

Учёт теплоустойчивости помещения при расчёте нагрузки на охлаждение помещения

Расчёт нагрузки в тёплый период года на систему кондиционирования воздуха является важной задачей, так как максимальная нагрузка определяет установленную мощность аппаратов охлаждения приточного воздуха в кондиционере. В свою очередь, установленная мощность влияет не только на экономические показатели системы кондиционирования воздуха, но и на качество поддержания заданных параметров в помещении [1–3].

Обычно холодильная нагрузка на кондиционер в проектной практике определяется максимальной суммой теплопоступлений в помещение в течение рабочего дня в расчётные сутки [3, 4].

Однако, если рабочий день не охватывает полные сутки, и кондиционер работает только в рабочее время или включается несколько заранее, то максимальная нагрузка может формироваться за счёт накопленной теплоты, поступающей в помещение до начала рабочего дня [5–8].

Важную роль в формировании температурного режима помещения играет его способность сохранять относительно постоянную температуру при изменении теплопоступлений, то есть внутренняя теплоустойчивость помещения [9–15].

Причём она проявляет себя в двух аспектах. Во-первых, при поступлениях теплоты в помещение до включения кондиционера теплота накапливается в помещении, повышая его температуру тем сильнее, чем меньше теплоустойчивость помещения [13]. Во-вторых, при ассимиляции конвективными потоками теплоты, поступающей лучистым путём в помещение, внутренняя теплоустойчивость проявляет себя тем, что нагрузка на конвективную систему охлаждения уменьшается тем в большей степени, чем выше теплоустойчивость [9, 10, 13, 14].

При этом трансформация лучистой теплоты в конвективную осуществляется путём нагрева поверхностей ограждающих конструкций помещения, обращён-

При поступлениях теплоты в помещение до включения кондиционера теплота накапливается в нём, повышая его температуру тем сильнее, чем меньше теплоустойчивость помещения. При ассимиляции конвективными потоками теплоты внутренняя теплоустойчивость проявляет себя тем, что нагрузка на конвективную систему охлаждения уменьшается тем в большей степени, чем выше теплоустойчивость

ных внутрь, лучистой теплотой, часть теплоты отводится внутрь ограждающей конструкции, затем конвективные потоки системы охлаждения воздухом более низкой температуры, чем поверхности, охлаждают поверхности [15].

Целью предлагаемой статьи является расчётная оценка зависимости холодильной нагрузки, ассимилирующей поступления теплоты солнечной радиации через окна помещений, различно ориентированных по сторонам света, от внутренней теплоустойчивости помещений, функционирующих с 9:00 до 18:00 часов.

В работе решается задача периодического суточного нестационарного теплового режима помещения. В качестве граничных наружных условий рассматриваются суточные колебания температуры наружного воздуха по закону косинуса вокруг среднего суточного значения 28 °С с амплитудой (в математическом смысле, то есть максимальное отклонение вверх и вниз от среднего значения), равной 7 °С.

Расчёту подвергались три рядовых помещения на промежуточных этажах здания одинаковой геометрии: 4,5×4,5 м в плане и 3,5 м по высоте с окном 2×2 м в одной наружной стене. Общая площадь внутренней поверхности ограждающих конструкций, обращённой в помещение, равна $\Sigma(A_i) = 103,5 \text{ м}^2$.

Рецензия эксперта на статью получена 26.11.19 [Expert review on the article received on October 26, 2019].

УДК 628.82+697.94. Научная специальность: 05.23.03.

Учёт теплоустойчивости помещения при расчёте нагрузки на охлаждение помещения

Е. Г. Малявина, к.т.н., профессор; А. Г. Ломакин, аспирант, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Из теории теплоустойчивости известно, что чем выше внутренняя теплоустойчивость, тем в большей степени срезаются пики лучистой нагрузки. Расчёты показали, что высокая внутренняя теплоустойчивость приводит к большему, чем при низкой внутренней теплоустойчивости, сокращению нагрузки на аппараты охлаждения помещения при нагрузке за счёт теплоты, накопленной перед рабочим днём.

Ключевые слова: теплоустойчивость помещения, теплопоступления помещения, перегрев помещения перед началом рабочего дня, нагрузка на системы кондиционирования.

UDK 628.82+697.94. Number of scientific specialty: 05.23.03.

The room thermal stability to be considered when calculating the room cooling load

E. G. Malyavina, PhD, Professor; A. G. Lomakin, postgraduate student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

It is known from the theory of thermal stability that the higher the internal thermal stability, the more cut the peaks of the radiant load. The calculations have shown that a high internal heat resistance leads to a greater, than at low internal thermal stability, reduction in the load on the room cooling devices loaded due to the heat, which has been accumulated before the working day.

