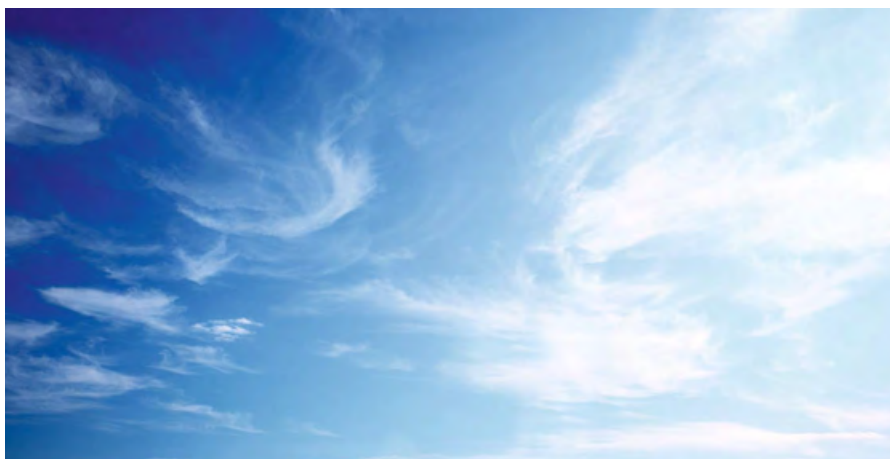




Выбор расчётных температуры и энтальпии наружного воздуха по заданной обеспеченности

Задачи обработки климатологической информации

Расчётные параметры наружной среды играют огромную технологическую и экономическую роль при проектировании систем поддержания заданного теплового микроклимата помещений, поскольку от них зависит установочная мощность систем, их размер, место в здании, занимаемое этими системами.

Ещё в 1970-е годы д.т.н., профессор Московского государственного строительного университета В.Н. Богословский предложил [1] связать коэффициентом обеспеченности $K_{об}$ вероятность расчётных параметров наружной среды с вероятностью поддержания внутренних условий. Чуть позже специалисты по системам кондиционирования воздуха (СКВ) задались целью определить расчётное сочетание температуры и энтальпии наружного воздуха, соответствующее определённой обеспеченности внутренних условий [2, 3]. Ввиду своей сложности задача свелась к выбору расчётных наружных условий с заданным коэффициентом обеспеченности. При этом имелось в виду, что учёт вероятности появления какого-либо параметра наружной среды напрямую приведёт к необходимой вероятности поддержания того же параметра во внутренней среде, хотя очевидно, что разные параметры по-разному влияют на микроклимат помещения.

При вентиляции и кондиционировании воздуха аппараты обработки призваны:

- обеспечить расход и кондиции приточного воздуха для снятия тепло- и влагопоступлений в помещение, при этом на теплопоступления в помещение, связанные с наружной средой, влияют температура наружного воздуха и интенсивность солнечной радиации;
- покрыть затраты теплоты, холода и воды на собственно обработку приточного воздуха и доведение его состояния до нужных кондиций — эти затраты зависят от энтальпии наружного воздуха, формирующейся в зависимости от температуры и влагосодержания воздуха.

Обеспеченность процесса под влиянием нескольких независимых параметров равна произведению обеспеченности каждого из них. Однако температуру и влажность воздуха, а, следовательно, и энтальпию нельзя считать независимыми. Поэтому их обеспеченность будем рассматривать пока совместно:

$$K_{об}(t, I, Q) = K_{об}(t, I) K_{об}(Q), \quad (1)$$

где $K_{об}(t, I, Q)$ — коэффициент обеспеченности совместного наблюдения температуры, энтальпии наружного воздуха и суммарной солнечной радиации; $K_{об}(t, I)$ — коэффициент обеспеченности совместного наблюдения температуры и энтальпии наружного воздуха; $K_{об}(Q)$ — коэффициент обеспеченности суммарной солнечной радиации.

Рецензия эксперта на статью получена 27.12.2017 [Expert review on the article was received on December 27, 2017].

УДК 551.521

Выбор расчётных температуры и энтальпии наружного воздуха по заданной обеспеченности

Е. Г. Малявина, к.т.н., профессор; Фам Ван Лыонг, аспирант, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

При выборе мощности систем вентиляции и кондиционирования воздуха важны расчётные температура и энтальпия наружного воздуха. Обработка метеоданных по методикам РФ и Вьетнама для Москвы и Ханоя показала, что значения по вьетнамским нормам, полнее отвечающим цели поддержания микроклимата помещений по заданной обеспеченности, выше российских незначительно, что говорит о правомерности применения простой российской методики.

