

Формирование зон теплового комфорта и дискомфорта в помещениях ресторанных комплексов

Рецензия эксперта на статью получена 24.11.2017 [Expert review on the article was received on November 24, 2017].

Введение

Тепловой комфорт в ресторанном комплексе исследовали и анализировали многие авторы, однако применяемые ныне методики рассчитаны укрупнено и рассматриваются только для установившихся режимов. Локальные и мгновенные значения теплового комфорта при этом остаются неизвестными. Одно из условий решения поставленной задачи — это изучение параметров теплового комфорта в комплексе.

В обеденных залах ресторанного комплекса с большими поверхностями остекления с расположением обеденных столиков около наружных ограждающих конструкций (стен, окон) приводит к тому, что посетители оказываются в зоне теплового дискомфорта. Для посетителей ресторана особенно в зимнее время года создаются неблагоприятные условия. Недостаточные теплозащитные качества наружных ограждающих конструкций (и в особенности панорамных окон) приводят к тому, что температура их внутренней поверхности значительно ниже температуры стены и воздуха в помещении. Поэтому около стен и поверхностей остекления в помещении человек теряет теплоту путём лучистого теплообмена с охлаждёнными поверхностями. Организм человека испытывает одностороннее охлаждение, что с точки зрения гигиенистов является наиболее опасным для его здоровья. Величину лучистого и конвективного теплообмена гигиенисты принимают в качестве одного из критериев оценки теплового комфорта человека.

1. Разработка эффективных схем воздухообмена в обеденных залах. Тепловой комфорт и качество воздуха для посетителей и благоприятные условия для работы персонала в обеденном зале рестора-

Около стен и поверхностей остекления в помещении человек теряет теплоту путём лучистого теплообмена с охлаждёнными поверхностями. Одностороннее охлаждение с точки зрения гигиенистов наиболее опасно для здоровья человека. Величину лучистого и конвективного теплообмена гигиенисты принимают в качестве одного из критериев оценки теплового комфорта человека

на сводится к обеспечению достаточного притока свежего воздуха, объём которого рассчитывается исходя из максимального количества человек, на которое рассчитан зал, площади и условий естественной вентиляции.

Требования к качеству воздуха в обеденном зале ресторанного комплекса:

- предотвращать чрезмерный рост относительной влажности;
- поддерживать температуру среды на уровне, комфортном для посетителей ресторана;
- обеспечить расход вентиляционного воздуха на одного посетителя ресторана;
- поддерживать пониженное давление по отношению к смежным помещениям, предотвращая распространение запахов;
- создавать условия круглогодичного комфорта, который может быть достигнут правильным распределением вентиляционной нагрузки.

Для обеденных залов ресторана может быть применена вентиляция вытеснением и воздухообмена по схеме «снизу-вверх». На основании этой схемы «снизу-вверх» воздухоораспределитель располагается снизу, подача воздуха осуществляется с не-

УДК 628.87

Формирование зон теплового комфорта и дискомфорта в помещениях ресторанных комплексов

С. Г. Тульская, к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела; О. А. Сотникова, д.т.н., заведующая кафедрой проектирования зданий и сооружений им. Н.В. Троицкого; С. В. Чуйкин, к.т.н., доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела, Воронежский государственный технический университет (ВГАСУ, г. Воронеж)

В данной работе приведены экспериментальные исследования теплового состояния в обеденных залах ресторанного комплекса. Наиболее проблемными зонами дискомфорта для посетителей ресторана, являются зоны вблизи наружных стен и остеклений. Площадь зоны дискомфорта у поверхности панорамного остекления значительно уменьшилась при замене существующего остекления на стеклопакет. Для полного устранения зон дискомфорта нами предложено использование вытесняющей вентиляции по принципу распределения воздушного потока «снизу-вверх». Применение данного метода позволит облегчить формирование условий теплового комфорта.

Ключевые слова: вентиляция, тепловой комфорт, зона дискомфорта, воздухообмен, обеденный зал, ресторанный комплекс.