Key words: thermal stability of the room, room heat gain, overheating of the room before the working hours, air conditioning, load on the cooling devices..

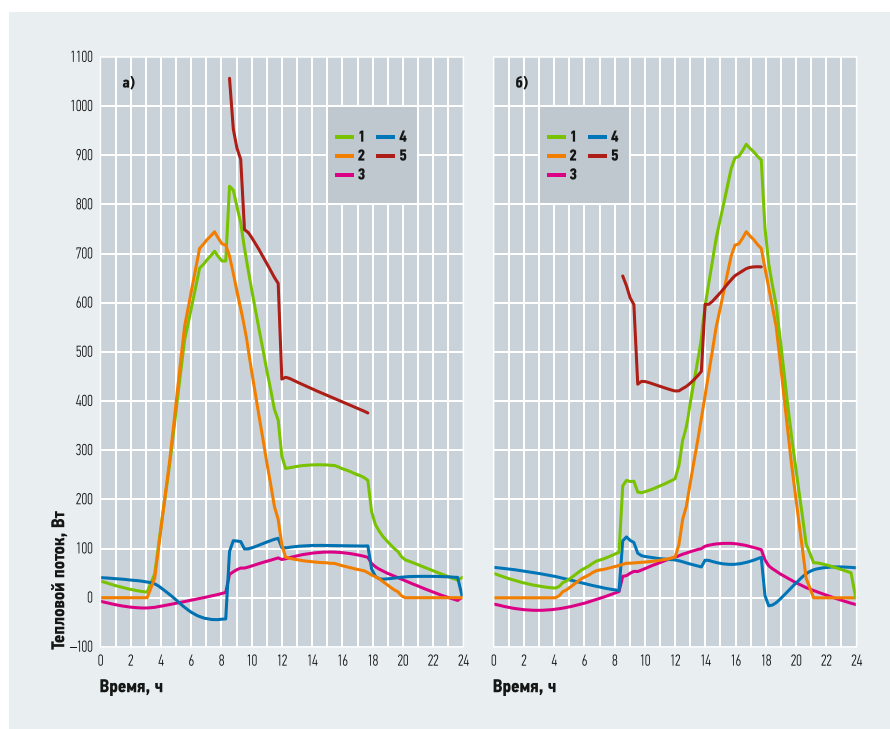


Рис. 1. Суточный ход тепловых потоков в помещениях с низкой теплоустойчивостью (а — обращённом на восток; б — обращённом на запад; 1 — суммарные тепlopоступления в помещение; 2 — тепlopоступления непосредственно проникающей в помещение солнечной радиации через окно; 3 — тепlopоступления за счёт теплопередачи через окно; 4 — тепlopоступления за счёт теплопередачи через наружную стену; 5 — поток холода, ассимилирующий теплоизбытки в помещении)

Помещения имели различную внутреннюю теплоустойчивость — в основном за счёт различной внутренней отделки помещений:

- **с высокой теплоустойчивостью** (стены и перегородки выполнены из железобетона, потолок — железобетонная плита, пол — гипсовая плита по железобетонной плите);
- **со средней теплоустойчивостью** (на стене и перегородках учтена цементно-песчаная штукатурка, потолок — железобетонная плита, пол — линолеум по железобетонной плите);
- **с низкой теплоустойчивостью** (на стене и перегородках учтена перлитовая штукатурка, потолок — акриловая плитка по железобетонной плите, пол — ковровый по железобетонной плите).

Окна с двухкамерным стеклопакетом, в пластиковых переплётах, на окнах внутри имеется светлая штора. Окна и наружные стены облучаются суммарной солнечной радиацией, характерной для северной широты 56°. Помещения ориентированы на одну из сторон света: юг, восток, запад.

Внутренние тепlopоступления в помещение не учитывались.

Оценка влияния внутренней теплоустойчивости помещения на формирование холодильной нагрузки выполнялась расчётным путём методом конечных

разностей в декартовых координатах по неявной схеме при моделировании точного нестационарного теплового режима помещения. Расчёт нестационарного теплового режима помещений выполнялся с шагом по времени 15 минут. Изменяющаяся во времени холодильная нагрузка на кондиционер подбиралась таким образом, чтобы температура внутреннего воздуха в рабочее время находилась в пределах 21,5–22,7°C. Кондиционер включался за 30 минут до начала рабочего дня.

