УДК: 613.646:001.5

К ПРОБЛЕМЕ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МИКРОКЛИМАТА В СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Гвозденко Л.А.

Институт медицины труда АМН Украины, г. Киев

В современных условиях микроклимат производственных помещений требует более четкой оценки в связи с его влиянием на функциональное состояние организма работающих, работоспособность, утомляемость. Для успешного решения вопросов по его нормализации необходимо четкое соблюдение требований по его измерению и оценке в соответствии с гигиеническими нормативами.

Требуют оценки новые технологии оптимизации условий микроклимата с использованием энергосберегающих технологий – лучистого и электрокабельного отопления, кондиционирования воздуха и т.п. в плане совершенствования санитарного законодательства. В статье представлен обзор основных проблем, возникающих при оценке этого фактора при аттестации рабочих мест.

Ключевые слова: микроклимат, температура воздуха, относительная влажность, тепловое излучение, системы отопления, гигиеническая оценка

Микроклимат производственных помещений – основной фактор производственной среды, который подлежит гигиенической оценке на всех рабочих местах без исключения. Это единственный комплексный фактор, который включает такие составляющие, как температура, подвижность, относительная влажность воздуха, а также тепловое излучение – радиационную составляющую микроклимата, представленную в основном инфракрасным участком спектра неионизирующих электромагнитных излучений. Комплекс этих факторов оказывает влияние на формирование теплового состояния организма, определяет особенности теплообмена организма с окружающей средой, играет важную роль в определении самочувствия человека, его работоспособности, здоровья и производительности труда. Гигиенисты 30–40-х годов прошлого века [1] считали, что понятие «микроклимат» должно быть более широким и включать оценку дизайна помещения (окраску стен, освещенность), ионный состав воздуха, поскольку эти факторы в определенной степени оказывают влияние на формирование теплового состояния организма. Однако, в настоящее время микроклимат оценивается по четырем показателям.

В последние годы в нормативных документах [2, 3] предлагается использовать для оценки микроклимата индекс WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) или THC-индекс (термическая нагрузка среды) – показатель, характеризующий комплексное воздействие температуры, влажности, подвижности воздуха и потоков инфракрасного излучения интенсивностью до 1000 Вт/м^2. Индекс WBGT внутри помещения рассчитывают следующим образом:

$$WBGT = 0{,}7 \cdot t_{вл} + 0{,}3 \cdot t_{ш},$$

где $t_{вл}$, $t_{ш}$ – температура влажного термометра и температура внутри черного шара соответственно.

THC – индекс можно определять по температуре влажного термометра аспирационного психрометра [3]. Однако, следует отметить, что оценка условий микроклимата по характеристикам каждого из показателей, его составляющих, имеет большее значение в гигиенической практике, т.к. способствует принятию оперативных решений в направлении улучшения, нормализации микроклимата на рабочих местах. Это положение было представлено на совещании экспертов ВОЗ в 1969 году членом-корреспондентом АМН СССР Г.Х. Шахбазяном, основоположником разработки отечественных нормативов микроклимата, который представлял позицию советских ученых о необходимости одновременного учета не менее шести факторов: температуры, влажности, скорости движения воздуха, температуры окружающих поверхностей или интенсивности теплового излучения, интенсивности обменных процессов организма в связи с его жизнедеятельностью и выполнением физической работы, теплоизоляционных свойств одежды – при оценке условий микроклимата [4], что и включают действующие нормативы – ДСН 3.3.6.042-99 [5]. В основе разработки индекса WBGT, THC-индекса

лежит оценка теплоощущений человека, зависящая от многих факторов: особенностей адаптации человека к климатическим условиям того или иного региона, особенностей питания, одежды и т.п. Поэтому использование этих оценочных показателей требует уточнения для конкретных исследуемых групп населения. При попытке использовать этот показатель (ТНС-индекс) оказалось, что его рационально применять при оценке охлаждающего микроклимата, при лучистом отоплении помещений.

В настоящее время существует несколько классификаций микроклимата производственных помещений. Различают конвекционный, радиационный и конвекционно-радиационный микроклимат на основании особенностей теплообмена и характеристик источников тепла в помещениях [6]. Оценивают микроклимат по избыткам явного тепла: при наличии избытков в пределах 20 ккал/м3час, — микроклимат оценивается как нагревающий, поскольку явное тепло изменяет температуру воздуха в помещении [СН 245-71] [7].