UDC 628.87

Formation of zones of thermal comfort and discomfort in the premises of restaurant complexes

S. G. Tulskeya, PhD, Associate Professor of the Department of heat and gas supply and oil and gas business; O. A. Sotnikova, Doctor of Technical Sciences, Head of the N.V. Troitsky Department of design of buildings and structures; S.V. Chuikin, PhD, Associate Professor of the Department of heat and gas supply and oil and gas business, Voronezh State Technical University (VSTU, Voronezh city)

In this work the experimental researches of the thermal state in the dining halls of the restaurant complex. The most problematic areas of discomfort for the visitors of the restaurant are areas in close proximity to exterior walls and glazing. The area of the discomfort at the surface of large glass areas has decreased significantly with the replacement of the existing glazing on the windows. To completely eliminate areas of discomfort we propose the use of displacement ventilation the principle of distribution of the air flow bottom up. The use of this method will facilitate the establishment of conditions for thermal comfort.

Keywords: ventilation, thermal comfort, zone of discomfort, air exchange, dining hall, restaurant complex.

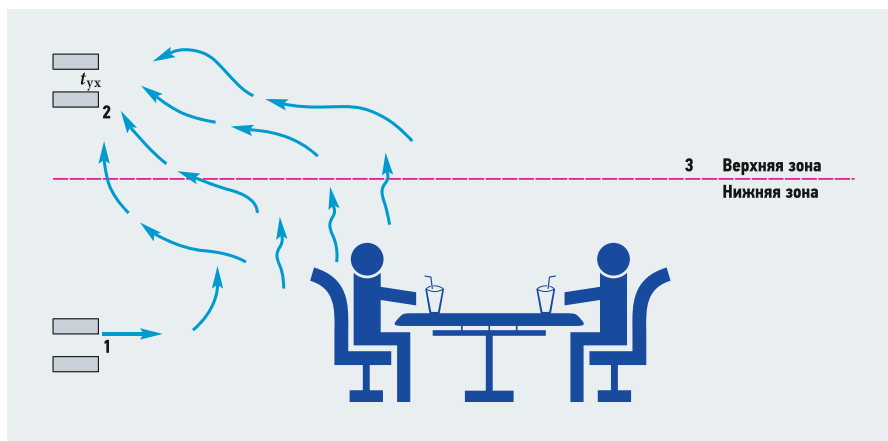


Рис. 1. Схема подачи воздуха в обеденный зал ресторана по принципу вытесняющей вентиляции (1 — приточный воздуховод; 2 — вытяжной воздуховод; 3 — уровень стратификации воздуха)

большой скоростью, чтобы избежать сквозняка на уровне ног. Температура приточного воздуха должна быть ниже температуры внутреннего воздуха.

Разность температур между приточным воздухом и внутренним создаёт комфортные условия для посетителей и работающего персонала, обеспечивая хороший чистый воздух и полное отсутствие неприятных запахов. Если это правило соблюдается, то в рабочей зоне всегда будет свежий чистый воздух, так как из рабочей зоны загрязнённый воздух выталкивается вверх, а на его смену подаётся вновь чистый воздух.

Такой способ вытесняющей вентиляции и воздухообмена по схеме «снизу-вверх» образует неравномерное распределения воздуха по высоте помещения (стратификация воздуха), образуется формирование слоёв воздуха. Слои с холодным воздухом располагаются снизу, а тёплый воздух — сверху. Разделительный слой имеет высоту от 110 до 160 см

от пола, так как в обеденном зале ресторана посетители находятся в положении сидя за обеденным столом.

Вытяжное устройство устанавливают в верхней части обеденного зала, где образуется загрязнённый слой и самая высокая температура. Образование движения воздуха в вертикальном направлении вызывается конвективными потоками от посетителей, от работающего персонала, от теплоты поверхности стен, от горячей пищи (рис. 1).

В зависимости от времени суток и дня недели количество посетителей ресторана различное. Чтобы избежать дисбаланса в обеденном зале ресторана между действительным расходом приточного воздуха и необходимым (по условиям заполнения обеденного зала), необходимо предусматривать автоматическое регулирование вентилятора.

Если приточный воздух подать в обеденный зал недостаточно, то происходит смешение чистого и загрязнённого

воздуха. Если приточный воздух подать интенсивно, то это приводит к дискомфорту, к перерасходу и большим затратам. Скорость движения воздуха в обеденном зале ресторана должна не превышать 0,2 м/с.

2. Расчёт зоны теплового комфорта и дискомфорта в обеденном зале ресторанного комплекса. Для предотвращения влияния на человека неблагоприятных микроклиматических условий не только существующих ресторанных комплексов, но и на стадии проектирования необходимо производить расчёт конвективно-лучистого теплообмена между человеком в одежде с заданными теплофизическими свойствами, теплотехнологическим оборудованием, внутренними поверхностями ограждающих конструкций помещений. Это позволит определить зоны комфорта и дискомфорта для посетителей и работающего персонала в ресторанном комплексе.

