

Энергоэффективное функционирование систем кондиционирования и отопления для встроенного помещения

Канд. техн. наук **Н. В. КОЧЕНКОВ¹, А. А. МОТРЕВ², В. Н. КОЧЕНКОВ³**

¹kochenkov63@mail.ru, ²aleksandrM1991@yandex.ru, ³rddr@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Рассматривается организация энергоэффективных режимов функционирования для центральной системы кондиционирования воздуха (ЦСКВ) и системы отопления (СО). Эти системы рассматриваются применительно к встроенному помещению с однохарактерными нагрузками. Показано, что продолжительность режима функционирования с потреблением теплоты определяется климатом и тепловлажностными и газовыми нагрузками в помещении. Проанализировано влияние этих факторов на целесообразность использования СО. Показано, что связующим элементом между ЦСКВ и СО является режим функционирования этих систем. В свою очередь взаимосвязь между режимами функционирования ЦСКВ и СО может быть выявлена только через исходную термодинамическую схему. Раскрыт механизм этой взаимосвязи. Показано, что в зависимости от того, какая СО рассматривается – конвективная или лучистая, задача по управлению режимами функционирования ЦСКВ и СО будет решаться по-разному.

Ключевые слова: система кондиционирования, система отопления, режим функционирования, энергоэффективность, встроенное помещение, однохарактерные нагрузки.

Информация о статье

Поступила в редакцию 29.06.2016, принята к печати 24.10.2016

doi: 10.21047/1606-4313-2016-15-4-47-52

Ссылка для цитирования

Коченков Н.В., Мотрев А.А., Коченков В.Н. Энергоэффективное функционирование систем кондиционирования и отопления для встроенного помещения // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С.

Energy efficient operating modes for central air conditioning and heating systems in an integral room

Ph.D. **N. V. KOCHENKOV¹, A. A. MOTREV², V. N. KOCHENKOV³**

¹kochenkov63@mail.ru, ²aleksandrM1991@yandex.ru, ³rddr@mail.ru

ITMO University

191002, St. Petersburg, Lomonosov St., 9

The article deals with energy efficient operating modes for a central air conditioning system and a heating system. The systems are considered as a part of an integral room with a single-type load. The time of heat consumption mode is shown to be influenced by the climate, heat-moisture and gas load in the room. The influence of these factors on the practicability of heating system use is analyzed. The operating mode is shown to be a connecting link between central air conditioning system and heating system. An interrelation between operating modes of central air conditioning

system and heating system, in its turn, can be found only by the reference thermodynamic scheme. The interrelation in question is analyzed. Depending on the type of the air conditioning system (convective or radiant one) the control of operating modes for central air conditioning and heating systems is shown to be carried out differently.

Keywords: air conditioning system, heating system, operating modes, energy efficiency, integral room, single-type load.

Рассматривается система микроклимата, включающая центральную систему кондиционирования воздуха (ЦСКВ) и местную систему отопления (СО). Для этой конфигурации, обозначенной как «ЦСКВ + СО», можно выделить ряд вопросов, которые должны рассматриваться на этапе эскизного проектирования:

- определение установочной производительности СО;
- организация энергоэффективных режимов совместного функционирования ЦСКВ и СО;
- алгоритм управления такой конфигурацией системы в течение рассматриваемого периода года;
- расчет потребляемых технологических ресурсов (теплоты, холода, воздуха и воды) в натуральных показателях за принятый период года.

В статье рассматривается второй из обозначенных вопросов.

Цель использования СО в конфигурации «ЦСКВ + СО» зависит от того, какой объект обслуживается системой микроклимата, а именно:

- помещение встроенное или с наружными ограждающими конструкциями;
- нагрузки в помещениях однохарактерные (объект I типа) или разнохарактерные (объект II типа) [1].

Встроенным называется такое помещение, для которого внешние возмущающие воздействия на нормируемые параметры воздушной среды в помещении проявляются только через изменение термодинамических параметров потребляемого наружного воздуха на входе в ЦСКВ. Ограждающие конструкции такого помещения не граничат с окружающей средой.