Микроклимат по степени его влияния на тепловой баланс человека может подразделяться на нейтральный, нагревающий и охлаждающий [8]. При нейтральном микроклимате обеспечивается тепловой баланс организма: разница между теплопродукцией и теплоотдачей не превышает ± 2 Вт. При охлаждающем микроклимате суммарная теплоотдача превышает теплопродукцию, что приводит к дефициту тепла в организме (> 2 Вт) при увеличении доли потерь тепла испарением влаги (> 30 %). Различают в настоящее время и такой микроклимат как «офисный», характеризующийся стабильностью температуры воздуха, застойными явлениями, или наоборот, при использовании кондиционеров — наличием неорганизованных потоков воздуха со значительным охлаждающим эффектом [9]. В соответствии с санитарными нормами ДСН 3.3.6.042 различают кроме того оптимальные и допустимые условия микроклимата. Однако, во всех случаях в основе классификации лежит оценка теплового состояния организма, которое оценивается как оптимальное, допустимое, предельно-допустимое, недопустимое на основе определения содержания и распределения тепла в глубоких («ядро») и поверхностных («оболочка») тканях организма, а также установления степени напряжения механизмов терморегуляции, которая обеспечивается, прежде всего, функциями сердечно-сосудистой, выделительной, эндокринной систем, определяющих энергетический, водно-солевой и белковый обмены [10].

При аттестации рабочих мест перед исследователем стоит задача определения степени воздействия микроклимата на тепловой баланс организма, отнесение его к категории допустимого, нагревающего или охлаждающего. Наличие на рабочем месте условий микроклимата, отличающихся от допустимых, вызывает развитие острых и хронических профессиональных заболеваний, которые включены в перечень профессиональных заболеваний [11]. К ним относятся: перегревания острые (тепловой и солнечный удар, тепловые обмороки, тепловые судороги и т.п.) и хронические (вегетативно-сосудистая дисфункция с нарушением терморегуляции, электролитного обмена и т.п.) — при воздействии нагревающего микроклимата. При работе в условиях охлаждающего микроклимата возникают, прежде всего, сосудистые нарушения, связанные с сокращением сосудов, нарушение трофики тканей, которые могут привести к развитию облитерирующего эндартериита, вегетативно-сенсорной полиневропатии, ангиотрофоневрозу. При контакте с влажной средой в условиях низких температур (обработка кожи, рыбных продуктов и т.п.) возможно развитие ониходистрофий, механических эпидермозов, омозолелостей и т.п.

Для развития профессиональной патологии необходимо длительное воздействие неблагоприятных условий микроклимата. На первых этапах работы в этих условиях возможно развитие профессионально обусловленной патологии, которая приводит к снижению работоспособности, формированию высокого уровня заболеваний с временной утратой трудоспособности. Среди рабочих «горячих» цехов в металлургии, литейных, кузнечно-прессовых и термических цехах машиностроительных заводов, машинно-ванных цехах стекольных заводов и др., работающих в условиях нагревающего микроклимата очень высок уровень заболеваний сердечно-сосудистой системы (дистрофия миокарда, ИБС), центральной нервной системы (вегето-сосудистая дистония), желудочно-кишечного тракта (гастриты, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки), снижается уровень иммунологической реактивности, что способствует высокому уровню простудных заболеваний, который в 1,2—2,1 раза выше, чем у рабочих, не подвергающихся воздействию нагревающего микроклимата. В ряде стран Европы ишемическая болезнь сердца у сталеваров, считается профессиональным заболеванием. У работающих в условиях нагревающего

микроклимата наблюдается раннее старение организма, достоверное повышение смертности [12].

Работа в условиях охлаждающего микроклимата также способствует возникновению сердечно-сосудистой патологии, приводит к обострению язвенной болезни желудка, радикулитов, обусловливает высокий уровень заболеваний органов дыхания. Охлаждение человека, как общее, так и локальное, способствует изменению его двигательных реакций, нарушает координацию при выполнении точных операций, вызывает развитие тормозных процессов в коре головного мозга, что может быть причиной высокого травматизма [8]. Все вышесказанное свидетельствует о важности гигиенической оценки микроклимата производственных помещений. Соблюдение определенных методических подходов при проведении исследований дает возможность объективно оценить условия микроклимата на рабочих местах.