В настоящее время оценка теплового комфорта и дискомфорта оценивается индексом тепловой нагрузки (ТНС-индекс). Определяется ТНС-индекс при помощи температуры смоченного термометра и температуры зачернённого шара. Значение индекса тепловой нагрузки не должно превышать допустимых параметров (табл. 1).

На рабочем месте в нагревающей среде ресторана ТНС-индекс рекомендуют использовать там, где скорость движения воздуха в помещении не превышает 0,6 м/с и тепловое облучение ниже 1200 Вт/м².

Согласно [1] тепловая нагрузка среды определяется:

$$TNS = 0,7t_{см.тер} + 0,3t_{ш}, \quad (1)$$

где $t_{см.тер}$ — температура смоченного термометра, °C; $t_{ш}$ — температура внутри зачернённого шара, °C.

Рассмотрим процесс приёма пищи и отдыха у посетителей ресторана в обеденном зале. Расчёт тепловой нагрузки производим по ТНС-индексу. Результаты сводим в табл. 2.

Значение ТНС-индекса для рабочих помещений в нагревающей среде

табл. 1

Категория работ	ТНС-индекс, °C
Ia	22,2–26,4
Iб	21,5–25,8
IIa	20,5–25,1
IIб	19,5–23,9
III	18,0–21,8

Показатели микроклимата в обеденном зале ресторана

табл. 2

Параметры микроклимата	Рабочие место/суммарная продолжительность пребывания, ч											
	1,0/0,5				2,0/0,5				3,0/3,0			
	в начале	в середине	в конце	средне-сменная величина	в начале	в середине	в конце	средне-сменная величина	в начале	в середине	в конце	средне-сменная величина
Температура воздуха, °C*	17,5	16,5	18,0	17,3	17,5	18,5	18,0	18,0	18,0	18,0	19,0	18,3
Температура смоченного термометра, °C*	21,0	20,5	20,5	20,6	20,5	21,0	21,0	21,5	20,0	19,0	19,5	19,5
Влажность воздуха, %	50	52	54	52	53	55	55	54,3	54,0	55,5	55,0	54,6
Скорость движения воздуха, м/с*	0,25	0,2	0,25	0,23	0,25	0,25	0,35	0,28	0,3	0,25	0,3	0,28
Тепловое облучение, Вт/м ² *	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Температура внутри чёрного шара, °C*	45,0	45,0	46,0	45,3	45,0	40,0	35,0	40,0	40,0	43,0	40,0	41,0
ТНС-индекс, °C*	28,01				27,05				25,95			

* Средняя из величин, измеренных на разном уровне от пола (СанПиН 2.2.4.548–96). ТНС (среднесменный) = (28,01 – 0,5 + 27,05 – 0,5 + 25,95 – 3)/8 = 26,3 °C.

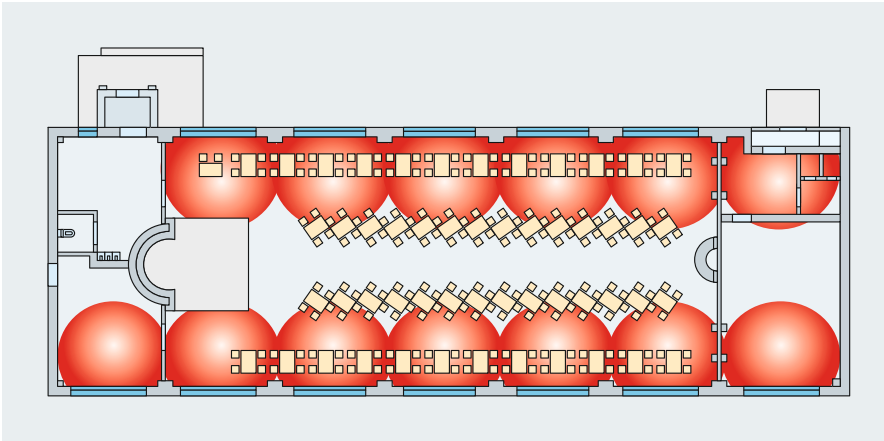


Рис. 2. Зона теплового дискомфорта обеденного зала в ресторанном комплексе

По результатам расчёта видно, что посетители ресторана подвергаются температурному перепаду в зоне панорамного остекления и испытывают ощущения дискомфорта (рис. 2). Особенно площадь зоны теплового дискомфорта увеличивается в вечернее время, так как возрастает количество посетителей.