Для помещения же с наружными ограждающими конструкциями внешние возмущающие воздействия оказывают влияние на параметры воздушной среды в помещении как через изменение термодинамических параметров потребляемого

наружного воздуха на входе в ЦСКВ, так и через наружные ограждающие конструкции [2]. Для помещений этого типа СО выполняет задачу по компенсации теплопотерь через наружные ограждения в холодное время года. Эта задача заслуживает самостоятельного рассмотрения. Поэтому в данной статье вопрос организации энергоэффективного функционирования ЦСКВ и СО рассматривается только для встроенного помещения.

Для объекта II типа, не зависимо от того, встроенное помещение или с наружными ограждающими конструкциями, СО может использоваться для выравнивания нагрузок между помещениями [3]. При этом СО изменяет тепловые нагрузки в помещении. В графическом виде на $I-d$ -диаграмме это выглядит как управление положением исходной термодинамической схемы¹ (ИТС) [4]. Поскольку функцию управления положением ИТС система отопления может выполняться также и для объекта I типа, то достаточно ограничиться рассмотрением объекта I типа.

Таким образом, в статье конфигурация «ЦСКВ + СО» рассматривается применительно к объекту I типа со встроенным помещением для идеальной модели системы кондиционирования [1]. Введение таких ограничений несколько не уменьшает значимость результатов исследований, полученных для такого помещения, поскольку они остаются справедливыми, с некоторыми дополнениями, и при других условиях (разнохарактерность нагрузок помещениях, наличие наружных ограждающих конструкций).

Рассмотрение конфигурации системы микроклимата в виде «ЦСКВ + СО» для встроенного помещения – такое решение на первый взгляд может показаться довольно странным, поскольку задачей СО как раз является компенсация теплопотерь (полностью или частично) через внешние ограждающие конструкции. В помещении же встроенного типа такие теплопотери отсутствуют, а тепловлажностная нагрузка в помещении, приходящаяся на ЦСКВ, определяется только внутренними тепло- и влагоизбытками [2].

¹ В работе [1] вместо термина «исходная термодинамическая схема» (ИТС) применялся термин «исходная схема термодинамической модели СКВ». Позднее этот термин был заменен проф. А. А. Рымкевичем на термин ИТС [4], используемый в данной статье.

Кроме того, от СО поступает в помещение теплота, которая также ложится дополнительной нагрузкой, помимо внутренних теплоизбытков, на ЦСКВ. Кажется бы, где же здесь логика? Какой здесь выигрыш?

Цель статьи – дать ответы на эти вопросы и показать, как должно быть организовано совместное функционирование ЦСКВ и СО с тем, чтобы режимы их функционирования были бы энергоэффективными. Частично принцип организации совместной работы ЦСКВ и СО рассматривался в работе [5].

Особенность рассматриваемого вопроса состоит в том, что внешние, по отношению к рассматриваемой системе микроклимата, факторы в виде климата и тепловлажностных и газовых нагрузок в помещении оказывают свое влияние одновременно и на ЦСКВ и на СО. Схематично влияние этих факторов показано на рис. 1. При этом, поскольку помещение – встроенного типа, то на рис. 1 не показано влияние климата на внутренние тепловлажностные нагрузки в помещении.