Ключевые слова: вероятность, независимые параметры, взаимозависимые параметры, методика выбора, термодинамическое состояние воздуха.

UDC 551.521

Choice of the outdoor air design temperature and enthalpy according to the given provisions

E. G. Malyavina, PhD, Professor; Pham Van Lyong, post-graduate student, the Department of Heat and Gas Supply, Moscow State (National Research) University of Civil Engineering

The choice of the ventilation and air conditioning system power shall imperatively take into account the outdoor air design temperature and enthalpy. The treatment of meteorological data for the cities of Moscow and Hanoi showed, that the valid requirements of the Vietnamese building rules, which enable the room microclimate more accurately according to the given provisions, are not much higher than the Russian ones, so the more simple Russian design methods may be applied.

Keywords: probability, independent parameters, interdependent parameters, choice methods, thermodynamic air state.

Так как в расчёт обычно принимают максимальную солнечную радиацию при безоблачном небе, то есть при обеспеченности $K_{об}(Q) = 1$, то остаётся выяснить, какие значения температуры и энтальпии наружного воздуха следует принять в качестве расчётного.

Методика, принятая в нормативах Российской Федерации

При нормировании расчётных параметров для тёплого периода года в Своде Правил (СП) 131.13330.2012 [4] оба составляющих процесса формирования нагрузки на аппараты кондиционирования воздуха считаются безынерционными. То есть обработка климатологических элементов ведётся безотносительно времени суток, в которое наблюдалось то или другое значение этого параметра наружного воздуха. В то же время энергетическая нагрузка помещения на СКВ и вытекающие из её величины расход и кондиции приточного воздуха с одной стороны, а также потребность в энергии на обработку наружного воздуха, с другой, должны определяться при одном и том же значении температуры наружного воздуха.

Требование абсолютно справедливое, но трудновыполнимое, так как выбор в качестве расчётного для обоих процессов такого значения температуры наружного воздуха, которое приводило бы к заданной обеспеченности внутренних условий, должен опираться не только на расчёт нагрузки при обработке воздуха, но и на расчёт теплопоступлений через ограждающие конструкции.

Учитывая, что расход воздуха, обрабатываемого в СКВ, зависит не только от теплопоступлений через наружные ограждающие конструкции, но и от тепловыделений внутренних источников, а также от солнечной радиации, проникающей через окна, в каждом здании долевое участие нагрузок от помещения и от аппаратов обработки воздуха разное. Поэтому, строго говоря, такой единой температуры просто нет.

В настоящее время в большинстве проектируемых объектов, требующих кондиционирования воздуха, внутренние тепловыделения, не связанные с изменениями температуры наружного воздуха, составляют большую часть расчётной нагрузки. Кроме того, на большей части территории России климат таков, что продолжительность наблюдения температуры наружного воздуха выше поддерживаемых оптимальных или допустимых значений температуры внутреннего воздуха и величина превышения наружной температуры над внутренней в период

Расход воздуха, обрабатываемого в СКВ, зависит не только от теплопоступлений через наружные ограждающие конструкции, но и от тепловыделений внутренних источников, а также от солнечной радиации, проникающей через окна

снятия теплоизбытков в помещении относительно незначительны. Принимая во внимание эти обстоятельства, в РФ принят общий подход к выбору расчётной точки Н с расчётными значениями температуры t_n и энтальпии I_n наружного воздуха, которые принимаются так, что обеспеченность наблюдения каждого из них $K_{об}(t)$ и $K_{об}(I)$ не зависит от обеспеченности друг друга и равна требуемой обеспеченности $K_{об}$.

К этому подходу выбора расчётных значений температуры и энтальпии наружного воздуха у большинства специалистов претензий нет. Выдвигаются претензии к способу задания расчётной энтальпии тёплого периода года с помощью карты, делающей совершенно невозможным снятие значения энтальпии с требуемой точностью. Дело в том, что расчётная нагрузка на холодильные машины и аппараты кондиционеров, а, следовательно, и их размер сильно зависят от расчётного значения энтальпии.

Это значение желательно задавать с точностью до 0,5 кДж/кг, реализуемой только при табличном представлении.