В обеденных залах ресторанного комплекса с расположением обеденных столиков вблизи наружных стен и остеклений посетители ощущают тепловой дискомфорт. В зонах, прилегающих к наружным ограждениям, температура значительно ниже, чем температура воздуха в обеденном зале.

Поэтому у панорамного остекления и наружных ограждений посетители ресторана более интенсивно теряют тепло путём лучистого теплообмена с охлаждёнными поверхностями остекления. Организм человека испытывает наиболее опасное одностороннее охлаждение, что может привести к заболеваниям.

В ресторанных комплексах в помещениях обеденного зала посетители находятся в условиях, которые по энергозатратам могут быть отнесены к категории работ Ia (уровень энергозатрат до 139 Вт). Отнесём энергозатраты к площади поверхности тела человека $F_{\text{ч}} = 1,9 \text{ м}^2$, получим до $73,15 \text{ Вт/м}^2$. На общий уровень энергозатрат приходится 72 % от конвективного и лучистого потока, таким образом значение соответствует до $52,6 \text{ Вт/м}^2$. Отклонение от этого интервала величин приводит к появлению ощущения дискомфорта [5].

В ресторанный комплекс поступает приточный воздух по схеме вытесняющей вентиляции. На посетителей ресторана воздействуют воздушные потоки, направленные под углом 30–45° (рис. 3). Для этой схемы воздухообмена [2]:

- под углом 30° $\alpha_{\text{ч.к}} = 3,15 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$;
- под углом 45° $\alpha_{\text{ч.к}} = 3,92 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$.

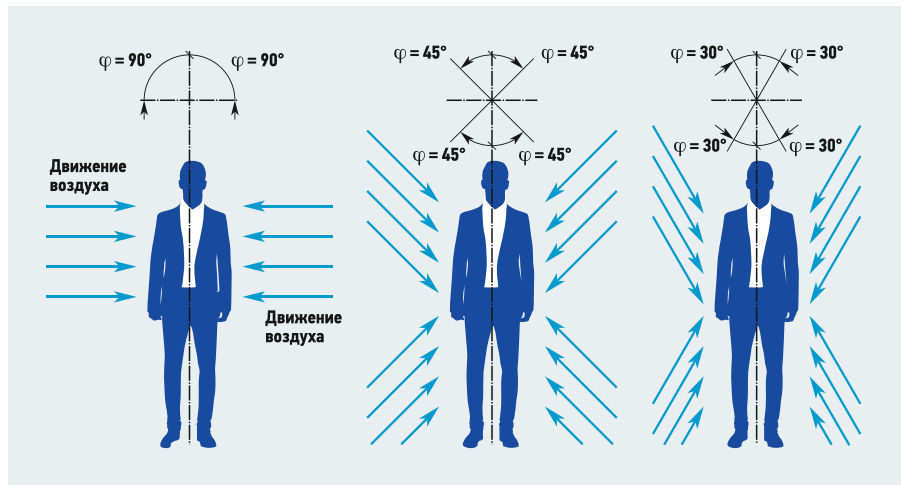


Рис. 3. Условия обдува воздухом человека в помещении (а — угол атаки $\varphi = 90^\circ$; б — угол атаки $\varphi = 45^\circ$; в — угол атаки $\varphi = 30^\circ$)

При определении коэффициента лучистого теплообмена примем коэффициент излучения поверхности одежды $C_{\text{ч}} = 3,98 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{K}^4)$, коэффициент излучения у внутренних поверхностей ограждающих конструкций $C_{\text{в.огр}} = 5,02 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{K}^4)$, коэффициент теплоотдачи излучением с поверхности одежды посетителя ресторана $\alpha_{\text{ч.к}} = 4,75 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ [3].

