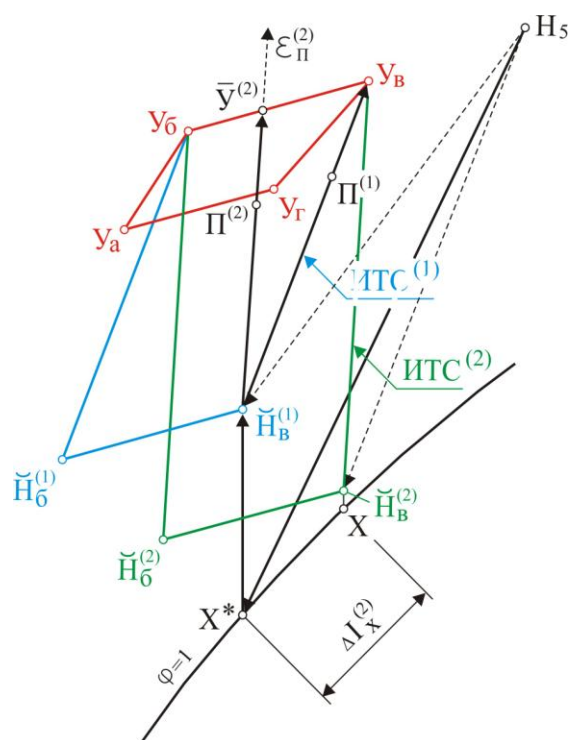


Рис. 5. Процессы обработки воздуха для точки климата  $H_5$

Причины этих перерасходов заключаются в следующем.

Во-первых, из-за отклонения конца вектора режима для помещения 2 от точки  $\check{H}_B^{(2)}$  в точку  $\check{H}_B^{(1)}$  параметры воздушной среды в помещении 2 будут поддерживаться не в точке  $Y_B$ , как при однозональной СКВ, а в точке  $\bar{Y}^{(2)6}$ , в результате чего появляется необходимость в дополнительном охлаждении воздуха от точки  $X$  до точки  $X^*$  (переохлаждение на  $\Delta I_X^{(2)}$ , где  $\Delta I_X^{(2)} = I_X - I_{X^*}$ ), а затем – в дополнительном нагреве на  $\Delta I_T^{(2)}$  (вместо вектора процесса  $X\check{H}_B^{(2)}$  будет  $X^*\check{H}_B^{(1)}$ ), где  $\Delta I_T^{(2)} = (I_{\check{H}_B^{(1)}} - I_{X^*}) - (I_{\check{H}_B^{(2)}} - I_X)$ .

Во-вторых, увеличивается расход наружного воздуха на величину  $\Delta G_H^{(2)}$ , определяемую по формуле (с учетом сноски 6)

$$\Delta G_H^{(2)} = \frac{Q_{\Pi}^{(2)}}{I_{\bar{Y}^{(2)}} - I_{\check{H}_B^{(1)}}} - G_H^{(2)}, \text{ кг/с.}$$

Таким образом, перерасходы теплоты и холода составят

$$\Delta Q_X^{(2)} = (G_H^{(2)} + \Delta G_H^{(2)}) \Delta I_X^{(2)}, \text{ кВт;}$$

$$\Delta Q_T^{(2)} = (G_H^{(2)} + \Delta G_H^{(2)}) \Delta I_T^{(2)}, \text{ кВт.}$$

Проведенный сравнительный анализ расходов теплоты и холода, потребляемых в ЦК,

<sup>6</sup> Вместо точки  $\bar{Y}^{(2)}$  может быть также любая другая точка в пределах нормируемых параметров воздушной среды в помещении, но лежащая на луче процесса  $\epsilon_{\Pi}^{(2)}$ .

функционирующем на два помещения, и расходов, которые имеют место при однозональных СКВ, позволяет сделать следующие выводы.

1. Поскольку СКВ является энергоемкой системой, вопрос оценки эффективности использования потребляемых ею энергетических ресурсов приобретает особую актуальность.

2. Самостоятельно функционирующий ЦК не способен обеспечить энергоэффективное поддержание нормируемых параметров воздушной среды в двух помещениях, в которых имеют место разнохарактерные нагрузки. Даже если с технологической точки зрения в каких-то частных случаях окажется возможным реализовать процессы тепловлажностной обработки воздуха в таком ЦК, то с точки зрения эффективности использования потребляемых энергетических ресурсов это будет нецелесообразно из-за перерасходов теплоты и холода.

3. Для исключения этих перерасходов необходимо совместно с ЦК использовать местные системы. Какие именно системы следует выбрать в качестве местных, и как они должны функционировать с ЦК – это отдельный вопрос, который заслуживает самостоятельного рассмотрения.

4. Если при определении расчетной производительности ЦК по воздуху этот показатель будет уменьшен до предельного значения, равного сумме минимально-неизбежных расходов наружного воздуха для помещений, то ЦК технологически не сможет обеспечить нормируемые параметры воздушной среды в обоих помещениях с разнохарактерными нагрузками. Поэтому в ЦК должна быть предусмотрена возможность увеличения расхода наружного воздуха.

### Список литературы

1. *Креслин А.Я.* Точное поддержание температуры и влажности в двух помещениях одним кондиционером // Вентиляция и кондиционирование воздуха. 1972. Сб. №5. С. 3-4.

2. *Цыганков А.В., Гримитлин А.М.* Состояние и перспективы развития систем кондиционирования воздуха. // Вестник Международной академии холода. 2013. № 4. С. 47-50.

3. *Кокорин О.Я.* Сравнение систем кондиционирования по показателям энергетической эффективности // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование. 2011. №2. С.46-48.

4. *Сотников А.Г.* Годовые расходы теплоты, холода и влаги в СКВ и СВ зданий: основы теории и примеры расчетов // Теплоэнергоэффективные технологии. 2012. №3-4. С. 26-38.

5. *Рымкевич А.А.* Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. СПб.: АВОК С-3, 2003.

6. *Коченков Н.В.* Проблема разработки научно-методических основ создания систем кондиционирования воздуха для помещений с разнохарактерными нагрузками // Вестник международной академии холода. 2014. Вып. 3. С. 48-52.

7. *Немировская В.В.* Проблема создания систем кондиционирования воздуха для помещений с разнохарактерными нагрузками // VI Международная научно-техническая конференция «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2013 г.): Материалы конференции. – СПб: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. С. 194-197.

8. Энергосберегающие режимы систем кондиционирования воздуха. Ч. 1. Системы кондиционирования с адиабатным увлажнением воздуха: Учеб.-метод. пособие. СПб.: Университет ИТМО. 2015.

9. *Коченков Н.В.* Первая и вторая рециркуляции в центральной системе кондиционирования воздуха // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 1(48). С. 172-181.

10. *Коченков Н.В., Коченков В.Н.* Сравнительная оценка годовых энергозатрат в центральной и децентрализованной системах кондиционирования воздуха // Научный электронный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2014. №3. С. 37-49.