Так как численный метод конечных разностей не позволяет выполнить обобщение теплофизических характеристик помещений для оценки их внутренней теплоустойчивости, в работе использована характеристика, принятая в теории теплоустойчивости [10, 13], то есть показатель тепlopосвоения помещения. Это тем более правомерно, что решается периодическая задача.

Для помещения с высокой теплоустойчивостью $Y_{\text{п}} = 1939 \text{ Вт/}^\circ\text{C}$, со средней теплоустойчивостью — $Y_{\text{п}} = 1137 \text{ Вт/}^\circ\text{C}$, с низкой — $Y_{\text{п}} = 294 \text{ Вт/}^\circ\text{C}$.

В соответствии с теорией тепловой устойчивости [9, 10] величина стабилизирующего конвективного потока для сглаживания гармонически изменяющейся температуры воздуха по сравнению с возмущающими лучистыми потоками будет

в $\alpha_{\text{т}}$ раз меньше. Показатель $\alpha_{\text{т}}$ назван [13] коэффициентом ассимиляции лучистых потоков. Коэффициент ассимиляции лучистых потоков $\alpha_{\text{т}}$ равен:

$$\alpha_{\text{т}} = \frac{1}{1 + \frac{Y_{\text{п}}}{\sum (\alpha_{\text{к}} A_i)}}, \quad (1)$$

где $Y_{\text{п}}$ — показатель тепlopосвоения помещения, Вт/°C; $\alpha_{\text{к}}$ — коэффициент конвективной теплоотдачи каждой поверхности, обращённой в помещение, Вт/(м²·°C); i — порядковый номер внутренней поверхности ограждающей конструкции; A_i — площадь i -й внутренней поверхности ограждения, м².

Следовательно, при преимущественно лучистых тепlopоступлениях для уменьшения энергозатрат на понижение температуры помещения целесообразно использовать конвективную систему. Как видно из (1), чем больше показатель тепlopосвоения помещения $Y_{\text{п}}$, то есть чем выше внутренняя теплоустойчивость, тем ниже коэффициент ассимиляции лучистой теплоты $\alpha_{\text{т}}$, и тем выгоднее системой кондиционирования воздуха снимать периодическую лучистую тепловую нагрузку с помещения.

Результатом расчёта служили тепловые потоки [Вт] тепlopоступлений в помещение за счёт теплопередачи через наружную стену и окно и непосредственно проникающей через окно лучистой теплоты солнечной радиации на каждом временном шаге. Кроме того, рассчитаны изменения в течение суток температуры внутреннего воздуха, радиационной и результирующей температур помещения, а также температуры внутренней поверхности всех ограждающих конструкций. По этим данным рассчитаны суммы тепlopоступлений и подачи холода в течение суток и за рабочее время.

Основные различия вариантов расчёта для помещений с одинаковой теплоустойчивостью заключаются в различной ориентации по сторонам света. Причём суточные суммы тепlopоступлений от солнечной радиации в помещения, ориентированные на восток и на запад, равны. Однако максимум тепlopоступлений от солнечной радиации в помещение, ориентированное на восток, наблюдается в 7:30 утра, то есть за полтора часа до начала рабочего дня, а в помещение, ориентированное на запад, — в 16:45, то есть в рабочее время. В результате этого сумма подачи холода за рабочее время для помещения на запад на 30–40% больше, чем для помещения на восток.

Рис. 1 иллюстрирует изменения во времени характерных тепловых потоков, а рис. 2 — температуры в течение суток.

Понятно, что в помещении на восток большая нагрузка на кондиционер наблюдается в начале рабочего дня, а в помещении на запад — в конце рабочего дня. На рис. 2 представлены суточные изменения температуры внутренних поверхностей наружной стены и окна.

Видно, что стена, имея большую тепловую инерцию, прогревается с большим запаздыванием, чем окно, по отношению к максимуму интенсивности падающей солнечной радиации. Кроме того, на рис. 2 приведены изменения температуры внутреннего воздуха и результирующей температуры помещения, являющейся средней между температурой внутреннего воздуха и радиационной температурой помещения. Так как радиационная температура равна средней температуре поверхностей, обращённых в помещение, которая формируется в том числе за счёт нагрева внутренних поверхностей ограждений проникающей через окно солнечной радиацией, результирующая температура помещения выше температуры воздуха. Разность между температурой воздуха и результирующей температурой определяется наличием конвективных теплопоступлений в помещение.

Поэтому, когда работает кондиционер, температура воздуха ниже результирующей, а вне рабочего времени — наоборот, результирующая температура выше температуры воздуха, так как в помещение от ограждающих конструкций поступает конвективная теплота. Так как величина этих тепловых потоков мала, разность температур вне рабочего времени плохо просматривается.