В обеденных залах ресторанного комплекса с расположением обеденных столиков вблизи наружных стен и остеклений посетители ощущают тепловой дискомфорт. В зонах, прилегающих к наружным ограждениям, температура значительно ниже, чем температура воздуха в обеденном зале. Поэтому у панорамного остекления и наружных ограждений посетители ресторана более интенсивно теряют тепло путём лучистого теплообмена с охлаждёнными поверхностями остекления

Суммарный коэффициент теплоотдачи конвекцией и излучением у поверхности одежды посетителей рассматриваемого ресторана при разных углах атаки воздушного потока:

- под углом 30°:
 $\alpha_{\text{ч.к.л}} = \alpha_{\text{ч.к}} + \alpha_{\text{ч.л}} = 7,82 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$; (2)
- под углом 45°:
 $\alpha_{\text{ч.к.л}} = \alpha_{\text{ч.к}} + \alpha_{\text{ч.л}} = 8,96 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$. (3)

Для дальнейших расчётов обеденного зала коэффициент теплоотдачи конвекцией и излучением принимаем равным, среднему значению $8,39 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$.

При расчёте общего сопротивления теплопередаче комплекта одежды посетителей ресторана принимается среднее

значение между мужским комплектом одежды и женским комплектом одежды $R_{\text{н}} = 0,295 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ [3].

За расчётную температуру поверхности тела человека принимаем среднюю температуру внешней поверхности комплекта одежды и открытых участков кожи посетителей, которая учитывает теплозащитные свойства всего комплекта одежды:

$$\bar{t}_{\text{ч}} = \frac{t_{\text{ч.тул}} F_{\text{тул}} + t_{\text{ч.плеч}} F_{\text{плеч}} + t_{\text{ч.бедр}} F_{\text{бедр}} + t_{\text{ч.гол}} F_{\text{гол}}}{A} + \frac{t_{\text{ч.стоп}} F_{\text{стоп}} + t_{\text{ч.голень}} F_{\text{голень}} + t_{\text{ч.кист}} F_{\text{кист}}}{A}, \quad (4)$$

здесь $A = F_{\text{тул}} + F_{\text{плеч}} + F_{\text{бедр}} + F_{\text{гол}} + F_{\text{стоп}} + F_{\text{голень}} + F_{\text{кист}}$; где $t_{\text{ч.тул}}$, $t_{\text{ч.плеч}}$, $t_{\text{ч.бедр}}$, $t_{\text{ч.гол}}$, $t_{\text{ч.стоп}}$, $t_{\text{ч.голень}}$, $t_{\text{ч.кист}}$ — осреднённая температура открытых участков поверхности тела человека (туловище, плечо, бедро, голова, стопа, голень, кисть) и на поверхности тела под одеждой, °C; $F_{\text{тул}}$, $F_{\text{плеч}}$, $F_{\text{бедр}}$, $F_{\text{гол}}$, $F_{\text{стоп}}$, $F_{\text{голень}}$, $F_{\text{кист}}$ — доля поверхности участка по отношению к общей поверхности тела человека (туловище, плечо, бедро, голова, стопа, голень, кисть), %.

