

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

ИСМАНХОДЖАЕВА М.Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>канд. тех. наук, доцент кафедры «Проектирование, строительство и эксплуатация инженерных коммуникаций» Ташкентский архитектурно-строительный институт. Ташкент. Республика Узбекистан

*Аннотация:* В статье рассматриваются вопросы энергосбережения в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. Энергосбережения в системах кондиционирования - это сокращение воздухообмена по помещению и уменьшение теплопоступлений, уменьшение температурного перепада приводят к минимуму воздухообмена по помещению, а это в свою очередь приводит к сокращению мощности установленного оборудования, к минимуму строительной площадки и т.д. Кроме численных расчётов энергосбережение можно обеспечить при определении годового расхода тепла для нагрева воздуха воспользуясь расчётными формулами в котором проведён расчёт.

Ключевые слова: расход тепла, энергетическая эффективность, вентиляция, микроклимат, кондиционирование, энергия, расход энергии, резкоконтинентальных.

## ENERGY SAVING IN VENTILATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS

Ismanxodjeva M.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Department of Design, Construction and Operation of Engineering Communications Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering. Tashkent. The Republic of Uzbekistan

*Abstract:* The article discusses the issues of energy conservation in ventilation systems and air conditioning. Energy saving in air conditioning systems is a reduction in the air exchange in the room and the reduction of heat gain, a decrease in the temperature difference leads to a minimum of air exchange in the room, and this in turn leads to a reduction in the capacity of the installed equipment, to a minimum of the construction site, etc. In addition to energy savings, the energy saving can be ensured when determining the annual heat consumption for heating air; use the calculation formulas in which the calculation is made.

Key words: heat consumption, energy efficiency, ventilation, microclimate, conditioning, energy, energy consumption, continental

Особенность систем обеспечения микроклимата состоит в том, что они расходуют большое количество энергоресурсов, в том числе тепловую и электрическую энергию и водопроводную воду. Проблема сокращения энергопотребления системами вентиляции (СВ) и кондиционирования воздуха (СКВ), будучи частью общей проблемы эффективного использования энергии, особенно актуальна в резкоконтинентальных условиях Республики Узбекистан.

Количественная оценка энергетической эффективности средств обеспечения микроклимата исходит из величины суммарного годового расхода энергии системами. Годовой расход энергии представляется наиболее объективным энергетическим показателем, т. к. именно в годовом цикле в полной мере проявляются все режимы потребления энергии.

Оборудованием СК определение годового расхода тепла или холода СВ или СКВ сводится к интегрированию зависимости от времени года потребляемой мощности оборудованием. Последняя величина является функцией теплосодержания наружного воздуха, т. к. тепло и

искусственный холод расходуется только на обработку наружного воздуха. Среди многообразия моделей представления годового изменения параметров наружного воздуха выделим две группы. Первый вид моделей строится на описании годового хода параметров средних за месяц. Модели представляются в табличной форме или описываются аналитически. Разновидностью подобной модели наружного климата является так называемый представительный год, использование которого получило широкое распространение за рубежом.

Второй вид представления климатической информации использует обработку срочных измерений в виде функций распределения параметра. Функции распределения задаются в табличной форме, в виде графиков или аппроксимируются аналитическими зависимостями. Такой вид представления климата встречает определенные трудности. Во-первых, требуется сложная обработка метеоданных, во-вторых, возникает трудность принципиального характера, которая состоит в необходимости оперировать двухмерным распределением параметров. При этом неизбежно привлечение громоздкого математического аппарата, который к тому же строится на существенных допущениях в постановке задачи. Вместе с тем второй вид модели климата имеет несомненное преимущество перед первым, состоящее в том, что в информации о параметре заложен весь диапазон его изменения.