Методика, принятая в нормативах Вьетнама

В нормативных документах Социалистической Республики Вьетнам [5] профессор Чан Нгок Тьян'ом разработана мето-

дика [6] обработки температуры и энтальпии наружного воздуха по совместной обеспеченности обоих параметров. Приятно отметить, что профессор кафедры «Микроклимат и строительная среда» Ханойского инженерно-строительного университета Чан Нгок Тьян в 1967 году окончил факультет Теплогазоснабжения и вентиляции МИСИ им. В.В. Куйбышева, а в 1970 году успешно защитил кандидатскую диссертацию под руководством д.т.н., профессора А.В. Нестеренко по кафедре отопления и вентиляции.

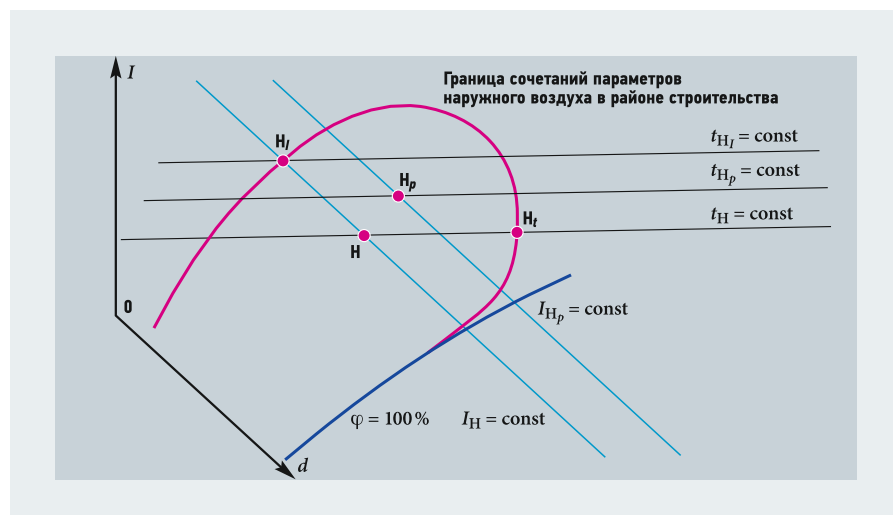
Целью разработки методики по совместной обеспеченности параметров является нахождение такой расчётной точки H_p , при которой зона обеспеченности наблюдения обоих параметров была бы равна требуемой. Коэффициент обеспеченности двух зависимых параметров можно выразить формулой:

$$K_{об}(t, I) = K_{об}(t)K_{об}(I/t) = K_{об}(I)K_{об}(t/I), \quad (2)$$

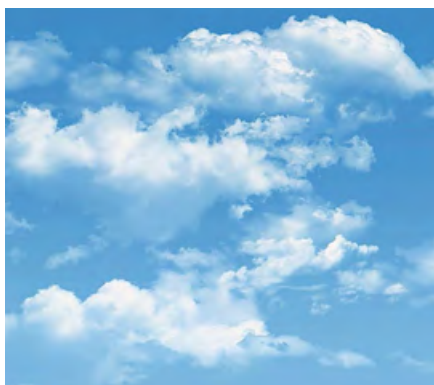
где $K_{об}(I/t)$ — коэффициент обеспеченности энтальпии наружного воздуха при определённом значении температуры; $K_{об}(t/I)$ — коэффициент обеспеченности температуры наружного воздуха при определённом значении энтальпии.

Ход нахождения расчётного сочетания t_{H_p} и I_{H_p} , имеющего обеспеченность $K_{об}(t, I)$, следующий.

Обеспеченность энтальпии $K_{об}(I/t_n)$ в точке H_I пересечения линия $t_n = \text{const}$ и правой границы области сочетаний параметров (рис. 1) равна 1, то есть обеспеченности максимально возможной энтальпии при температуре, соответствующей заданной обеспеченности. Поэтому точка H_I отвечает заданным условиям определения t_{H_p} и I_{H_p} , так как в ней совместная обеспеченность температуры и энтальпии соответствует заданной.



