

**НОВЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ
ТЕМПЕРАТУРЫ И ЭНТАЛЬПИИ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА
ДЛЯ ТЕПЛОГО ПЕРИОДА ГОДА**

**A NEW APPROACH TO THE CHOICE OF THE DESIGN VALUES
OF THE OUTDOOR AIR TEMPERATURE AND ENTHALPY
FOR THE WARM PERIOD OF THE YEAR**

Е.Г. МАЛЯВИНА, Н.П. УМНЯКОВА
E.G. MALYAVINA, N.P. UMNYAKOVA

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)
Moscow State (National Research) University of Civil Engineering,
Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)
E-mail: emal@list.ru, n.umnyakova@mail.ru

В основу предлагаемой методики выбора расчетных температуры и энтальпии наружного воздуха для теплого периода года положен коэффициент обеспеченности от года к году. Именно такой подход принят в РФ при выборе расчетной температуры наружного воздуха для холодного периода года. В действующих нормативных документах расчетные значения температуры и энтальпии наружного воздуха для теплого периода года выбираются на основе обработки общего массива данных многолетних первичных наблюдений на метеостанциях. В связи с этим в отдельные годы продолжительно держатся температура и энтальпия с более высокими значениями, чем расчетные. В результате длительный период времени происходят нарушения гражданских и производственных технологических процессов из-за превышения заданных параметров внутренней среды в занимаемых ими помещениях. Предлагаемый подход проиллюстрирован результатами обработки 30-летних рядов наблюдения на метеостанции г. Москвы.

The year-to-year availability coefficient has been taken as a basis of the proposed method of the choice of the outdoor air design temperature and enthalpy for the warm period of the year. This is the approach adopted in the Russian Federation in selection of the design outdoor air temperature for the cold season. The valid normative documents provide the choice of the design values of the outdoor air temperature and enthalpy for the warm season on the basis of the total data array processing according to the long-term primary observations at weather stations. In this regard, in some years there occur the temperature and the enthalpy with higher values than the design ones for a long period of time. As a result, during this long period of time there are violations of civil and industrial technological processes due to higher specified parameters of the internal environment in the occupied premises. The proposed approach is illustrated by the processing results of the 30-year observation series at the Moscow weather station.

Ключевые слова: существующее нормирование, обеспеченность по времени в многолетнем разрезе, обеспеченность от года к году, правила выбора значений, функция распределения.

Keywords: valid norms, time availability in multi-year period, year-to-year availability, value selection rules, probability distribution function.

Существующие подходы к выбору расчетных параметров наружного воздуха для кондиционирования воздуха помещений формировались в 60-е годы прошлого столетия, когда основной задачей считалась минимизация капитальных затрат. Сейчас перед государством тоже стоят задачи резкого повышения экономики и придания ей внесырьевой, в том числе цифровой направленности. Для этого необходимо минимизировать технологические потери в отдельные годы из-за длительного превышения параметров микроклимата помещений в теплый период года. Поэтому, сохраняя вероятностный подход к выбору расчетных значений параметров наружной среды, следует обратить внимание на распределение значений этих параметров в каждом конкретном году.

Так как в настоящей статье речь идет о расчетных параметрах для теплого периода года, то под обеспеченностью понимается суммарная вероятность того, что значения рассматриваемого параметра не превзойдут расчетного. При выборе расчетных параметров наружной среды применяются разные подходы к их обеспеченности. Один подход направлен на "обеспеченность по времени", которая рассматривается как доля от общей продолжительности времени многолетнего периода, принятого к рассмотрению, когда значения параметра не превосходят расчетного. Эта обеспеченность может также измеряться числом часов, когда значения параметра превосходят расчетное значение, то есть определяться временем необеспеченности [1]. При другом подходе определяется "обеспеченность от года к году". При этом под обеспеченностью понимается суммарная вероятность того, что значения рассматриваемого параметра, выбранные в каждом году по определенным правилам, не превзойдут расчетного значения, то есть обеспеченность рассматривается как доля лет, принятых к рассмотрению, когда значения параметра не превосходят расчетного значения [2].