При осреднении параметров наружного воздуха имеющийся диапазон изменения параметров сокращается, что представляет недостаток первой модели. Однако осреднение исключает разного рода помехи и позволяет выделить основную закономерность изменения параметра во времени, вытекающую из физической сущности процессов, формирующих параметр. Это является определенным преимуществом первой модели. Но главное ее преимущество состоит в простоте представления функций времени параметров, а также в большом объеме доступных данных.

Уменьшенный диапазон параметров, заданных средними значениями, не является препятствием для их использования в анализе годового режима работы СВ и СКВ, т. к. переход от режима к режиму происходит, как правило, при «умеренных» значениях параметров. Лишь некоторые режимы работы систем, не являющиеся показательными с точки зрения энергопотребления, протекают при значениях параметров климата, близких к расчетным.

Следует отметить, что при расчете годовых затрат энергии системами нет надобности вовлечения в анализ значений параметров, близких к экстремальным. На это обстоятельство справедливо указал А. М. Сизов [1]. Если иметь в виду, что средняя часть функции распределения совпадает со среднемесячными значениями, то отмеченное преимущество полноты представления параметра функцией распределения значительно сокращаются. Исследования, проведенные Ю. Мазухом [2], показали незначительное расхождение результатов расчета годового расхода энергии по двум моделям, что подтверждает правомерность использования осредненных климатических параметров.

Изложенные соображения позволили разработать достаточно простые формулы для расчета годового расхода тепла, холода и электроэнергии СВ и СКВ, которые приводятся ниже. Сопутствующая база данных о годовом изменении параметров наружного воздуха позволяет вести расчет для большого числа населенных пунктов.

#### **Расчет годовых расходов теплоты для системы вентиляции, кондиционирования воздуха.**

Расчет годовых расходов теплоты и электроэнергии для системы вентиляции, кондиционирования воздуха и холода для СКВ производится отдельно для каждой рабочей смены или части суток (далее смены) с последующим суммированием при работе систем в две или большее число смен.

В расчете используются средние за время работы системы (за смену) параметры наружного воздуха:

а) температура самого жаркого и самого холодного месяца, °С:

$$t_{m,j} = t_j + A_j K_1 K_2, \quad (1)$$

$$t_{m,x} = t_x + A_x K_1 K_2, \quad (2)$$

где  $t_j$ ,  $t_x$  – средняя температура самого жаркого и холодного месяца в °С, определяемая по табл. 3 СНиП 23–01–99 «Строительная климатология»; КМК 2.01.04.97

$A_{ж}, A_{х}$  – амплитуда колебания температуры в °С, равная половине средней амплитуды самого жаркого (табл. 2) и холодного (табл. 1 КМК 2.01.04.97) месяца;

$K_1$  – коэффициент, определяемый по табл. 1 в зависимости от продолжительности смены;

$K_2$  – коэффициент, определяемый по табл. 1 в зависимости от времени, приходящегося на середину смены.

б) энтальпия самого жаркого и самого холодного месяца, кДж/кг:

$$I_{m,ж} = I_{ж} + A_{i,ж} K_1 K_2, \quad (3)$$

$$I_{m,х} = I_{х} + A_{i,х} K_1 K_2, \quad (4)$$

где  $I_{ж}, I_{х}$  – средняя энтальпия самого жаркого и холодного месяца, определяемая по табл. 3;  $A_{i,ж}, A_{i,х}$  – амплитуда энтальпии самого жаркого и холодного месяца, определяемая по табл. 3.

в) среднегодовая температура с учетом времени работы системы:

$$t_{m,г} = t_{г} + 0,5 (A_{ж} + A_{х}) K_1 K_2, \quad (5)$$

где  $t_{г}$  – среднегодовая температура, определяемая по табл. 3 КМК 2.01.04.97;

$A_{ж}, A_{х}$  – амплитуды температуры, определяемые по п.п. «а».