❖ Рис. 1. Схематическое изображение на i - d -диаграмме расчётных значений температуры и энтальпии наружного воздуха, полученных по разным методикам обработки первичной климатической информации



Обеспеченность температуры $K_{об}(t/I_H)$ в точке H_t пересечения линия $I_H = \text{const}$ и левой границы области сочетаний параметров равна 1, то есть обеспеченности максимально возможной температуры при энтальпии, соответствующей заданной обеспеченности. Следовательно, точка H_t тоже отвечает заданным условиям определения t_{H_p} и I_{H_p} . Однако обе точки H_t и H_l не удобны для рассмотрения их в качестве расчётных из-за обусловленности параметров в них максимальной своего значения при заданной обеспеченности другого параметра.

Необходимо на $i-d$ -диаграмме построить соединяющую точки H_t и H_l линию, являющуюся геометрическим местом точек термодинамического состояния воздуха, значения параметров которого t_{H_p} и I_{H_p} отвечают требуемой обеспеченности $K_{об}(t, I)$. Для этого следует, воспользовавшись выражением (2), выразить $K_{об}(t, I)$ произведением двух чисел. Затем построить изотерму с обеспеченностью $K_{об}(t)$, равной одному сомножителю, и найти на ней точку, отвечающую обеспеченности энтальпии при данной температуре $K_{об}(I/t)$, равной второму сомножителю. Такую операцию можно вы-

полнить, построив изоэнтальпу с обеспеченностью $K_{об}(I)$, равной одному сомножителю, и найти на ней точку, отвечающую обеспеченности температуры при данной энтальпии $K_{об}(t/I)$, равной второму сомножителю. Однако строить всю линию не требуется. В качестве расчётной точки H_p в методике [6] принята точка при средней для точек H_t и H_l температуре: $t_{H_p} = (t_{H_t} + t_{H_l})/2$. Затем следует провести изотерму t_{H_p} , определить обеспеченность этой температуры $K_{об}(t)$ путём обработки первичных метеоданных, вычислить требуемую обеспеченность энтальпии при температуре t_{H_p} :

$$K_{об}(I/t) = K_{об}(t/I)/K_{об}(t),$$

из первичных метеоданных найти значение энтальпии, соответствующей полученной обеспеченности (рис. 1).

Точка H_p всегда лежит выше точки H_t , что означает $t_{H_p} > t_{H_t}$, и $I_{H_p} > I_{H_t}$, потому что точка H образует зоны необеспеченности продолжительностью, относящиеся к каждому из двух параметров, а точка H_p образует суммарную для обоих параметров зону необеспеченности той же продолжительности.

Результаты обработки температуры и энтальпии наружного воздуха по заданной обеспеченности

По приведённым выше методикам были определены расчётные значения температуры и энтальпии наружного воздуха, отвечающие различной обеспеченности своего появления от общего числа часов в году по средним многолетним данным для двух городов: Москвы и Ханоя. Для этого были обработаны данные метеостанции, находящейся на территории ВДНХ, за 1984–2011 годы и метеостанции Ханоя за 2005–2014 годы. Результаты обработки представлены в табл. 1.

Выводы

1. Расчётные значения температуры и энтальпии, полученные по различным методикам обработки метеорологических данных, по-разному оценивают обеспеченность процесса кондиционирования воздуха. Обеспеченность температуры из российской методики соответствует обеспеченности расчётного расхода приточного воздуха, а обеспеченность энтальпии — обеспеченности холодопроизводительности воздухоохлаждителя.

Обеспеченность значений тех же параметров из вьетнамской методики соответствует обеспеченности полного процесса кондиционирования воздуха, начиная с формирования нагрузки.

Однако вьетнамская методика значительно сложнее для массовой обработки. Но понимание того, как соотносятся расчётные значения параметров наружной среды, полученные при разном подходе к обеспеченности, полезно.

2. Расчётная температура наружного воздуха, полученная по российской методике, полностью отвечает задачам вентиляции (без охлаждения и осушения наружного воздуха) в тёплый период года, а полученная по вьетнамской методике, в этом случае завышена.

3. В своде правил по строительной климатологии необходимо задавать энтальпию наружного воздуха по параметрам А и Б в табличной форме.