В прошлые годы СНиП II-33-75 нормировал параметры наружного воздуха по трем градациям: "А", "Б", "В". Причем па-

раметры "В" для теплого периода года приближались к своим абсолютным максимальным значениям. Считалось, что значения параметров "А", превышающие расчетные температуры и энтальпии, в среднем в году наблюдаются 400 ч и менее. Значения температуры и энтальпии наружного воздуха по параметрам "Б" определялись как среднее арифметическое между значениями по параметрам "А" и "В" с некоторой коррекцией вниз на 1,5...2,5°C. Декларировалось, что более высокие значения, чем расчетная температура по параметрам "Б" наблюдается не более 200 ч в среднем в году, а более высокие, чем расчетные значения энтальпии, – не более 220 ч. Однако детальные исследования этой продолжительности [3] показали, что она для различных пунктов СССР лежит в пределах 85...100 ч. В настоящее время в СП 131.13330.2012 в таблицах указываются расчетные значения только температуры, а значения энтальпии представляются на картах, что очень неудобно для использования. Расчетные параметры "Б" для теплого периода года снижены и приведены к декларируемым продолжительностям необеспеченности 200 ч, что не способствует эффективности функционирования различных промышленных и гражданских технологий.

Таким образом, в РФ уже долгое время к выбору расчетных температуры и энтальпии наружного воздуха в теплый период года применяется подход, опирающийся на обеспеченность по времени, то есть на оценку определенного значения, соответствующего заданной продолжительности необеспеченности или, что одно и то же, определенному коэффициенту обеспеченности в среднем многолетнем разрезе. Интересно отметить, что в большом числе стран, включая США [4], [5], ЕС [6...8], Китай [9], включая Гонг Конг [10], Индию [11], Вьетнам [12], [13], выбор расчетных температуры и влажности наружного воздуха так же ведется по необеспеченности от многолетних данных.

Для холодного периода года в РФ подход к выбору расчетных значений темпера-

туры осуществляется на основе коэффициента обеспеченности от года к году. В каждом году определяется температура наиболее холодной пятидневки, и из 100 пятидневок выкидывается, например, 8 с самой низкой температурой, следующая 9-я считается расчетной с обеспеченностью 0,92. То есть при выборе расчетной температуры холодного периода не определяется число часов в году в среднем многолетнем разрезе, когда наблюдаемые значения ниже него, а вся сосредоточенность направлена на то, чтобы не замерзнуть в какой-либо холодный год.

К настоящему времени расчетные значения параметров наружного воздуха в теплый период года стали более значимыми не только из-за потепления климата, но и из-за того, что появилось множество производств и технологий в гражданских зданиях со значительными теплоизбытками. К ним относятся зрелищные, учебные, офисные, торговые и другие здания с продолжительным и массовым пребыванием людей, а также с применением тепловыделяющего оборудования.

Правила выбора расчетных значений параметров наружной среды должны учитывать не только статистические повторяемости отдельных сочетаний параметров, но и влияние частоты их появления на экономические показатели зданий и технологий, размещенных в этих зданиях [14]. Целью работы является предложение общего для холодного и теплого периодов года подхода к выбору расчетных температуры и энтальпии наружного воздуха.

При установлении уровней обеспеченности параметров в этой работе принята опора

на существующие или действовавшие ранее нормы в этом направлении. В качестве таких целевых установок принята задача нахождения значений температуры и энтальпии наружного воздуха, которые соответствовали бы тем же обеспеченностям от года к году, как и в холодный период года: для зданий, проектируемых по специальному заданию, рекомендуется обеспеченность от года к году 0,98, а для основной массы зданий 0,92.

При этом в качестве правила выбора значений параметров наружного воздуха в каждом году принято соответствие этих значений декларируемым продолжительностям необеспеченности в СП 131.13330.2012. То есть для параметров "Б" 200 ч (с обеспеченностью по времени 0,97 от года) и 400 ч (с обеспеченностью по времени 0,95 от года) для параметров "А". Кроме того, дополнительно рассмотрены значения параметров с необеспеченностью на уровне в 100 ч, реально существовавших в российских нормах ранее, и на уровнях в 35 и 50 ч необеспеченности, применяемых для отдельных типов зданий в ряде стран [14]. В работе были проанализированы значения температуры и энтальпии в Москве на базе измеренных с трехчасовым интервалом на метеостанциях значений за 1984-2011 гг., по станции ВДНХ [15]. В табл. 1 слева от черты приведены значения температуры и энтальпии наружного воздуха за 10 лет с самыми высокими значениями абсолютного максимума указанных параметров в эти годы. Справа от черты приведено число часов необеспеченности среднего за многолетний период значения в рассматриваемом году.