В ДСН 3.3.6.042 изложены основные требования к проведению измерений и оценке условий микроклимата. Прежде всего, необходимо определить категорию тяжести работы, выполняемой работающим, и сезон года в период измерений — от этих факторов зависит выбор оптимальных или допустимых гигиенических нормативов, по отношению к которым оцениваются реальные, фактические параметры микроклимата. Очень важно тщательно измерять показатели непосредственно на рабочем месте и в рабочей зоне: на разной высоте (0,5 м—1 м—1,5 м) для характеристики перепадов показателей по вертикали, которые не должны превышать 3 °С; в разных точках рабочей зоны, если рабочий перемещается, обслуживает несколько видов оборудования — для характеристик перепадов по горизонтали, которые должны находиться в границах допустимых температур воздуха для определенной категории тяжести работ. Наличие значительных перепадов в величине показателей по вертикали и горизонтали имеет значение для оценки теплового состояния организма, напряжения функций терморегуляции. Имеет значение измерение температуры поверхностей оборудования на рабочих местах для характеристики особенностей радиационного теплообмена организма рабочего. Наличие температур поверхностей оборудования ниже температуры воздуха в помещении свидетельствует о возможности потерь собственного тепла и охлаждении организма и наоборот. Радиационный путь теплообмена оценивается также при измерении интенсивности теплового излучения в зависимости от вида источников, генерирующих излучение, и величины облучаемой поверхности тела.

Трудности при оценке условий микроклимата могут возникнуть при наличии большой разницы в величине показателей в течение рабочего дня, при обслуживании различных стадий технологического процесса, сопровождающихся формированием различных условий микроклимата. В гигиенической литературе нет четкого мнения в отношении оценки таких параметров микроклимата, особенно при аттестации рабочих мест. Предлагается рассчитывать среднесменные величины факторов, находить наиболее часто встречающуюся величину (M_0), оценивать фактор по разнице между минимальным и максимальным значением измеренных величин или только по максимальным величинам. В Гигиенической классификации условий труда № 3.3.5-3.3.8; 6.6.1-083-2001 в этих случаях предлагается отдельно оценивать степень вредности каждого из сочетаний факторов микроклимата, а затем рассчитать средневзвешенный во времени класс и степень опасности (вредности). Вероятно, в этих случаях наиболее объективной будет оценка функционального состояния организма работающего, его теплового состояния, с привлечением комплекса показателей о функциях сердечно-сосудистой системы, состоянии иммунологической реактивности и др. функций. Однако на практике исследователь ориентируется в основном на уровень температуры воздуха и параметры теплового излучения.

Интенсивность потоков теплового излучения оценивается по максимальным величинам, которые определяются при измерениях на разной высоте по отношению к рабочему месту через каждые 30—45° по его периметру. Кроме того, при оценке параметров облученности, особенно при прерывистых режимах облучения, целесообразно проводить хронометраж длительности разовых периодов облучения и определять суммарное время облучения за смену. В этом случае как допустимые могут быть приняты гораздо большие величины облученности — табл. 4 ДСН 3.3.6.042. При этом обязательно соблюдение определенной суммарной продолжительности облучения за смену и соотношение длительности разовых периодов облучения и пауз между ними, в течение которых рабочий должен находиться при допустимых условиях микроклимата. В таких условиях будет происходить отдача полученных избытков энергии, и в то же время сохраняются приспособительные реакции, возникающие в период облучения [13].

Большое значение имеют параметры относительной влажности воздуха. Сочетание повышенной влажности и уровня температуры воздуха, находящегося на нижней границе допустимых вели-

чин, очень часто способствует охлаждению организма — вода очень хорошо поглощает собственное тепловое излучение человеческого тела и обуславливает потери собственного тепла радиационным путем. И наоборот — чуть повышенная температура воздуха при большой влажности способствует перегреванию организма вследствие исключения теплоотдачи испарением. В связи с этим для летнего периода предложены предельные уровни влажности воздуха в зависимости от его температуры: при 24 °С — не более 75 %, при 25 °С — не более 70 %, при 26 °С — не более 65 %, при 27 °С — не более 60 % и при 28 0С — не более 55 %.

В современных офисных помещениях большое значение имеют параметры подвижности воздуха. В условиях оптимальных температур чуть повышенные скорости движения воздуха (> 0,1 м/с) воспринимаются весьма неблагоприятно, вызывают локальное охлаждение поверхностей тела и жалобы работающих.