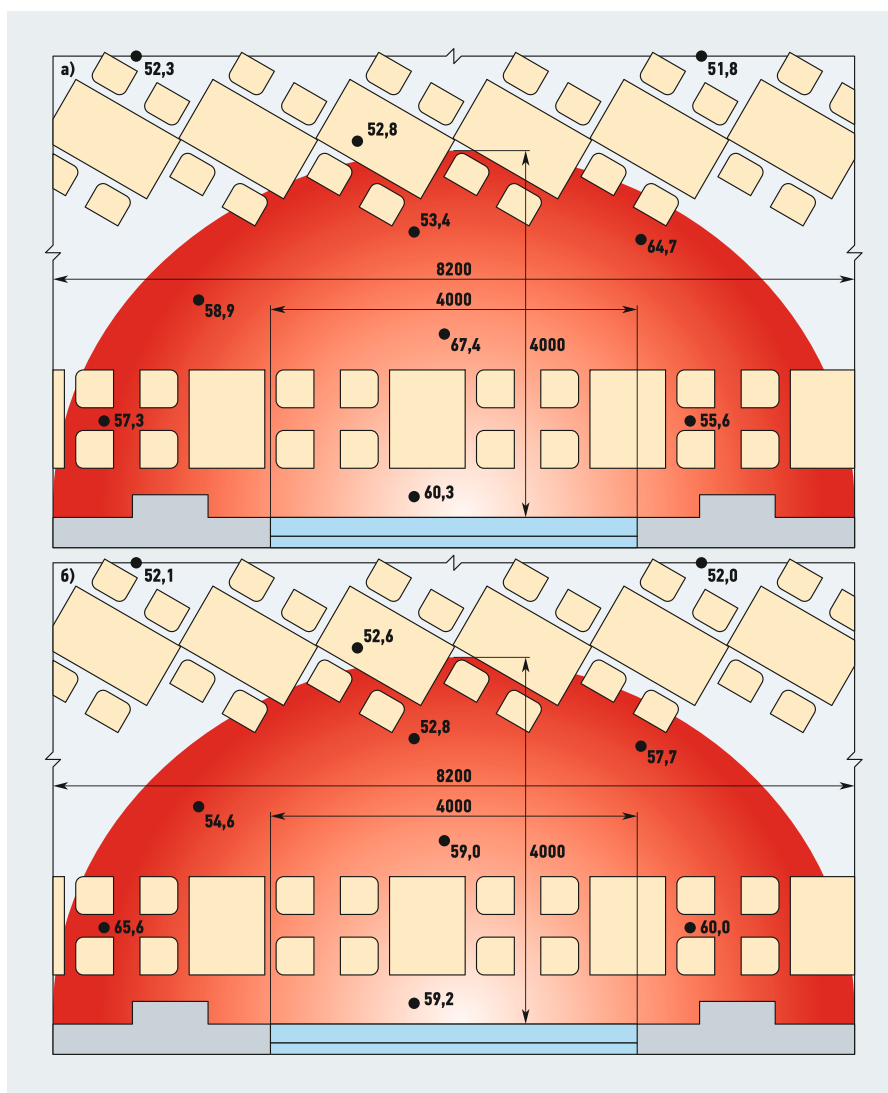


Рис. 4. Зона дискомфорта в обеденном зале ресторанного комплекса (а — при температуре наружного воздуха $-19,5^{\circ}\text{C}$; б — при температуре наружного воздуха -26°C)

На рис. 4а, б показаны зоны дискомфорта в обеденном зале ресторанного комплекса вблизи панорамного остекления размером 4,5 м. Эти результаты получены при средней температуре на внутренней поверхности панорамного остекления размером 4,0 × 4,5 м с двухкамерным стеклопакетом при наличии отопительного прибора, которым является внутрипольный конвектор.

Проведённые исследования зоны дискомфорта в обеденном зале проводились: при температуре внутреннего воздуха 21°C , температуре наружного воздуха $-19,5^{\circ}\text{C}$ и средней температуре на поверхности панорамного остекления 15°C . Ширина зоны дискомфорта в зоне, прилегающей к наружным ограждениям равна 4,0 м. В этой зоне оказалось 18 посетителей ресторана (рис. 4а).

При температуре внутреннего воздуха 21°C , температуре наружного воздуха -26°C и средней температуре на поверхности панорамного остекления 9°C , ширина зоны дискомфорта составила 4,4 м, в ней оказалось 23 посетителя ресторана (рис. 4б).

Для уменьшения зон теплового дискомфорта предлагается в зимнее время обеспечить посетителей ресторана тепловым комфортом за счёт повышения теплозащитных свойств панорамного остекления и автоматизировать воздухообмен в помещении в течение дня, так как количество посетителей в обеденное и вечернее время увеличивается. Рассмотрим возможность применения определённых мероприятий по устранению зон тепло-

Рассмотрена схема технологического кондиционирования воздуха локальным способом по типу вытесняющей вентиляции в тёплый и холодный периоды года. По итогам исследований для повышения комфортности обеденного зала с использованием предложенной методики был обоснован и реализован перечень специальных мероприятий по устранению зон теплового дискомфорта

вого дискомфорта. С этой целью возможно выполнение замены существующего остекления на стеклопакет. Для полного устранения зон дискомфорта нами предложено использование вытесняющей вентиляции по принципу распределения воздушного потока «снизу-вверх».

Вывод

1. Рассмотренная схема технологического кондиционирования воздуха локальным способом по типу вытесняющей вентиляции в тёплый и холодный периоды года является приемлемым направлением в ресторанном комплексе для обеденного зала, и её применение позволит облегчить формирование условий теплового комфорта.

2. С использованием специального лабораторного оборудования (термогигрометра ТКА-ПКМ и термоанемометра Testo 416) были выполнены экспериментальные исследования по определению характерного показателя, регламентирующего степень комфортности микроклимата (ТНС-индекса). Было установлено превышение ТНС-индекса по отношению к значениям, нормируемым действующим Руководством Р 2.2.013-94 «Гигиена труда. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряжённости трудового процесса».