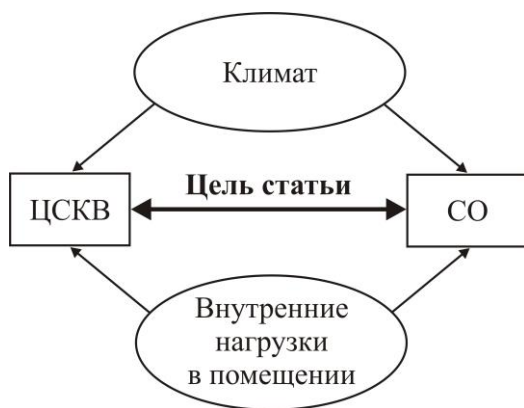


Рис. 1. Схема влияния внешних факторов на ЦСКВ и СО

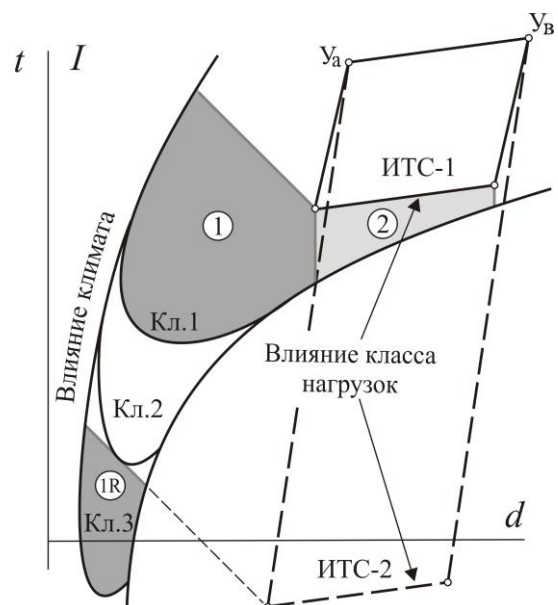


Рис. 2. Фрагмент I-d-диаграммы с анализом влияния внешних факторов на целесообразность использования конфигурации «ЦСКВ + СО»

Влияние климата на СО, показанное на рис. 1 в виде стрелки, проявляется через продолжительность режима функционирования системы микроклимата с потреблением теплоты τ_T . От этого показателя зависит целесообразность исполь-

зования конфигурации «ЦСКВ + СО». Кроме того, если рассматривается лучистая СО, в которой в качестве источника теплоты используется тепловой насос, то в этом случае влияние климата дополнительно проявляется также и в том, что работа испарителя теплового насоса будет зависеть от параметров окружающей среды.

Наглядно влияние климата и влияние тепловлажностных и газовых нагрузок в помещении на целесообразность использования СО демонстрируется на рис. 2, где показаны фрагменты границ трех климатов (Кл.1, Кл.2, Кл.3) для холодного времени года и два положения ИТС (ИТС-1 – для I класса нагрузок и ИТС-2 – для II (III) класса нагрузок). СО может работать только в расчетных зонах 1, 1R и 2. В остальных расчетных зонах (на рис. 2 они не обозначены) в СО нет необходимости. Поэтому целесообразность рассмотрения конфигурации «ЦСКВ + СО» полностью зависит от продолжительности времени τ_T . Обратимся подробнее к рис. 2.

Так, для ИТС-1 конфигурацию «ЦСКВ + СО» целесообразно рассматривать в качестве конкурирующего варианта системы микроклимата. Здесь присутствуют расчетные зоны 1 и 2. Причем для климата Кл.3 расчетная зона 1 имеет наибольшую продолжительность по времени τ_T , а для климата Кл.1 – наименьшую.

Для ИТС-2 принимать к рассмотрению конфигурацию «ЦСКВ + СО» для климатов Кл.1 и Кл.2 нецелесообразно, так как расчетные зоны с потреблением теплоты здесь отсутствуют. Для климата Кл.3 такая конфигурация может быть принята во внимание, но целесообразность этого будет зависеть от продолжительности расчетной зоны 1R.

Таким образом, принимать к рассмотрению техническое решение с конфигурацией «ЦСКВ + СО» необходимо с учетом влияния рассмотренных факторов.

Продолжительность режима функционирования с потреблением теплоты τ_T не зависит от того, какая используется конфигурация («ЦСКВ» или «ЦСКВ + СО»), и тем более не зависит от типа СО (конвективная или лучистая). Значение τ_T определяется только тепловлажностными и газовыми нагрузками в помещении (т.е. положением ИТС) и климатом. Методика расчета значения τ_T

разработана и представлена в виде прикладной компьютерной программы ([электронный ресурс] <http://books.ifmo.ru/file/pdf/1933.pdf>), которая использовалась при расчетах в работах [4, 6]. Информация о климате здесь используется в виде $t-d$ [7] и $t-\varphi$ -таблиц [8, 9]. В работе [10] информацию о климате предлагается использовать в виде $I-d$ -таблиц.

При конфигурации «ЦСКВ + СО» связующим элементом между ЦСКВ и СО является режим функционирования этих систем. Взаимосвязь между режимами функционирования ЦСКВ и СО может быть выявлена только через ИТС². Механизм взаимосвязи здесь следующий: СО оказывает влияние на положение ИТС через изменение тепловых нагрузок в помещении, а ИТС, в свою очередь, непосредственно определяет и корректирует режим функционирования ЦСКВ [5].