В последние годы в связи с энергетическим кризисом в Украине стали широко использоваться для отопления в зимний период года системы лучистого обогрева, особенно для многопролетных промышленных зданий с большой высотой (> 8 м) и площадью. Используются для этих целей инфракрасные газовые или электрические излучатели, в которых излучающая поверхность может быть нагрета до 800—900 °С («светлые» излучатели, λ_{max} = 2,5—3,0 мкм), до 400—500 °С («темные» излучатели, λ_{max} = 4,0—4,5 мкм) и до 200—250 °С («супертемные» излучатели, λ_{max} = 5—6 мкм). В Украине налажено их производство, но поступают такие излучатели и из-за рубежа. Как показали наши исследования [14], использование таких излучателей дает возможность за счет появления вторичных источников излучения (нагретый пол, поверхности конструкций и оборудования), имеющих большую площадь, создать условия микроклимата, способствующие формированию допустимого теплового состояния у работающих в неотапливаемых помещениях. Температура воздуха в этих помещениях может повышаться до 16—18 °С при температуре нагретых поверхностей до 20—26 °С, что весьма благоприятно оценивается рабочими. Однако, при нерациональном расположении облучателей возможно облучение поверхностей тела работающего, особенно головы — интенсивностью ИК излучения до 250—300 Вт/м^2. Такие интенсивности облучения весьма неблагоприятны для организма и создают опасность перегрева, тепловых ударов. В связи с этим нами разработаны рекомендации по эксплуатации этих систем отопления, которые, прежде всего, направлены на предупреждение избыточного ИК облучения головы у работающих. Для создания интенсивностей облучения на поверхности головы порядка 35—60 Вт/м^2 (ДСН 3.3.6.042, изменения к ГОСТ 12.1.005) необходимо располагать облучатели под углом 45—60° к поверхности пола, чтобы максимальный поток излучения падал на конструкции и оборудование, а рабочая зона находилась на его периферии. Необходимо строго соблюдать высоту подвеса излучателей, особенно «светлых» (не менее 7 — 8 м) и контролировать параметры излучения на уровне головы работающего. При этом голова должна быть защищена головным убором с теплозащитой 0,155 °С · м^2/Вт.

Эффективное использование систем лучистого отопления возможно при отсутствии на рабочих местах больших скоростей движения воздуха (не более 0,3 м/с), когда температура шарового термометра составляет 13,5—19 °С. Использование систем лучистого отопления — новая технология, которая способствует экономии энергии, но требует четкого соблюдения гигиенических требований. Контроль параметров теплового состояния организма, особенно степени повышения температуры облучаемых кожных покровов при использовании излучения с различной длиной волны в системах лучистого отопления, позволяет дать объективную гигиеническую оценку этих систем (таблица) [13].

Требуют особого внимания системы электрокабельного отопления, используемые для обогрева и жилых, и офисных помещений. При гигиенической оценке этих систем отопления в помещениях с постоянным пребыванием людей следует строго контролировать температуру поверхности пола. В зависимости от категории тяжести выполняемой в этих помещениях работы температура пола, способствующая формированию допустимых условий микроклимата, должна составлять 20—23 °С. При этих условиях интенсивность ИК излучения от пола составляет 10—15—30 Вт/м^2 при напряженности электромагнитного поля частотой 50 Гц — ниже фоновых величин.

Класс вредности и опасности условий микроклимата определяется по наиболее выраженному фактору — тепловому излучению, температуре воздуха. Наличие теплового излучения, превышающего 140 Вт/м^2, характеризует условия труда как вредные и опасные класса 3.1; выше 1500 Вт/м^2 — класс 3.2; выше 2000 Вт/м^2 — класс 3.3. При этом значе-

Таблица

Степень изменений теплового состояния организма в зависимости от спектрального состава ИК облучения (λ_{max})

Характер реакций организма	λ_{max} облучения, мкм	Степень повышения температуры облучаемой кожи, °С	Повышение средневзвешенной температуры кожи, °С	Теплонакопление, кДж
Оптимальные реакции	2,5–3,0*	до 0,8	до 0,6	до 67,0
	4,0–4,5**	до 1,1	до 0,7	до 84,0
	5,0–6,0***	до 0,6	до 0,5	до 67,0
Допустимые реакции	2,5–3,0*	0,8–1,3	0,6–1,0	67,0–104,0
	4,0–4,5**	1,1–1,8	0,7–1,1	84,0–116,0
	5,0–6,0***	0,6–1,0	0,5–1,0	67,0–104,0
Повреждающие реакции	2,5–3,0*	> 1,3	> 1,0	> 104
	4,0–4,5**	> 1,8	> 1,1	> 116
	5,0–6,0***	> 1,0	> 1,0	> 104

*Примечание: * – λ_{max} «светлых» излучателей;*
*** – λ_{max} «темных» излучателей;*
**** – λ_{max} «супертемных» излучателей.*

ния ТНС-индекса могут быть оптимальными или допустимыми, что подтверждает наше наблюдение о хорошей корреляции ТНС-индекса с тепловым состоянием организма (теплонакоплением) в условиях низких температур воздуха (11–18°С) и малых интенсивностей теплового облучения (30–60 Вт/м^2).

