

УДК 613.12, 612.55

Р.Ф. Афанасьева, Л.В. Прокопенко, Е.И. Константинов

Тепловое состояние работающих в нагревающем микроклимате в теплый и холодный периоды года

Существует мнение о необходимости дифференцированного подхода к нормированию параметров микроклимата в зависимости от сезонной адаптации, но оно не является однозначным. Согласно данным [1], тепловой комфорт как в холодный, так и в теплый периоды года, имеет место практически при одинаковых значениях параметров микроклимата. Однако в случае повышения температуры воздуха на рабочих местах терморегуляторные реакции в теплый период могут различаться по причине ориентации организма на различные условия теплообмена.

Данные, приведенные в литературе, указывают на особенности реакций терморегуляции в теплый и холодный периоды года, обусловленные сезонной акклиматизацией. Установлены различия в периферическом кровотоке, температуре чувствительности и уровне метаболизма [2, 3].

Важным с позиции разработки требований к параметрам микроклимата является определение критериальных показателей теплового состояния человека применительно к теплomu и холодному периодам года [4].

С этой целью были проведены исследования, направленные на решение задачи по сравнительной оценке теплового состояния лиц, работающих как в теплый, так и в холодный периоды года в условиях нагревающего микроклимата.

Исследования были выполнены в производственных условиях в июле, августе, январе и феврале с участием в каждый сезон года 20 женщин, выполняющих работу энерготратами 91 Вт/м² (категория Ib – IIa) и подвергающихся действию комплекса производственных факторов (шум, микроклимат), среди которых ведущим, исходя превышения нормативных требований, является нагревающий микроклимат. Общее количество дней наблюдений составило 112. В табл. 1 приведены некоторые показатели физического состояния женщин.

Таблица 1

Некоторые показатели физического состояния женщин, участвующих в исследовании в теплый и холодный периоды года, $X \pm \delta \pm m$

Показатель	Величина показателя
Возраст, годы	49,1 ± 11,0 ± 1,3
Стаж работы, годы	8,7 ± 7,3 ± 0,9
Поверхность тела, м ²	1,74 ± 0,12 ± 0,002
Масса тела / поверхность тела, кг/м ²	41,2 ± 3,4 ± 0,6

Исследования в оба сезона проводились при близких значениях термической нагрузки среды (ТНС-индекс) к пограничным значениям.

В качестве прямых показателей теплового состояния человека были выбраны: температуры тела ($t_{m/a}$, °C) и кожи (t_k , °C), влагопотери (ΔP , г/ч), теплоощущения (T_o , балл), теплосодержание (Q_{mc} , кДж/кг) [5]. Функциональное состояние организма работника оценивалось по показателям сердечно-сосудистой системы: систолическому и диастолическому артериальному давлению (САД и ДАД, мм рт. ст.) и частоте сердечных сокращений (ЧСС, уд.⁻¹). Температуру тела измеряли под языком с помощью специальных термисторных датчиков, температуру кожи – на пяти участках поверхности тела: лоб, грудь, тыл кисти, середина наружной части бедра и голени с помощью электротермометра ТПЭМ-1.

Ключевые слова:
тепловое состояние, микроклимат, термическая нагрузка, организм, влагопотери, теплый период года, холодный период года.

Keywords:
thermal state, atmosphere, thermal load, organism, moisture loss, warm season, cold season.

Средневзвешенную температуру кожи ($t_{\text{свк}}$, °C) рассчитывали следующим образом:

$$t_{\text{свк}} = 0,07t_1 + 0,5t_2 + 0,05t_3 + 0,18t_4 + 0,20t_5.$$

Величину $Q_{\text{мс}}$ рассчитывали по формуле:

$$Q_{\text{мс}} = c[Kt_{\text{м/я}} + (1/K)t_{\text{свк}}],$$

где c – теплоемкость тканей человека, равная 3,48 кДж/кг × град; K – коэффициент смешивания $t_{\text{м/я}}$:

$$K = 0,519 + 0,037 T_o,$$

где T_o – теплоощущения в баллах 1–7 (соответственно «холодно», «прохладно», «слегка прохладно», «комфорт», «слегка тепло», «тепло», «жарко»).

Общие влагопотери определялись по изменению массы тела в течение рабочей смены за двухчасовой период времени (до и после обеденного перерыва). При этом исключались иные факторы, которые могут влиять на массу тела. Измерения других показателей теплового состояния женщин проводились перед началом рабочей смены, обеденным перерывом и окончанием рабочей смены.

По результатам натурных исследований установлено, что важным звеном в приспособлении к тепловому воздействию является рост потоотделения, хотя есть и другие данные, свидетельствующие о том, что интенсивность потоотделения не только не снижается, но и увеличивается, на что указывают литературные данные [6].

Результаты исследований отражают более высокий уровень влагопотерь в январе и феврале, что указывает на большее напряжение

функционального состояния организма в ответ на термическую нагрузку среды. При этом зарегистрирована более низкая температура кожи ($t_{\text{свк}}$) (табл. 2).

Причиной такого состояния могут являться большие теплопотери испарением влаги. Нельзя исключить также и снижение периферического кровотока в холодный период года.