Некоторые результаты расчётов приведены в табл. 1.

Доля максимальной нагрузки поступлений лучистой солнечной теплоты от общих теплопоступлений в рабочее время в рассмотренных вариантах расчёта составляет при следующей ориентации помещения: на юг — $571,2/725,8 = 0,787$; на



Рис. 2. Суточный ход температур в помещении (а — обращённом на восток, б — обращённом на запад; 1 — результирующая температура помещения; 2 — температура воздуха помещения; 3 — температура внутренней поверхности наружной стены; 4 — температура внутренней поверхности окна)

восток — $695,2/837,0 = 0,830$; на запад — $744,5/919,7 = 0,809$. Несмотря на то, что при ориентации на восток эта доля самая большая, требующаяся установленная мощность охлаждающих аппаратов тоже самая большая. Это происходит потому, что именно при такой ориентации перегрев помещения до включения кондиционера самый большой.

Перегрев проявляется не только в более высокой температуре поверхностей, обращённых в помещение, но и в значительно более высокой температуре воздуха внутри помещения перед включением кондиционера: в выполненных расчётах в помещениях с лёгкой отделкой с ориентацией на восток эта температура равна $27,7^{\circ}\text{C}$, а с ориентацией на юг и запад — $24,9^{\circ}\text{C}$.

Интересно, что перегрев помещения, обращённого на восток, до начала рабочего дня играет большую роль в реальной нагрузке на охладитель, чем теплопоступления в помещение, обращённое на запад, при почти одновременном максимуме температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации в течение рабочего дня. Меньшая нагрузка в помещении на запад объясняется тем, что она снята сразу после её формирования, однако снижение максимальной мощности аппаратов охлаждения достигается ценой необходимости ассимиляции большей суммы теплопоступлений за рабочий день, чем в помещении на восток.

Более высокая температура воздуха перед включением кондиционера приводит к более высокой нагрузке на охладитель.

Суммы теплопоступлений в помещение и величины охлаждающих нагрузок

табл. 1

Ориентация помещения по сторонам света	Внутренняя теплоустойчивость помещения	Суточная сумма теплопоступлений всего, Вт·ч	Суточная сумма теплопоступлений через окно, Вт·ч	Суточная сумма теплопоступлений через стены, Вт·ч	Суточная сумма теплопоступлений солнечной радиации, Вт·ч	Сумма теплопоступлений за рабочий день, Вт·ч	Сумма подачи холода, Вт·ч	Проектная нагрузка, Вт	Реальная нагрузка, Вт
юг	высокая	6463,0	1024,7	1229,2	4209,1	5194,1	2627,2	724,1	297,5
юг	средняя	6453,8	993,4	1251,3	4209,1	5214,8	3098,7	725,8	352,0
юг	низкая	6339,7	863,1	1267,5	4209,1	5260,6	4852,6	718,2	624,5
восток	высокая	6843,5	1003,7	1271,9	4567,9	3420,3	2781,4	786,9	339,1
восток	средняя	6808,9	955,1	1285,9	4567,9	3439,2	3263,2	792,8	401,9
восток	низкая	6712,7	842,2	1302,6	4567,9	3702,3	5180,4	837,0	1056,4
запад	высокая	6848,9	1008,5	1272,6	4567,9	4785,6	2755,3	919,7	331,2
запад	средняя	6846,9	981,2	1297,8	4567,9	4815,6	3272,3	921,2	372,5
запад	низкая	6721,8	841,6	1312,3	4567,9	4840,6	5147,2	922,4	673,2