В зависимости от того, какая СО рассматривается – конвективная или лучистая, организация энергоэффективных режимов функционирования ЦСКВ и СО за счет управления положением ИТС будет решаться по-разному.

Управление положением ИТС за счет конвективной СО показано на рис. 3. За счет создания дополнительных тепловыделений в помещении от СО q_{CO} тепловая нагрузка, приходящаяся на ЦСКВ, $q_{П}^{IC}$, увеличится и составит:

$$q_{П}^{IC} = q_{П} + q_{CO},$$

где $q_{П}$ – удельные тепловыделения в помещении (они равны внутренним тепловыделениям в помещении $q_{вн}$), кВт/м²;

q_{CO} – удельные тепловыделения в помещении от конвективной СО, кВт/м².

В результате увеличения значения $q_{П}^{IC}$ положение ИТС изменится таким образом, что верхняя граница расчетной зоны 1 (рис. 3,а) или 1R (рис. 3,б), проходящая ранее через опорную точку \check{H}_a , сместится по линии постоянного влаго-содержания вниз на величину ΔI , равную:

$$\Delta I = I_{\check{H}_a} - I_{\check{H}_a^{IC}}, \text{ кДж/кг.}$$

²ИТС характеризует в графическом виде на $I-d$ -диаграмме тепловлажностные и газовые нагрузки в помещении. Порядок построения ИТС и расчетных зон климата изложен в работе [2].

Это приведет к изменению положения вектора режима функционирования для ЦСКВ с $\check{H}_1\check{H}_a$ на $\check{H}_1\check{H}_a^{ЦС}$ (на рис. 3 эти вектора показаны тонким пунктиром). Векторам режимов $\check{H}_1\check{H}_a$ и $\check{H}_1\check{H}_a^{ЦС}$, показанным на рис. 3,а, соответствуют следующие процессы обработки воздуха: нагрев \check{H}_1T_1 и $\check{H}_1T_1^{ЦС}$, адиабатное увлажнение $T_1\check{H}_a$ и $T_1^{ЦС}\check{H}_a^{ЦС}$. Теплота $q_T^{ЦС}$, потребляемая в подсистеме нагрева в ЦСКВ, уменьшится на величину $\Delta q_T^{ЦС}$, равную:

$$\Delta q_T^{ЦС} = m_{\check{H}}(I_{\check{H}_a} - I_{\check{H}_a^{ЦС}}), \text{ кВт/м}^2.$$