г) среднегодовая энтальпия с учетом времени работы системы:

$$I_{m,г} = I_{г} + 0,5 (A_{i,ж} + A_{i,х}) K_1 K_2 \quad (6)$$

где  $I_{г}$  – средняя за год энтальпия, определяемая по табл. 3;

$A_{i,ж}, A_{i,х}$  – амплитуды энтальпии, определяемые по п.п. «б».

### Годовой расход теплоты на нагрев приточного воздуха в СВ

Годовой расход теплоты на нагрев приточного воздуха за одну смену в приточной СВ, в кДж/кг, равен:

$$Q = 0,143 n m G c (t_{пр} - t_{m,х}) M K_3 K_4, \quad (7)$$

где  $n$  – число рабочих дней в неделе;

$m$  – продолжительность смены, ч;

$c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/кг • °С;

$G$  – максимальный расход приточного (наружного) воздуха, кг/ч;

$t_{пр}$  – температура приточного воздуха в холодное время года, °С;

$t_{m,х}$  – температура наружного воздуха самого холодного месяца, определяемая по формуле (3);

$M$  – продолжительность периода потребления теплоты воздухонагревателем СВ, в сутках;

$K_3, K_4$  – коэффициенты, определяемые по табл. 2 в зависимости от величины  $M$ .

Потребление теплоты воздухонагревателем СВ в приточной системе продолжается до тех пор, пока температура наружного воздуха ниже температуры приточного воздуха  $t_{пр}$ :

$t_{m,г}$  – среднегодовая температура наружного воздуха, по формуле (5).

Годовой расход теплоты для СВ, работающей с рециркуляцией воздуха, рассчитывается по формуле (7), в которой вместо температуры наружного воздуха  $t_{m,х}$  следует принять температуру смеси наружного и внутреннего воздуха:

$$t_{m,см} = t_{в,х} (1 - G / G_0) + t_{m,х} G / G_0. \quad (9)$$

В формуле (9)  $G$  и  $G_0$  – расход наружного и приточного воздуха, кг/ч;

$t_{в,х}$  – температура внутреннего воздуха в холодный период года, °С.

Потребление теплоты воздухонагревателем СВ в системе с рециркуляцией имеет место пока температура смеси наружного и внутреннего воздуха ниже температуры приточного воздуха в холодный период года. При этом в формулу (8) вместо  $t_{m,х}$  следует подставить  $t_{m,см}$  по формуле (9), а вместо  $t_{m,г}$  – среднегодовую величину температуры смеси, которую надо определить по формуле (9) при среднегодовой температуре наружного воздуха.

Число часов работы воздухонагревателя в течение года определяется по формуле:

$$M_{г} = 0,143 M n m$$

$$K_3. (10) = 0,143 * 2 * 1,04 * 5 * 225 = 25,168 = 47,9 = 0,143 * 2 * 0,97 * 1295 = 178,9 = 179$$

### Пример

Определить годовой расход теплоты для приточной СВ, работающей в две смены (5 дней в неделю в условиях Узбекистана без рециркуляции и с рециркуляцией. Продолжительность каждой смены  $m = 9$  ч, первая смена с 7 до 15 ч, вторая – с 15 до 23 ч (по истинному времени)). Общий расход воздуха – 28 000 м<sup>3</sup>/г, в том числе наружного воздуха – 12 000 м<sup>3</sup>/г, температура

воздуха в холодный период года  $t_{в,х} = -14$  °С, температура приточного воздуха для холодного периода года  $t_{пр} = 20$  °С.

### Решение

По КМК 2.01.99 для Ташкент средняя температура наружного воздуха за год (табл. 3 СНиП)  $t_r = 13,6$  °С; для самого холодного месяца (табл. 1 СНиП)  $t_x = -4,2$  °С, амплитуда колебания температуры самого жаркого месяца (табл. 2 СНиП)  $A_{ж} = 0,5 \cdot 23,7 = 11,9$  °С; для самого холодного месяца (табл. 1 СНиП)  $A_x = 0,5 \cdot 19,9 = 9,95 = 10$  °С.