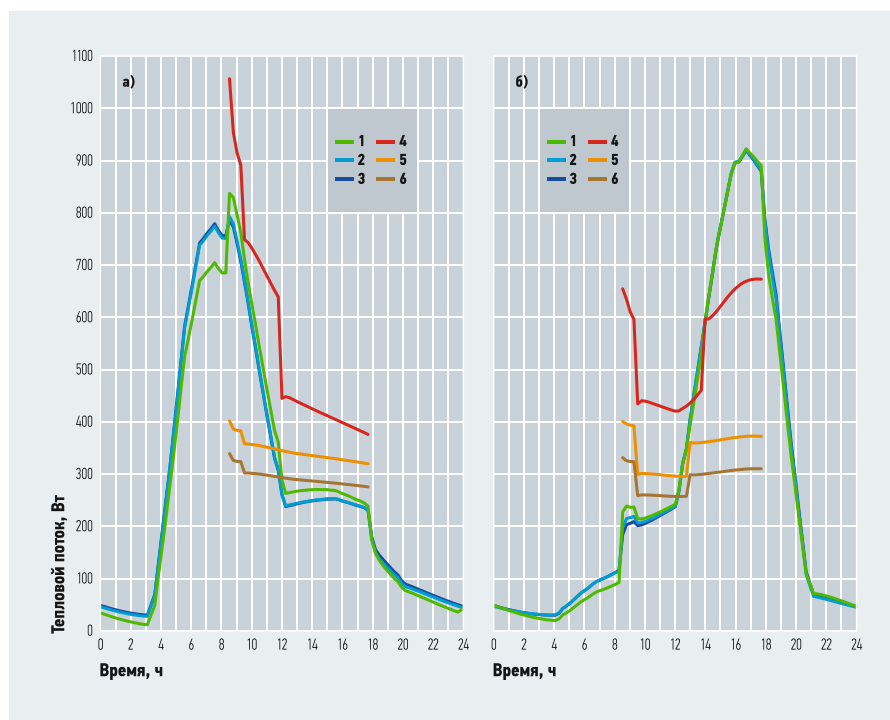


Рис. 3. Сравнение суточного хода тепловых потоков в помещениях с различной теплоустойчивостью (а — обращённом на восток; б — обращённом на запад; 1, 2 и 3 — суммарные теплопоступления в помещение; 4, 5 и 6 — потоки холода, ассимилирующего теплоизбытки в помещениях: 1 и 4 — с низкой теплоустойчивостью, 2 и 5 — со средней, 3 и 6 — с высокой теплоустойчивостью)

ждающие аппараты кондиционера за счёт конвективной составляющей, которая ассимилируется конвективной системой кондиционирования воздуха полностью. То есть смещение нагрузки в сторону снятия предварительного перегрева приводит к увеличению доли конвективной теплоты, которая увеличивает нагрузку.

Из сравнения проектной и реальной холодильной мощности (нагрузки) кондиционера следует, что только при очень лёгкой отделке помещения требующаяся (реальная) мощность кондиционера приближается или даже превосходит проектную мощность. Проектная мощность прогнозируется на уровне максимальной суммы нагрузок от всех источников: за счёт теплопередачи через окно и стену и непосредственного проникания лучистой солнечной теплоты через окно со светлой внутренней шторой.

Данный результат формирования нагрузки для помещения с лёгкой отделкой свидетельствует о преобладающем влиянии перегрева до включения кондиционера над трансформацией лучистых потоков теплоты от солнечной радиации в конвективные. Лёгкая отделка препятствует проникновению теплоты от нагретой солнцем внутренней поверхности вглубь ограждающей конструкции, что в соответствии с формулой (1) служит причиной практического отсутствия снижения нагрузки при трансформации потоков теплоты.

Сравнение проектной и реальной нагрузок для помещений со средней и высокой теплоустойчивостью подтверждает

значительное влияние внутренней теплоустойчивости помещения на снижение реальной холодильной нагрузки, что не учитывается при проектировании.

Что касается сравнения потребления холода во время работы кондиционера (рис. 3), то оно также подтверждает нецелесообразность лёгкой внутренней отделки помещения, основную долю теплопоступлений в которых составляет лучистая теплота при её ассимиляции конвективной системой кондиционирования воздуха. В помещениях с лёгкой отделкой потребление холода приближается, а то и выше суммы теплопоступлений за рабочий день в помещение. Это объясняется всё той же неспособностью ограждающих конструкций в таких помещениях отводить теплоту вглубь ограждающих конструкций и необходимостью бороться с теплотой, нагретой до начала рабочего дня внутренние поверхности ограждающих конструкций.

Нагрузка кондиционера для охлаждения наружного воздуха

табл. 2

Ориентация помещения по сторонам света	Внутренняя теплоустойчивость помещения	Общая сумма затрат холода, Вт·ч	Сумма затрат холода на охлаждение наружного воздуха до температуры внутреннего, Вт·ч
юг	высокая	7607,0	4850,9
юг	средняя	8856,7	5603,4
юг	низкая	13 987,7	8917,2
восток	высокая	7878,6	5097,3
восток	средняя	8965,3	5702,2
восток	низкая	16 979,1	11 798,7
запад	высокая	8353,3	5557,2
запад	средняя	10 037,9	6724,9
запад	низкая	17 055,5	11 792,8

На рис. 4 представлены изменения результирующей температуры в течение рабочего дня в помещениях с различной внутренней теплоустойчивостью.