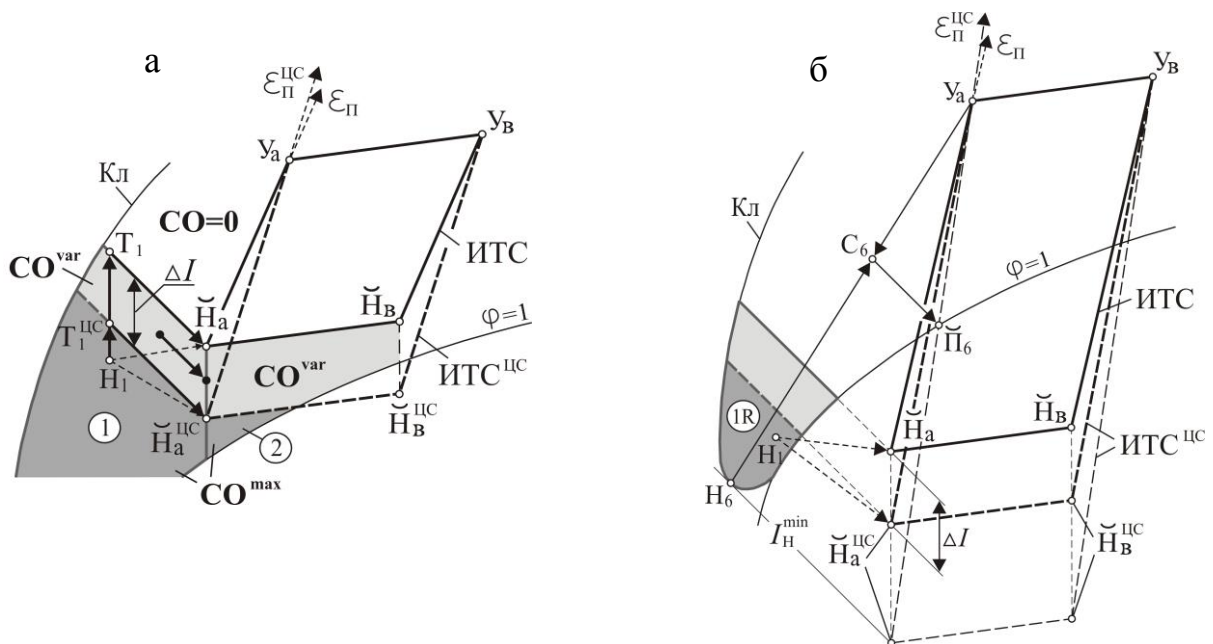


Рис. 3. Управление положением ИТС за счет конвективной СО:
а – для I класса нагрузок; б – для II (III) класса нагрузок

В результате этих изменений произойдет перераспределение потребляемой теплоты между подсистемой нагрева центрального кондиционера (ЦК), входящего в состав ЦСКВ, и СО: часть теплоты, потребляемой ранее в подсистеме нагрева $q_T^{ЦС}$, расходуется теперь в СО. При этом соблюдается следующее соотношение: $\Delta q_T^{ЦС} = q_{CO}$. Общее же количество теплоты q_T^{Σ} , потребляемой в ЦСКВ и в СО, равно $q_T^{\Sigma} = q_T^{ЦС} + q_{CO}$, остается прежним, а получаемый эффект от такого перерас-

предела заключается в том, что изменяется положение ИТС в нужном направлении.

СО должна работать только в тех расчетных зонах, где требуется потребление теплоты. На рис. 3 эти расчетные зоны выделены серым цветом. В этих расчетных зонах СО может работать в двух режимах: либо с максимальной производительностью (CO^{max}), либо – с переменной (CO^{var}). В остальных расчетных зонах (на рис. 3 они не обозначены) СО работать не должна ($CO = 0$).

При повышении энтальпии наружного воздуха I_{H_i} до значения $I_{\check{H}_a^{ic}}$ калорифер ЦК отключается, но СО продолжает работать в режиме CO^{max} . С дальнейшим увеличением значения I_{H_i} СО переходит на режим с переменной производительностью (CO^{var}):

$$q_{CO} = m_{\check{H}}(I_{\check{H}_a} - I_{H_i}), \text{ кВт/м}^2.$$

При этом режиме положение опорной точки \check{H}_a^{ic} изменяется таким образом, чтобы значение ее энтальпии $I_{\check{H}_a^{ic}}$ оставалось равным значению I_{H_i} .

В зоне CO^{var} с увеличением энтальпии наружного воздуха I_{H_i} производительность СО должна уменьшаться. При условии, когда $I_{H_i} = I_{\check{H}_a}$ (для зоны 1), или когда точка климата окажется на отрезке $\check{H}_a\check{H}_b$ (для зоны 2), СО должна отключиться и ИТС займет исходное положение. При этом соблюдается равенство $q_{\Pi}^{\Sigma} = q_{вн}$. Если же в зоне с CO^{var} производительность СО оставить максимальной, то потребуются увеличение расхода наружного воздуха. Вектор режима для этого случая показан на рис. 3, а (начало и конец вектора обозначены закрашенными точками). Видно, что конец вектора режима находится выше опорной точки \check{H}_a^{ic} , а поэтому требуется больший расход наружного воздуха, чем для точки \check{H}_a^{ic} (для точки \check{H}_a^{ic} расход наружного воздуха принимается минимально-неизбежным).

Теоретически подсистема нагрева в ЦК может быть вообще исключена, если значение q_{Π}^{ic} увеличить за счет q_{CO} настолько, чтобы вместо расчетной зоны 1 (1R) стала зона без потребления теплоты и холода. В этом случае расход теплоты

в СО должен быть таким, чтобы опорная точка $\check{H}_a^{\text{ЦС}}$ переместилась в точку, энтальпия которой будет равна минимальной расчетной энтальпии наружного климата I_H^{min} (см. рис. 3, б). Тогда значение потребляемой теплоты в ЦСКВ $q_T^{\text{ЦС}}$ будет равно нулю, а значение $q_{\text{СО}}$ в СО составит:

$$q_{\text{СО}} = m_{\check{H}} (I_{\check{H}_a} - I_H^{\text{min}}), \text{ кВт/м}^2.$$

Процесс обработки воздуха в ЦК для этого случая, показанный на рис. 3, б, включает в себя: смешение наружного и рециркуляционного воздуха (векторы $\check{H}_6\text{С}_6$ и $\text{У}_a\text{С}_6$); адиабатное увлажнение (вектор $\text{С}_6\check{\text{П}}_6$).