При продолжительности смен  $m = 8$  ч и среднем времени для первой смены  $7 + 15 / 2 = 11$  ч, второй смены  $15 + 23 / 2 = 19$  ч, по табл. 1 находим для первой смены  $K_1 = 0,83$ ;  $K_2 = 0,5$ ; для второй смены  $K_1 = 0,83$ ,  $K_2 = 0,5$ , т. е. значения коэффициентов для первой для первой и второй смен совпадают. Это значит, что совпадают и значения температуры наружного воздуха для смен и годовые расходы теплоты за первую и вторую смены будут одинаковыми.

Средняя за смену температура самого холодного месяца по формуле (2):

$$t_{m,x} = -4,2 + 3,9 \cdot 0,83 \cdot 0,5 = 3 \text{ °С},$$

средняя за смену среднегодовая температура по формуле (5)

$$t_{m,r} = 3,6 + 0,5 (11,9 + 10) 0,83 \cdot 0,5 = 9 \text{ °С}.$$

Продолжительность периода потребления теплоты по формуле (8)

$$M = 182,5 \cdot [(20 + 3) / (9 + 3)] 0,5 = 175 \text{ сут.}$$

Для  $M = 175$  сут. по табл. 2, получаем  $K_3 = 0,97$ ;  $K_4 = 0,67$ . Годовой расход теплоты по формуле (7) для прямоточной системы составит

$$Q = 0,143 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 28\,000 \cdot 1,005 (20 + 3) 175 \cdot 0,97 \cdot 0,67 = 101,11 \text{ ГДж/г.}$$

Годовое число часов работы воздухонагревателя по формуле (10)

$$M_r = 0,143 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 175 \cdot 1,06 = 600,6 \text{ ч/г.}$$

При работе с рециркуляцией воздуха средняя за смену температура смеси наружного и внутреннего воздуха в самый холодный месяц года по формуле (9) равна

$$t_{m,x} = 18 (1 - 12\,000 / 28\,000) - 3 - 12\,000 / 28\,000 = 6,54 \text{ °С},$$

а среднегодовая смесь по формуле (9)

$$t_{m,r} = 18 (1 - 12\,000 / 28\,000) + 9 - 12\,000 / 28\,000 = 7,71 + 8,57 = 16,28 \text{ °С}.$$

Продолжительность периода потребления теплоты по формуле (8) при использовании рециркуляции равна

$$M = 182,5 [(20 - 6,54) / (16,28 - 6,54)] 0,5 = 2456,4 / 487 = 51 \text{ сут.}$$

При  $M = 197$  сут. по табл. 2, получаем  $K_3 = 0,91$ ,  $K_4 = 0,65$ .

Годовой расход теплоты по формуле (7)

$$Q = 0,143 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 28\,000 (20 - 6,54) 51 \cdot 0,91 \cdot 0,65 = 4,8 \text{ ГДж/г.}$$

Число часов работы воздухонагревателей в год по формуле (10)

$$M_r = 0,143 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 51 \cdot 0,91 = 291,72 \text{ ч/г.}$$

Годовой расход теплоты системой за две смены соответственно составит:

– для прямоточной системы  $101,11 \cdot 2 = 202,22$  ГДж/г;

– для системы с рециркуляцией  $4,8 \cdot 2 = 9,6$  ГДж/г.

Выводы: в результате расчёта годового расхода теплоты для приточной СКВ, работающей в две смены 5 дней в неделю в условия Узбекистана определены расхода тепла в воздух нагревателях. И показана экономическая эффективность предложенных формуле.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сизов А. М. Комплексно-временная форма представления наружного климата в расчетах систем кондиционирования микроклимата (СКМ). Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Рига, 1975.

2. Masuch J. Genanigkeit von Energieverbrauchsrechnungen fu.r raumlu.fttechnisches Anlagen bei reduzierter Wetterdatenmenge // HLH 33. – 1982. – № 11. – Nov.