Однако при более низкой средневзвешенной температуре кожи тепловое состояние организма субъективно оценивается большим баллом, что свидетельствует о большей температурной чувствительности обследованных женщин в холодный период года и меньшей их адаптации к тепловой нагрузке. Несколько большее напряжение функционального состояния организма отражают также показатели сердечно-сосудистой системы – артериальное давление и частота сердечных сокращений. Так, в холодный период года величины ЧСС, САД и ДАД несколько выше, чем в теплый (табл. 3).

Исследования, проведенные в экспериментальных условиях при оптимальных значениях температуры воздуха ($22,5 \pm 0,5$ °C) и влажности (55 ± 5 %) [6] с участием женщин, находящихся в состоянии относительного физического покоя, показали, что при работе в нагревающей среде, как и в холодный период года, наблюдались несколько меньшие значения показателей температуры тела, средневзвешенной температуры кожи и более высокие значения АД и ЧСС (табл. 4). Но при этом субъективная оценка теплового состояния в оба периода года была одинаковой («комфорт»), что согласуется с данными [5].

В связи с этим целесообразно проведение коррекции критериальных показателей оптимального теплового состояния при сохранении требований [3] к параметрам микроклимата.

Таблица 2

Некоторые показатели теплового состояния женщин, работающих в нагревающем микроклимате в теплый и холодный периоды года (энерготраты 91 Вт/м²), $X \pm m$

Период наблюдения	Период года							
	теплый				холодный			
	$t_{\text{м/я}}$, °C	$t_{\text{свк}}$, °C	ΔQ , кДж/кг	T_o , балл	$t_{\text{м/я}}$, °C	$t_{\text{свк}}$, °C	ΔQ , кДж/кг	T_o , балл
До начала рабочей смены	36,4 ± 0,16	33,3 ± 0,16	123,20	4,3 ± 0,19	36,2 ± 0,15	31,6 ± 0,24	120,80	4,2 ± 0,26
В середине рабочей смены	36,7 ± 0,11	33,9 ± 0,21	124,87	5,1 ± 0,33	36,8 ± 0,11	33,3 ± 0,16	124,85	5,9 ± 0,27
Перед окончанием смены	36,9 ± 0,11	33,9 ± 0,19	123,55	5,1 ± 0,40	36,8 ± 0,09	33,3 ± 0,24	124,86	5,8 ± 0,28

Таблица 3

**Некоторые показатели сердечно-сосудистой деятельности женщин, работающих
в нагревающем микроклимате в теплый и холодный периоды года
(энерготраты 91 Вт/м²), $X \pm m$**

Период наблюдения	Период года					
	теплый			холодный		
	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	ЧСС, уд ⁻¹	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	ЧСС, уд ⁻¹
До начала рабочей смены	120 ± 2	75 ± 1	76 ± 3	128 ± 2	80 ± 1	77 ± 3
В середине рабочей смены	120 ± 2	73 ± 2	79 ± 3	127 ± 2	80 ± 2	87 ± 3
Перед окончанием смены	121 ± 2	80 ± 1	80 ± 2	127 ± 3	81 ± 1	85 ± 2

Таблица 4

**Показатели теплового состояния женщин в теплый и холодный периоды года
(энерготраты 58 Вт/м²)*, $X \pm m$**

Период года	$t_{m/я}^*$ °C	$t_{свк}^*$ °C	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	ЧСС, уд ⁻¹	Теплоощущения
Теплый	36,68 ± 0,07	36,4 ± 0,16	117 ± 3,0	75 ± 2,0	75 ± 1	Комфорт
Холодный	36,28 ± 0,08	36,4 ± 0,16	126 ± 1,0	78 ± 2,0	75 ± 1	Комфорт

Примечание: * количество наблюдений с участием 9 женщин в каждый период года – 36; продолжительность одного исследования – 1 ч.

Однако в случае превышения оптимальных уровней параметров микроклимата имеются различия в его субъективной оценке в теплый и холодный периоды года. При одинаковой термической нагрузке среды холодный период года оценивается большим баллом теплоощущений, чем теплый. Следовательно, для достижения одинаковых теплоощущений работниками термическую нагрузку на рабочих местах в холодный период года по сравнению с теплым периодом следует снижать.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

В тепловом состоянии работающих в нагревающем микроклимате в теплый и холодный периоды года имеются различия. В холод-

ный период года наблюдается меньшая адаптация к тепловой нагрузке, это проявляется, в частности, в большей температурной чувствительности и более высоких влагопотерях, больших величинах артериального давления и частоте сердечных сокращений, что обуславливает необходимость снижения термической нагрузки среды на рабочем месте в холодный период года по отношению к тепловому.

Ощущение теплового комфорта определяется соответствующими параметрами микроклимата на рабочем месте и не зависит от периода года, несмотря на некоторые различия в объективных показателях теплового состояния организма.

Список литературы

1. Fanger P.O. Thermal Comfort / P.O. Fanger. – Copenhagen, 1970.
2. Гигиенические основы профилактики неблагоприятного воздействия производственного микроклимата на организм человека // Сб. науч. трудов под ред. Р.Ф. Афанасьевой. – М., 1992. – Вып. 43. – С. 193–211.
3. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М., 1996.
4. Методические указания 4.3. 1895-04. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания / Минздрав России. – М., 2004.
5. Султанов Ф.Ф. Адаптация человека и животных к высокой температуре среды / Ф.Ф. Султанов, А.И. Френк // Физиология терморегуляции. – М.: Наука, 1984. – С. 267–310.