Следует отметить, что для встроенного помещения вариант с одиночно функционирующей ЦСКВ и вариант, где в качестве регулятора положением ИТС используется конвективная СО, по значениям потребляемых технологических параметров полностью равноценны. Отличие между ними состоит лишь в том, что во втором варианте появляется возможность управлять положением ИТС.

Управление положением ИТС за счет лучистой СО показано на рис. 4.

В отличие от конвективной СО, при которой вся теплота $q_{\text{СО}}$ полностью идет на создание дополнительной тепловой нагрузки на ЦСКВ, при лучистой СО ее производительность по теплоте $q_{\text{СО}}$ в общем случае условно можно представить в виде двух составляющих:

$$q_{\text{СО}} = q_{\text{РТ}} + q_{\text{СО}}^{\text{ЦС}},$$

где $q_{\text{РТ}}$ – удельный расход теплоты для поддержания в помещении требуемой результирующей температуры, кВт/м²;

$q_{\text{СО}}^{\text{ЦС}}$ – удельный расход теплоты, идущей на создание дополнительных тепловых нагрузок на ЦСКВ, кВт/м².

При лучистой СО температура t_{y_a} в точке У_a должна быть снижена до определенного значения $t_{y_a}^{\text{ЦС}}$. (Предельное положение точки $\text{У}_a^{\text{ЦС}}$, т.е. максимальное значение Δt_{y_a} , зависит от функционально-технических характеристик оборудования лучистой СО и требований нормативных документов).

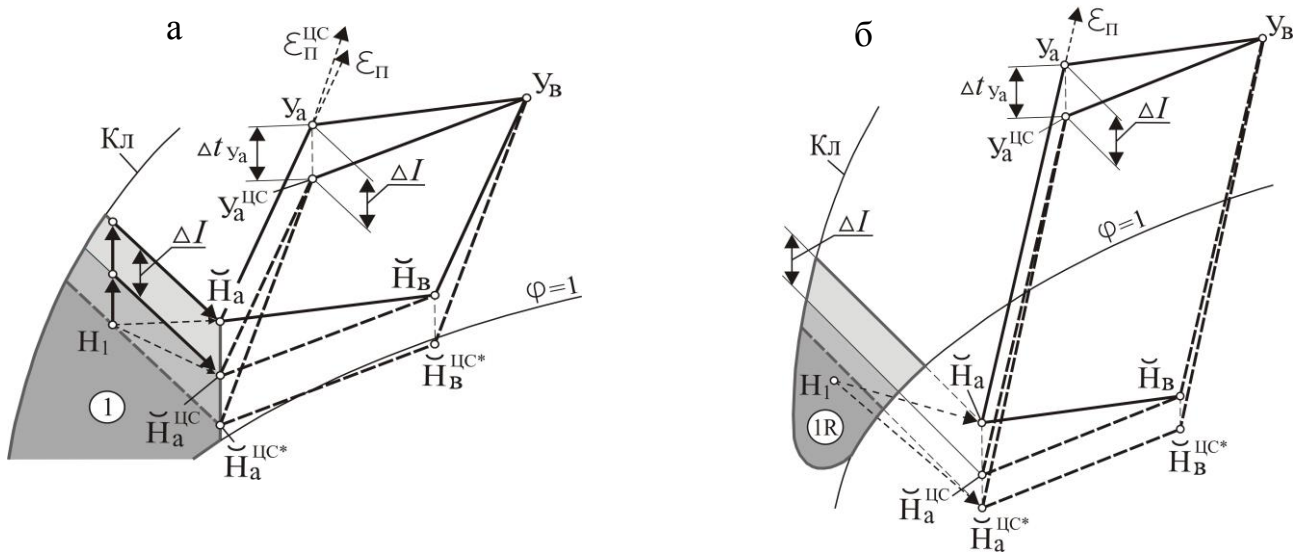


Рис. 4. Управление положением ИТС за счет лучистой СО:
 а – для I класса нагрузок; б – для II (III) класса нагрузок