Т а б л и ц а 1

Годы	Коэффициент обеспеченности по времени					
	$K_{об}=1$	$K_{об}=0,996$	$K_{об}=0,994$	$K_{об}=0,989$	$K_{об}=0,97$	$K_{об}=0,95$
	Средняя продолжительность необеспеченности в году, ч					
	0	35	50	100	200	400
Расчетная температура, °С/продолжительность, ч, превышения средней многолетней температуры						
2010	37,9/297	35,7/360	35,2/444	33,8/608	31,6/830	29,2/1130
1996	34,2/21	29,8/38	28,6/45	27,0/81	25,3/198	23,3/407
2007	33,5/83	31,6/96	31,2/128	29,4/213	27,4/358	24,9/593
2011	33,3/42	30,5/69	30,1/105	28,9/216	27,5/383	25,3/684
1988	33,1/19	29,7/37	29,0/59	27,7/131	26,4/292	24,3/526

1998	33,0/21	29,7/40	29,3/61	27,7/121	25,7/225	23,2/403
1999	32,8/47	30,7/72	30,1/119	29,0/234	27,8/387	25,2/632
2008	32,6/11	29,0/22	28,3/41	26,7/77	24,8/160	23,0/370
2001	32,5/37	30,6/54	29,8/79	28,2/135	26,2/275	24,2/522
2002	32,3/54	30,4/72	29,9/111	29,0/182	26,9/360	25,1/655
Средняя	31,3	29,6	28,8	27,3	25,4	23,2
Расчетная энтальпия, кДж/кг/продолжительность, ч, превышения средней многолетней энтальпии						
2001	78,5/99	66,0/138	65,2/176	62,4/291	59,0/420	54,1/686
2010	75,2/166	65,2/192	64,4/269	62,8/469	60,5/743	57,9/1129
2007	72,1/48	63,4/79	62,2/109	59,8/189	56,7/350	53,0/628
1996	70,9/38	63,2/49	60,5/51	55,7/83	50,9/118	47,2/238
2008	69,0/41	63,4/64	62,0/81	58,6/141	55,5/259	50,5/434
2011	68,5/37	61,8/52	60,7/77	58,7/170	56,2/404	53,9/780
1991	68,5/36	62,5/49	60,6/68	57,4/111	54,6/230	49,4/378
1995	68,5/11	56,2/16	54,9/18	53,3/27	50,9/78	48,5/275
1990	67,1/9	57,5/18	54,6/26	50,9/39	48,0/51	44,5/135
2004	66,2/36	61,9/52	60,7/72	58,5/137	55,2/259	51,3/484
Средняя	65,8	60,6	59,7	57,0	53,9	49,9

Значения каждого параметра приведены с указанной в таблице необеспеченностью по времени в конкретном году. В последних строках для каждого города указаны средние за многолетний период значения каждого параметра, то есть значения параметров, соответствующие указанной обеспеченности по времени в среднем многолетнем разрезе (в пределах всего времени, принятого к рассмотрению).

Из таблицы следует, что в Москве наличие высокого максимума параметра в году не гарантирует высоких значений этого параметра при различных обеспеченностях по времени. Наиболее высокие значения температуры и энтальпии наружного воздуха наблюдаются в различные годы. Есть годы, когда высокие значения параметров значительно превы-

шают средние многолетние значения той же обеспеченности, но время наблюдения этих значений относительно непродолжительно. А есть годы, когда стойко держится высокая температура или энтальпия наружного воздуха, пусть не самых экстремальных значений параметра, но при значительно превышающих среднее многолетнее.

Вопрос о том, следует ли выбирать расчетные параметры на основе обеспеченности каждого отдельного параметра или по совместной обеспеченности, оставим для экономистов. Отметим лишь, что методика отбора параметров по совместной обеспеченности сложнее, а результат выбора жестче [14]. Ниже приводятся результаты отбора по отдельной обеспеченности параметров наружного воздуха.

Таблица 2

Коэффициент обеспеченности от года к году	Коэффициент обеспеченности по времени в расчетном году					
	K=1	K=0,996	K=0,994	K=0,989	K=0,97	K=0,95
	Средняя в году продолжительность необеспеченности, ч					
	0	35	50	100	200	400
Расчетная температура, °С						
0,98	35,1	32,5	32,0	30,3	28,8	25,6
0,92	33,8	31,2	30,6	29,1	27,6	25,2
Расчетная энтальпия, кДж/кг						
0,98	76,1	65,4	64,2	62,1	59,6	55,7
0,92	72,1	64,3	63,2	59,8	57,8	53,2

Для выявления расчетных значений температуры и энтальпии по данным обработки первичных климатических данных построены графики функций распределения вероятностей максимальных значений температуры и энтальпии наружного воздуха с различной обеспеченностью по времени, с которых сняты значения, соответствующие обеспеченностям 0,98 и 0,92 от года к году. Результаты приведены в табл. 2.