Таким образом, при оценке условий микроклимата в современных производственных помещениях необходимо руководствоваться существующими гигиеническими нормативами. При этом, главным критерием оценки должно быть тепловое состояние организма работающего человека.

В помещениях с энергосберегающими технологиями отопления большое значение приобретает радиационная составляющая микроклимата, которая требует четкого контроля, оценки и дальнейшего изучения в плане разработки необходимых нормативов.

Литература

1. Гигиена труда/Руководство под редакцией Л.К. Хоцянова – М.: Медицина, 1956 – 474 с.

2. Hot Environments-Estrimotion of the Heat Stress on Working Mon, Basead on the WBGT – index (wet bulb globe temperature) ISO 7730–84 (E)

3. Суворов Г.А., Афанасьева Р.Ф., Губернский Ю.Д. Микроклимат промышленных и гражданский зданий. Экологические и гигиенические аспекты / Под ред. Н.Ф. Измерова – М.: Ред.ж. «Охрана труда и соц. страхование», 1999–108 с.

4. Health factors Cuvolved in working under conditions of heat stress WHO Technical Report Series, № 412, Geneva, 1969, 31 h.

5. ДСН 3.3.6.042–99 – Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

6. Эрман И.М. Основы гигиены производственного микроклимата в горячих цехах. – /М.: Медицина, 1964–264 с.

7. СН 245–71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. М., 1972–95с.

8. Афанасьева Р.Ф., Бессонова Н.А., Бурмистрова О.В., Губернский Ю.Д., Репин Г.Н. Микроклимат // Физические факторы. Эколого-гигиеническая оценка и контроль.– Том 2.– М.: Медицина, 1999.– С. 356–422.

9. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. Основи охорони праці// За ред К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського – К.: «Основа», 2003.– 402 с.

10. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания. – Метод. реком. № 5168–90.– М., 1990–20 с.

11. Перелік професійних захворювань. Пост. Каб.Мін. України № 1662 від 8.11.2000 р. – 23 с.

12. Афанасьева Р.Ф., Репин Г.Н., Бессонова Н.А., Бабаян М.А. Проблема нормирования микроклимата на рабочих местах в производственных помещениях. – Мед. труда и пром. экологии.– № 12, 1996. – С. 14–17.

13. Гвозденко Л.А. Гигиеническое значение оптического излучения нагретых тел в условиях современного производства. – Автореферат докт. дис. – Киев, 1987–42 с.

14. Гвозденко Л.А., Беседа А.Ю. О гигиенической оценке систем лучистого отопления помещений.– Материалы научно-практ. конф. «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України» – Київ.– 2005.– С. 44–45.

Гвозденко Л.А.

ДО ПРОБЛЕМИ ГІГІЄНІЧНОЇ ОЦІНКИ МІКРОКЛІМАТУ В СУЧАСНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ.

Інститут медицини праці АМН України, м. Київ

В сучасних умовах мікроклімат виробничих приміщень потребує більш чіткої оцінки у зв'язку з його впливом на функціональний стан організму працівника, його працездатність, стомлюваність, що повинно сприяти рішенню питань нормалізації мікроклімату. Потребують оцінки нові технології оптимізації умов мікроклімату з використанням енергозберігаючих технологій – променевого і электрокабельного опалення, кондиціювання повітря і т.н. в напрямі вдосконалення санітарного законодавства. Представлено огляд основних проблем, виникають при оцінці цього фактору підчас атестації робочих місць.

Ключові слова : мікроклімат, температура повітря, відносна вологість, теплове випромінювання, системи опалювання, гігієнічна оцінка

Gvozdenko L.O.

TO THE PROBLEM OF HYGIENIC ASSESSMENT OF MICROCLIMATE IN MODERN PRODUCTION PREMISES

Institute for Occupational Health of AMS of Ukraine, Kyiv

In modern conditions the microclimate of production premises requires more precise assessment due to its effect on the functional state of workers, their work ability and fatigue that can promote solving problems of microclimate optimization. New technologies for optimization of microclimatic conditions using energy-saving ones (radiation and electric heat, air conditioning, etc.) aimed at improvement of the sanitary legislation should be assessed. The review of main problems, occurring in the assessment of the mentioned factor, when examining work places is given.

Key words: production premises, microclimate, hygienic assessment, sanitary legislation

Поступила: 19.06.2007

Контактное лицо: Гвозденко Л.А., Институт медицины труда АМНУ, ул. Саксаганского, 75, Киев 01033, Украина