При работе лучистой СО может не создаваться дополнительных тепловых нагрузок на ЦСКВ ($q_{CO}^{IC} = 0$) и значение q_{II}^{IC} будет оставаться неизменным, равным q_{II} . В этом случае лучистая СО выполняет только одну задачу – поддержание результирующей температуры в помещении $t_{y_a^{IC}}$, а ее производительность по теплоте q_{CO} должна быть равна значению q_{PT} :

$$q_{PT} = m_{\bar{H}}(I_{y_a} - I_{y_a^{IC}}) = m_{\bar{H}}(I_{\bar{H}_a} - I_{\bar{H}_a^{IC}}), \text{ кВт/м}^2.$$

Положение ИТС изменяется таким образом, что граница расчетной зоны 1 (см. рис. 4, а) или 1R (см. рис. 4, б), проходящая ранее через точку \bar{H}_a смещается вниз на величину ΔI , равную:

$$\Delta I = I_{y_a} - I_{y_a^{IC}} = I_{\bar{H}_a} - I_{\bar{H}_a^{IC}}, \text{ кДж/кг},$$

и проходит теперь через точку \bar{H}_a^{IC} . Кроме того, изменяется положение точки y_a . Она смещается вниз по линии постоянного влагосодержания d_{y_a} в точку y_a^{IC} . Указанные изменения в положении ИТС ведут к перераспределению потребляемой теплоты между подсистемой нагрева в ЦК и СО, аналогично тому, как это было показано выше при конвективной СО.

Изменяя производительность q_{PT} , можно управлять текущим положением точки y_a^{IC} , «скользящей» по линии постоянного влагосодержания между точкой

своего крайнего нижнего положения и точкой $У_a$, и тем самым регулировать положение ИТС (положение точки \check{H}_a^{IC}). Это может потребоваться, например, тогда, когда параметры климата будут находиться в интервале энтальпий $I_{\check{H}_a}$ и $I_{\check{H}_a^{IC}}$.

Если q_{CO} окажется больше чем q_{PT} , то часть тепlopоступлений от СО в виде q_{CO}^{IC} и в количестве, равном $q_{CO}^{IC} = q_{CO} - q_{PT}$, идет на создание дополнительной тепловой нагрузки на ЦСКВ (на увеличение значения $q_{П}^{IC}$), в результате чего положение ИТС изменяется точно так же, как при такой же дополнительной нагрузке от конвективной СО: точка \check{H}_a^{IC} перемещается в точку \check{H}_a^{IC*} , а точка \check{H}_b в точку \check{H}_b^{IC*} , по соответствующим линиям постоянного влагосодержания.

Значение $q_{П}^{IC}$ рассчитывается по уравнению:

$$q_{П}^{IC} = q_{П} + q_{CO}^{IC} = q_{П} + m_{\check{H}}(I_{\check{H}_a^{IC}} - I_{\check{H}_a^{IC*}}), \text{ кВт/м}^2.$$

Суммарное же потребление теплоты q_T^{Σ} в ЦСКВ и в СО, где $q_T^{\Sigma} = q_T^{IC} + q_{CO}$, останется неизменным, таким же, как при ЦСКВ, функционирующей самостоятельно без СО. В случае, если производительность q_{CO} будет таковой, что энтальпия точки \check{H}_a^{IC} окажется равной энтальпии наружного воздуха I_{H_1} (этот случай показан на рис. 4, а, если точку \check{H}_a^{IC} опустить вниз до точки \check{H}_a^{IC*} , энтальпия которой равна энтальпии точки наружного воздуха H_1), то расчетная зона для точки климата H_1 изменится и вместо зоны 1 будет зона без потребления теплоты. Следовательно, расход теплоты q_T^{IC} , потребляемой в ЦСКВ, станет равным нулю.