Показано, что колебания результирующей температуры в помещениях с высокой теплоустойчивостью значительно меньше, чем при лёгкой. Время максимума результирующей температуры помещений наблюдается после времени максимума потока лучистых теплопоступлений. Изменение тепловой нагрузки на систему кондиционирования воздуха следует за изменениями теплопоступлений.

Для помещения, ориентированного на восток, нагрузка, ассимилирующая эти теплопоступления, самая большая утром, а на запад — во второй половине дня.

Сравнение проектной и реальной нагрузок для помещений со средней и высокой теплоустойчивостью подтверждает значительное влияние внутренней теплоустойчивости помещения на снижение реальной холодильной нагрузки, что не учитывается при проектировании

Следует иметь в виду, что в нагрузке на охлаждающие аппараты установки кондиционирования воздуха основную долю составляет потребность в холоде на охлаждение наружного воздуха до температуры внутреннего воздуха.

В проведенных расчётах рассматривались прямоточные системы кондиционирования воздуха, ассимилирующие все теплоизбытки, без рециркуляции внутреннего воздуха. Расход охлаждаемого наружного воздуха в примере определялся исходя из ассимиляции теплопоступлений в помещение, поэтому сумма расхода потоков холода на охлаждение наружного воздуха неодинакова, что видно из данных табл. 2.

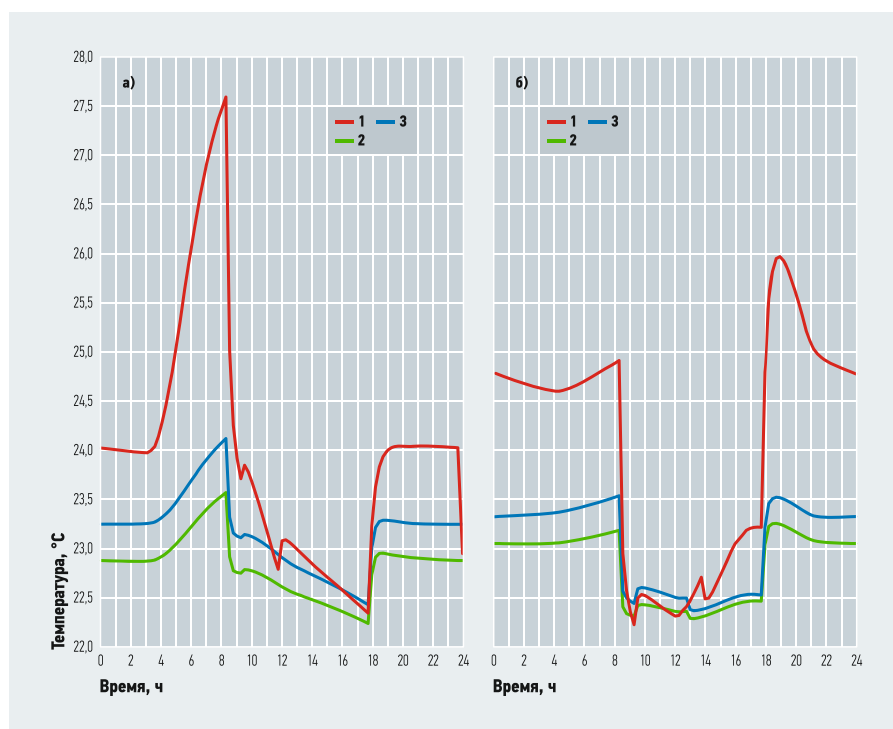


Рис. 4. Сравнение суточного хода результирующих температур в помещениях с различной теплоустойчивостью (а — обращённых на восток, б — обращённых на запад; 1 — с низкой теплоустойчивостью; 2 — со средней теплоустойчивостью; 3 — с высокой теплоустойчивостью)

Из табл. 2 следует, что при одинаковой ориентации помещений сумма подачи холода за рабочий день увеличивается в помещениях со снижением их внутренней теплоустойчивости.

В помещениях, обслуживаемых системами кондиционирования воздуха с рециркуляцией внутреннего воздуха или

Что касается температуры притока, то своё наименьшее значение она принимает в начале работы кондиционера для снятия перегрева помещения. При восточной ориентации помещения в конце дня температура притока выше, чем в помещении, ориентированном на запад.