4. Выполненный выбор расчётных значений температуры и энтальпии наружного воздуха осуществлялся на основе средних за последние годы продолжительностей наблюдения параметров. Однако в отдельные годы продолжительности необеспеченности выбранных значений параметров могут заметно отличаться от указанных в табл. 1. Следует оценить эти возможные отклонения. ●

... Расчётные значения температуры и энтальпии*

табл. 1

Продолжительность необеспеченности параметров, ч	Коэффициент обеспеченности $K_{об}$	Значения параметров в точке Н		Значения параметров в точке H_p	
		Температура t_H , °С	Энтальпия I_H , кДж/кг	Температура t_{H_p} , °С	Энтальпия I_{H_p} , кДж/кг
Москва					
35	0,996	29,5	60,64	30,2	63,09
50	0,994	28,8	59,51	29,3	62,35
100	0,989	27,3	57,01	28,3	59,22
200	0,977	25,4	53,91	26,7	57,40
400	0,954	23,2	49,94	24,4	50,75
Ханой					
35	0,996	36,3	94,93	36,7	95,07
50	0,994	36,0	94,29	36,5	94,77
100	0,989	35,1	92,91	35,8	94,02
200	0,977	34,1	91,35	35,1	92,73
400	0,954	33,0	89,42	33,9	90,73

* Для тёплого периода года в Ханое и Москве, полученные по методикам, принятым в РФ и СРВ.

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): Учеб. для вузов. — М.: Высшая школа, 1970. 376 с.
2. Сизов А.М. Связь вероятностной модели наружного климата и эмпирических распределений параметров: В кн. «Вентиляция и кондиционирование воздуха». Сб. №8. — Рига: Изд-во Рижского политехнического института (РПИ), 1975. С. 150–156.
3. Креслин А.Я. Оптимизация энергопотребления системами кондиционирования воздуха. — Рига: Изд-во Рижского политехнического института (РПИ), 1982. С. 154.
4. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализ. ред. СНиП 23-01-99*. — М.: Минрегионразвития РФ, 2012.
5. TCVN 5687.2010. Tiêu chuẩn quốc gia. Thông gió — điều hòa không khí [Вентиляция, кондиционирование воздуха]. — Hà Nội [Ханой]: Tiêu chuẩn thiết kế [Стандарты проектирования СРВ], 2010.
6. Trần Ngọc Chấn [Чан Нгок Чан]. Điều hòa không khí [Кондиционирование воздуха]. — Hà Nội [Ханой]: Nhà xuất bản xây dựng [Изд-во «Строительство»], 2002.

References see p. 95.

Choice of the outdoor air design temperature and enthalpy according to the given provisions. Pp. 74–76.

E. G. Malyavina, PhD, Professor; **Pham Van Lyong**, post-graduate student, the Department of Heat and Gas Supply, Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU) National Research University

1. Bogoslovskiy V.N. *Stroitel'naja teplofizika. Uchebnik dlia vuzov*. [Construction thermal physics (thermal physical bases of heating, ventilation and air conditioning). Textbook for High schools]. Moscow. *Visshaia shkola* ["High School" Publishers]. 1970. 376 p.
2. Sizov A.M. *Sviaz verojatnostnoj modely narugenogo klimata i empericheskikh raspredeleniy parametrov: V kn. "Ventiliacija i konditsionirovaniye vozdukh"*. Sb. No. 8 [Correlation of the outdoor air stochastic model and the empirical parameter distributions. In the book "Ventilation and the air conditioning". Textbook No. 8]. Riga. *Izdatel'stvo RPI* [Riga Technical University Publishers]. 1975. Pp. 150–156.
3. Kreslin' A.Ja. *Optimizacija energopotreblenija sistemami kondicionirovaniya vozduha* [Optimization of energy consumption by air conditioning systems]. Riga. *Izd-vo RPI* [Riga Technical University Publishers]. 1982.
4. *Svod Pravil (SP) [Set Of Rules] 131.13330.2012. Stroitel'naja klimatologuija. Aktualiz. red. SNIP 23-01-99**. [Building climatology. Revised edition of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) 23-01-99*]. Moscow. *Minregiuonrazvitija RF* [Ministry of Regional development of Russia]. 2012.
5. *TCVN 5687.2010. Tiêu chuẩn quốc gia. Thông gió — điều hòa không khí*. [Ventilation, air conditioning. Design Standards]. Hà Nội [Hanoi]. *Tiêu chuẩn thiết kế* [Design standards of the Socialist Republic of Vietnam]. 2010.
6. Trần Ngọc Chấn [Chang Ngoc Tian]. *Điều hòa không khí* [Air conditioning]. Hà Nội [Hanoi]. *Nhà xuất bản xây dựng* ["Construction" Publishers]. 2002.