Данные табл. 2 сравнивали с действующими расчетными значениями параметров наружного воздуха. Для Москвы в настоящее время расчетная температура наружного воздуха по параметрам "Б" равна 26°C, что ниже значения, отвечающего обеспеченности 0,92...27,6°C. Это происходит из-за того, что в предлагаемой методике учитываются продолжительности превышения расчетной температуры наблюдаемыми значениями только из наиболее "жарких" лет. Если сравнивать расчетную температуру 29,1°C, отвечающую необеспеченности по времени 100 ч, с нормированной ранее 28,5°C, то между ними сохраняется та же зависимость: при учете обеспеченности от года к году расчетное значение повышается. В СНиП от 1976 г. приводились значения параметров "В". Для Москвы эта температура равна 38°C и соответствует абсолютному максимуму температуры с обеспеченностью 1, который выше всех значений температуры, предложенных для обеспеченности 0,98 от года к году.

Что касается энтальпии наружного воздуха, то для параметров "Б" (200 ч необеспеченности) энтальпия в СНиП 1976 и 1985 гг. принималась равной 54 кДж/кг, а для параметров "А" 49,4 кДж/кг. Как видим, эти значения ниже, предлагаемых табл. 2, даже при обеспеченности 0,92 от года к году. В оправдание предлагаемых значений энтальпии следует заметить, что в принятом к рассмотрению метеорологическом материале [15] имеются следующие сочетания ее с температурой: 37,9°C – 75,2 кДж/кг; 34,2°C – 70,2 кДж/кг; 33,5 °C – 72,1 кДж/кг.

Таким образом, предлагаемые значения расчетных параметров наружного воздуха вполне адекватно отражают вероятностное соотношение повторяемостей отдельных значений параметров наружной среды.

1. Поскольку в отдельные годы продолжительности необеспеченности отдельных значений температуры и энтальпии могут заметно отличаться друг от друга, при выборе расчетных значений параметров наружного воздуха следует учитывать их обеспеченность от года к году.

2. Увеличение расчетных значений температуры и энтальпии наружного воздуха позволит сократить продолжительность необеспеченности параметров внутренней среды в отдельные годы и уменьшить величины превышения этих параметров внутренней среды при наблюдении температуры и энтальпии наружного воздуха, превышающих расчетные значения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Тхеин Х.У., Пью Т., Захаров А.Н., Гаврилин В.А.* Анализ влияния параметров атмосферного воздуха на эффективность функционирования систем кондиционирования и фильтрации воздуха чистых помещений // *Экологические системы и приборы*. – 2017, №8. С. 3...13.
2. *Богословский В.Н.* Строительная теплофизика. – С.-Пб.: "АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД", 2006.
3. *Малыгина Е.Г.* Расчетные параметры наружного воздуха для типового проектирования. Пособие к СНиП 2.04.05-86. Вентиляция, кондиционирование воздуха и воздушное отопление общественных, административно-бытовых и промышленных зданий. – Раздел 16. – М.: Изд-во Промстройпроект Госстроя СССР, 1988.
4. ASHRAE, 2005a, 2001a & 1997a. ASHRAE Handbook Fundamentals (2005, 2001 & 1997 versions), SI Edition, Chapter 28, 27 & 26 – Climatic Design Information, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, Georgia.
5. *Chen T.Y., Yik F. and Burnett J.* A rational method for selection of coincident design dry and wet-bulb temperatures for required system reliability // *Energy and Buildings*. – 37 (6), 2005. P. 555...562.
6. *Belcher S.E., Hacker J.N. and Powell D.S.* Constructing design weather data for future climates // *Building Services Engineering Research and Technology*. – 26 (1), 2005. P.49...61.
7. *Hyde R.* Climate Responsive Design: A Study of Buildings in Moderate and Hot Humid Climates, E & FN Spon. – London, 2000.
8. ISO, 2005a. International Standard ISO 15927-4:2005: Hygrothermal Performance of Buildings – Calculation and Presentation of Climatic Data – Part 4: Hourly Data for Assessing the Annual Energy Use for

Heating and Cooling, International Organization for Standardization, Geneva.

9. Chow D.H.C. et al. Extreme and near-extreme climate change data in relation to building and plant design // Building Services Engineering Research and Technology. – 23 (4), 2002. P.233...242.