Закключение

Из всего сказанного выше можно сделать следующие выводы:

1. При лёгкой отделке помещений, доля лучистых теплопоступлений в которых равна 0,787 и выше, имеющих средний по площади показатель теплоусвоения внутренней поверхности ограждающих конструкций помещения около

$$Y_{\text{п}} / \Sigma(A_i) = 294 / 103,5 = 2,84 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

и меньше, требуемая максимальная нагрузка на охлаждающие аппараты кондиционера близка к проектным оценкам или даже немного превосходит их.

2. Для помещений с внутренней теплоустойчивостью

$$Y_{\text{п}} / \Sigma(A_i) = 1137 / 103,5 = 11,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

и выше требуемая максимальная нагрузка на охлаждающие аппараты кондиционера ниже проектных значений.

При указанной теплоустойчивости для помещений, ориентированных на юг, доля реальной нагрузки от проектной составляет 0,48, на восток — 0,51, ориентированных на запад — 0,4.

При высокой внутренней теплоустойчивости имеет место

$$Y_{\text{п}} / \Sigma(A_i) = 1939 / 103,5 = 18,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$$

Эта доля для помещений, ориентированных на юг, составляет 0,41, на восток — 0,43, на запад — 0,36.

3. На практике доля лучистых теплопоступлений в помещения бывает ниже принятой для расчёта. Однако выполненное расчётное исследование показывает целесообразность тяжёлой отделки в помещениях с преимущественно лучистыми теплопоступлениями, в которых требуется охлаждение.

4. Важным аспектом является то, что высокая внутренняя теплоустойчивость приводит к большему сокращению нагрузки на аппараты охлаждения помещения, как при ассимиляции лучистой теплоты в течение рабочего времени, так и при формировании нагрузки за счёт конвективной составляющей теплоты, накопленной до начала рабочего дня.

1. Slee B., Parkinson T., Hyde R. Can you have too much thermal mass? Cutting Edge in Architectural Science: Proc. of the 47th International Conference of the Architectural Science Association. 2013. Pp. 325–333.
2. Якубов Н.Х., Гиясов А. Учёт местных климатических факторов при расчёте теплоустойчивости ограждающих конструкций // Вестник ТГУ, 2008. №1. С. 74–77.
3. Бодров М.В., Зимин А.О. Методика расчёта теплоустойчивости помещений производственных сельскохозяйственных зданий и сооружений // Журнал С.О.К., 2017. №1. С. 102–104.
4. Evangelisti L. et al. Influence of the thermal inertia in the European simplified procedures for the assessment of buildings' energy performance. Sustainability. 2014. Vol. 6. No. 7. Pp. 4514–4524.
5. Кочев А.Г., Москаева А.С., Кочева Е.А., Мартынов А.А. Исследование задач теплоустойчивости ограждающих конструкций православных храмов // Современные наукоемкие технологии, 2015. №8–10. С. 36–40.
6. Гагарина О.Г., Коркина Е.В. Оценка теплоустойчивости ограждающих конструкций и помещений зданий частотным методом // Строительство и реконструкция, 2017. №3. С. 43–47.
7. Ellerbrok C. Potentials of demand side management using heat pumps with building mass as a thermal storage. Energy Procedia. 2014. Vol. 46. Pp. 214–219.
8. Wang L.S. et al. A study of building envelope and thermal mass requirements for achieving thermal autonomy in an office building. Energy and Buildings. 2014. Vol. 78. Pp. 79–88.
9. Шкловер А.М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. 160 с.
10. Богословский В.Н. Строительная теплофизика: учебн. для вузов. — СПб.: АВОК Северо-Запад, 2006. 400 с.
11. Кувшинов Ю.Я. Энергосбережение в системах обеспечения микроклимата зданий: монография. — М.: Изд-во АСВ, 2010. 320 с.
12. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. — М.: АВОК-Пресс, 2002. 194 с.
13. Малявина Е.Г. Теплоустойчивость помещения и типоразмер кондиционера // Стройпрофиль, 2005. №2. С. 60–62.
14. Малявина Е.Г. Зависимость нагрузки на воздушную систему охлаждения помещения от его теплоустойчивости // Журнал С.О.К., 2015. №12. С. 76–77.
15. Malyavina E.G. Joint calculation of the non-stationary thermal mode of a building and its water heating system. Materials and Technologies in Construction and Architecture: Proc. of Science Forum. 2018. Vol. 931. Pp. 905–909.

References — see page 94.

Considering room heat stability when calculating room cooling load. Pp. 80–84.