Таким образом, требуемый расход теплоты q_{CO} в СО (как в конвективной, так и в лучистой) для встроенного помещения определяется только тем, как требуется изменить положение ИТС и не зависит от температуры наружного воздуха. Однако при этом следует иметь в виду, что управлять положением ИТС за счет СО во встроенном помещении целесообразно только в том случае, если точка климата H_1 принадлежит к расчетной зоне, в которой требуется потребление теплоты.

Литература

1. *Рымкевич А.А.* Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха. – СПб: АВОК Северо-Запад, 2003. 272 с.
2. *Коченков Н.В.* Энергосберегающие режимы систем кондиционирования воздуха: монография. Ч. 1. СКВ, обслуживающие помещения с однохарактерными нагрузками. – СПб.: ВКА имени А.Ф.Можайского, 2009-399 с.
3. *Коченков Н.В.* Проблема разработки научно-методических основ создания систем кондиционирования воздуха для помещений с разнохарактерными нагрузками // Вестник Международной академии холода. 2014. № 3. С. 48-52.
4. *Рымкевич А.А.* Возможности и перспективы оценки качества решения СКВ количественными показателями на основе системного подхода // Инженерные системы. 2007. № 2(28). С. 16-24.
5. *Коченков Н.В., Мотрев А.А.* Принцип совместной работы систем кондиционирования и лучистого отопления для встроенного помещения // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2016. №2(22). С. 18-27.
6. *Коченков Н.В., Коченков В.Н.* Сравнительная оценка годовых энергозатрат в центральной и децентрализованной системах кондиционирования воздуха // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». 2014. №3(16). С. 37-49.
7. *Коченков Н.В., Кобышева Н.В., Клюева М.В.* Энергосберегающие режимы в СКВ и характеристика климата – взаимосвязанные задачи // Инженерные системы. 2006. № 3. С. 48-52.
8. ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. – Введ. 1981-07-01. – М.: Госстандарт СССР, 1980. 141 с.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Часть 6. Комплексы метеорологических величин. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. 192 с.
10. *Крючкова О.Ю.* Разработка вероятностно-статистической модели климата

для расчетов энергопотребления центральными системами кондиционирования воздуха: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГСУ, 2014. 19 с.

References

1. Rymkevich A.A. System analysis of optimization of all-exchange ventilation and air conditioning. St.-Petersburg, 2003. 272 p. (in Russian)
2. Kochenkov N.V. Energy saving modes of air conditioning systems: monograph. P.1. The hard currencies serving rooms with one-characteristic loadings. St.-Petersburg, 2009-399 p. (in Russian)
3. Kochenkov N.V. Problem of development of scientific and methodical bases of creation of air conditioning systems for rooms with various loadings. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2014. No 3. p. 48-52. (in Russian)
4. Rymkevich A.A. Opportunities and prospects of assessment of quality of the solution of hard currency quantitative indices on the basis of system approach. *Inzhenernye sistemy*. 2007. No 2(28). p. 16-24. (in Russian)
5. Kochenkov N.V., Motrev A.A. The principle of collaboration of air conditioning systems and radiant heating for the built-in room. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Kholodil'naya tekhnika i konditsionirovanie»*. 2016. No 2(22). p. 18-27. (in Russian)
6. Kochenkov N.V., Kochenkov V.N. Comparative assessment of annual energy consumption in the central and decentralized air conditioning systems. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Kholodil'naya tekhnika i konditsionirovanie»*. 2014. No 3(16). p. 37-49. (in Russian)
7. Kochenkov N.V., Kobysheva N.V., Klyueva M.V. The energy saving modes in hard currency and the characteristic of climate – the interconnected tasks. *Inzhenernye sistemy*. 2006. No 3. p. 48-52. (in Russian)
8. GOST 16350-80 Climate of the USSR. Division into districts and statistical parameters of climatic factors for the technical purposes. – Vved. 1981-07-01. Moscow, Gosstandart SSSR, 1980. 141 p. (in Russian)
9. The scientific and application-oriented reference manual on climate of the USSR. Series 3. Long-term data. Part 6. Complexes of meteorological values. Leningrad,. 192 p. (in Russian)
10. Kryuchkova O.Yu. Development of probable and statistical model of climate for energy consumption calculations with the central air conditioning systems: Abstract of the thesis of Cand.Tech.Sci. Moscow, MGSU, 2014. 19 p. (in Russian)