10. Addendum to CIBSE Guide A - for Hong Kong, Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). – London, 2005.

11. Krishan A. et al. (eds.). Climate Responsive Architecture: A Design Handbook for Energy Efficient Buildings. – Tata McGraw-Hill, New Delhi, 2001.

12. Чан Нгок Тъан. Кондиционирование воздуха. – Ханой: Изд-во Строительство, 2002.

13. Малявина Е.Г., Фам Ван Лыонг. Выбор расчетных температуры и энтальпии наружного воздуха по заданной обеспеченности // Сантехника, отопление, кондиционирование, энергосбережение, возобновляемая энергетика (С.О.К.). – 2017, №12 (192). С.74...76.

14. Малявина Е.Г., Крючкова О.Ю. Экономическая оценка центральных систем кондиционирования воздуха с различными схемами его обработки // Промышленное и гражданское строительство. – 2014, № 7.С. 30...34.

15. Российский гидрометеорологический портал. Гидрометеорологические данные Российского государственного фонда данных о состоянии природной среды. <http://meteo.ru/> (дата обращения 10.03.2012).

REFERENCES

1. Thein H.U., Pyu T., Zaharov A.N., Gavrilin V.A. Analiz vliyaniya parametrov atmosfernogo vozduha na effektivnost funkcionirovaniya sistem kondicionirovaniya i filtracii vozduha chistyh pomeshenij // Ekologicheskie sistemy i pribory. – 2017, №8. S.3...13.

2. Bogoslovskij V.N. Stroitel'naya teplofizika. – S.-Pb.: "AVOK SEVERO-ZAPAD", 2006.

3. Malyavina E.G. Raschetnye parametry naruzhnogo vozduha dlya tipovogo proektirovaniya. Posobie k SNIp 2.04.05-86. Ventilyaciya, kondicionirovanie vozduha i vozdušnoe otoplenie obshchestvennyh, administrativno-bytovykh i promyshlennykh zdaniy. – Razdel 16. – M.: Izd-vo Promstrojproekt Gosstroya SSSR, 1988.

4. ASHRAE, 2005a, 2001a & 1997a. ASHRAE Handbook Fundamentals (2005, 2001 & 1997 versions),

SI Edition, Chapter 28, 27 & 26 – Climatic Design Information, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, Georgia.

5. Chen T.Y., Yik F. and Burnett J. A rational method for selection of coincident design dry and wet-bulb temperatures for required system reliability // Energy and Buildings. – 37 (6), 2005. P. 555...562.

6. Belcher S.E., Hacker J.N. and Powell D.S. Constructing design weather data for future climates // Building Services Engineering Research and Technology. – 26 (1), 2005. P.49...61.

7. Hyde R. Climate Responsive Design: A Study of Buildings in Moderate and Hot Humid Climates, E & FN Spon. – London, 2000.

8. ISO, 2005a. International Standard ISO 15927-4:2005: Hygrothermal Performance of Buildings – Calculation and Presentation of Climatic Data – Part 4: Hourly Data for Assessing the Annual Energy Use for Heating and Cooling, International Organization for Standardization, Geneva.

9. Chow D.H.C. et al. Extreme and near-extreme climate change data in relation to building and plant design // Building Services Engineering Research and Technology. – 23 (4), 2002. P.233...242.

10. Addendum to CIBSE Guide A - for Hong Kong, Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). – London, 2005.

11. Krishan A. et al. (eds.). Climate Responsive Architecture: A Design Handbook for Energy Efficient Buildings. – Tata McGraw-Hill, New Delhi, 2001.

12. Chan Ngok Tan. Kondicionirovanie vozduha. – Hanoj: Izd-vo Stroitelstvo, 2002.

13. Malyavina E.G., Fam Van Lyong. Vybor raschetnykh temperatury i entalpii naruzhnogo vozduha po zadannoj obespechennosti // Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie, energosberezhenie, obnovlyayemaya energetika (S.O.K.). – 2017, №12 (192). S.74...76.

14. Malyavina E.G., Kryuchkova O.Yu. Ekonomicheskaya ocenka centralnykh sistem kondicionirovaniya vozduha s razlichnymi shemami ego obrabotki // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. – 2014, № 7.С. 30...34.

15. Rossijskij gidrometeorologicheskij portal. Gidrometeorologicheskie dannye Rossijskogo gosudarstvennogo fonda dannyh o sostoyanii prirodnoj sredy. <http://meteo.ru/> (data obrasheniya 10.03.2012).

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 18.06.18.