Helena G. Malyavina, PhD, Professor; **Alexander G. Lomakin**, postgraduate student, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

1. B. Slee, T. Parkinson, R. Hyde. Can you have too much thermal mass? Cutting Edge in Architectural Science: Proc. of the 47th International Conference of the Architectural Science Association. 2013. Pp. 325–333.
2. N.H. Jakubov, A. Gijarov. *Uchet mestnykh klimaticheskikh faktorov pri raschete teploustojchivosti ograzhdajushhih konstrukcij* [Consideration of local climatic factors when calculating the thermal stability of building envelopes]. *Vestnik TTU* [Bulletin of Tajik Technical University]. 2008. No. 1. Pp. 74–77. [In Russian]
3. M.V. Bodrov, A.O. Zimin. *Metodika raschjota teploustojchivosti pomeshhenij proizvodstvennykh sel'skhozajstvennykh zdaniy i sooruzhenij* [The method of calculating the heat resistance of the premises of industrial agricultural buildings and structures]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2017. No. 1. Pp. 102–104. [In Russian]
4. L. Evangelisti et al. Influence of the thermal inertia in the European simplified procedures for the assessment of buildings' energy performance. *Sustainability*. 2014. Vol. 6. No. 7. Pp. 4514–4524. [In Russian]
5. A.G. Kochev, A.S. Moskaeva, E.A. Kocheva, A.A. Martynov. *Issledovanie zadach teploustojchivosti ograzhdajushhih konstrukcij pravoslavnykh hramov* [The study of the problems of thermal stability of the enclosing structures of Orthodox churches]. *Sovremennye naukoemkie tehnologii* ["Modern science technologies" Magazine]. 2015. No. 8–10. Pp. 36–40. [In Russian]
6. O.G. Gagarina, E.V. Korkina. *Ocenka teploustojchivosti ograzhdajushhih konstrukcij i pomeshhenij zdaniy chastotnym metodom* [Assessment of the heat resistance of building envelopes and building premises by the frequency method]. *Stroitel'stvo i rekonstrukcija* ["Construction and renovation" Magazine]. 2017. No. 3. Pp. 43–47. [In Russian]
7. C. Ellerbrok. Potentials of demand side management using heat pumps with building mass as a thermal storage. *Energy Procedia*. 2014. Vol. 46. Pp. 214–219.
8. L.S. Wang et al. A study of building envelope and thermal mass requirements for achieving thermal autonomy in an office building. *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 78. Pp. 79–88.
9. A.M. Shklover. *Teplotperedacha pri periodicheskikh teplovyykh vozdeystviyah* [Heat transfer during periodic thermal effects]. Moscow-Leningrad. Gosjenergoizdat [State Publishing House of literature on the energy industry of the USSR ("Gosenergoizdat" Publishers)]. 1961. 160 p. [In Russian]
10. V.N. Bogoslovskij. *Stroitel'naja teplofizika (teplofizicheskie osnovy otopleniya, ventilatsii i kondicionirovaniya vozduha): uchebn. dlja vuzov* [Building thermophysics (thermophysical basics of heating, ventilation and air conditioning): A textbook for universities]. 3th edition. St. Petersburg. AVOK Severo-Zapad [Publishing House of the Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics of the North-West of Russia ("ABOK-North-West")]. 2006. 400 p. [In Russian]
11. Ju. Ja. Kuvshinov. *Jenergoberezhenie v sistemah obespecheniya mikroklimata zdaniy: monografija* [Energy conservation in building climate systems: A monograph]. Moscow. Izd-vo ASV [Publishing House of the Association of Construction Universities]. 2010. 320 p. [In Russian]
12. Ju. A. Tabunshnikov, M.M. Brodach. *Matematicheskoe modelirovanie i optimizacija teplovoj jeffektivnosti zdaniy* [Mathematical modeling and optimization of thermal efficiency of buildings]. Moscow. AVOK-Press [Publishing House of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics ("ABOK-Press")]. 2002. 194 p. [In Russian]
13. E.G. Maljavina. *Teploustojchivost' pomeshheniya i tiporazmer kondicionera* [The heat resistance of the room and the size of the air conditioner]. *Strojprofil* ["A construction profile" Magazine]. 2005. No. 2. Pp. 60–62. [In Russian]
14. E.G. Maljavina. *Zavisimost' nagruzki na vozdushnuju sistemu ohlazhdeniya pomeshheniya ot ego teploustojchivosti* [The dependence of the load on the air cooling system of the room from its heat resistance]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2015. No. 12. Pp. 76–77. [In Russian]
15. E.G. Malyavina. Joint calculation of the non-stationary thermal mode of a building and its water heating system. *Materials and Technologies in Construction and Architecture: Proc. of Science Forum*. 2018. Vol. 931. Pp. 905–909. [In Russian]