3. По итогам исследований для повышения комфортности обеденного зала с использованием предложенной методики был обоснован и реализован перечень специальных мероприятий по устранению зон теплового дискомфорта.

1. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. — М.: Стандартинформ, 1997. 10 с.
2. Сотникова О.А., Тульская С.Г., Кушев Л.А. Моделирование теплопоступлений от оборудования тепловой обработки продуктов в производственных помещениях ресторанных комплексов // Научный журнал строительства и архитектуры, 2013. №3(31). С. 32-40.
3. Тульская С.Г. Формирование параметров микроклимата в помещениях ресторанных комплексов [Текст]: Дисс. канд. техн. наук по спец. 05.23.03; защищ. 28.11.2013; утв. 01.04.2014. — Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (ВГАСУ), 2013.
4. Тульская С.Г., Сотникова О.А., Булыгина Ю.Г. Экспериментальные исследования теплового режима производственных помещений и обеденных залов ресторанных комплексов // Инженерные системы и сооружения, 2012. №3(8). С. 62-70.
5. Руководство 2.2.755-99. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряжённости трудового процесса. — М.: Инф.-изд. центр Минздрава России, 1999. 174 с.
6. Фангер О. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей // АВОК, 2003. №4. С. 12-21. References — see p. 95.

Formation of zones of thermal comfort and discomfort in the premises of restaurant complexes. Pages 74–77.

S.G. Tul'skaya, PhD, Associate Professor of the Department of heat and gas supply and oil and gas business; **O.A. Sotnikova**, Doctor of Technical Sciences, Head of the N.V. Troitsky Department of design of buildings and structures; **S.V. Chuikin**, PhD, Associate Professor of the Department of heat and gas supply and oil and gas business, Voronezh State Technical University (Voronezh city)

1. SanPiN [Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia)] 2.2.4.548–96. *Gigienicheskie trebovaniya k mikroklimatu proizvodstvennykh pomeshchenij* [Hygienic requirements for the microclimate of industrial premises]. Moscow. Standartinform ["Standart-Inform" Publishers]. 1997. 10 p.
2. Sotnikova O.A., Tul'skaya S.G., Kushhev L.A. *Modelirovanie teplopostuplenij ot oborudovaniya teplovoj obrabotki produktov v proizvodstvennykh pomeshcheniyah restorannykh kompleksov* [Modeling of heat supplies from the equipment for heat treatment of products in the production premises of restaurant complexes]. *Nauchnyy zhurnal stroitel'stva i arhitektury* [Scientific Journal of Construction and Architecture]. 2013. Vol. 31. No. 3. Pp. 32–40.
3. Tul'skaya S.G. *Formirovanie parametrov mikroklimata v pomeshcheniyah restorannykh kompleksov* [The formation of microclimate parameters in the premises of restaurant complexes]: The thesis of the Doctor of Technical Sciences in spec. No. 05.23.03; was prot. on November 28, 2013; was appr. on April 01, 2014. Voronezh. *Voronezhskiy gosudarstvennyy arhitekturno-stroitel'nyy universitet* [Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering]. 2013.
4. Tul'skaya S.G., Sotnikova O.A., Bulygina Ju.G. *Jeksperimental'nye issledovaniya teplovogo rezhima proizvodstvennykh pomeshchenij i obedennykh zalov restorannykh kompleksov* [Experimental researches of a thermal mode of industrial premises and dining halls of restaurant complexes]. *Inzhenernye sistemy i sooruzheniya* [Engineering systems and facilities]. 2012. Vol. 8. No. 3. Pp. 62–70.
5. *Rukovodstvo* [Manual] 2.2.755–99. *Gigienicheskie kriterii ocenki i klassifikatsiya uslovij truda po pokazateljam vrednosti i opasnosti faktorov proizvodstvennoj sredy, tjazhesti i naprjazhennosti trudovogo processa* [Hygienic criteria for assessment and classification of working conditions by indicators of harmfulness and hazard factors of the working environment, severity and tension of the labor process]. Moscow. Inf.-izd. centr Minzdrava Rossii [Information and Publishing Center of the Ministry of Health of Russia]. 1999. 174 p.
6. Fanger O. *Kachestvo vnutrennego vozduha v XXI veke: vliyanie na komfort, proizvoditel'nost' i zdorov'e ljudej* [Quality of indoor air at the 21st century: impact on comfort, productivity and human health]. Moscow. AVOK [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics]. 2003. No. 4. Pp. 12–21.