

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е.Алексеева»

Кафедра "Производственная безопасность, экология и химия"

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов всех направлений подготовки и форм обучения

Н. Новгород, 2018

7

УДК 502.7:621.311.1

Исследование микроклимата производственных помещений: Метод. указания к лабораторной работе по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" / НГТУ; Сост.: Г.В. Пачурин, А.А. Филиппов. Н.Новгород, 2018. 14 с.

Рассмотрены теоретические вопросы влияния параметров микроклимата на тепловой баланс между организмом человека и окружающей средой, методы и приборы для измерения температуры воздуха, относительной влажности и скорости воздуха в производственных помещениях. Приведены санитарно-эпидемиологические требования к нормированию параметров микроклимата.

Дано описание лабораторного стенда, порядок выполнения лабораторной работы и содержание отчета.

Утверждено на заседании кафедры ПБЭиХ 14 февраля 2018 г., протокол №3

Редактор А.Б. Елькин

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Измерение и оценка параметров микроклимата в производственных помещениях.

1.2. Анализ соответствия параметров микроклимата санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам.

2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- а) температура воздуха;
- б) температура поверхностей (учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций, устройств, технологического оборудования или ограждающих его устройств);
- в) относительная влажность воздуха;
- г) скорость движения воздуха;
- д) интенсивность теплового облучения.

Эти факторы, как в отдельности, так и в совокупности, оказывают большое влияние на теплообмен человека с окружающей средой. Показатели микроклимата влияют на тепловой баланс между организмом человека и окружающей средой и обеспечивают оптимальное или допустимое состояние организма.

Теплоотдача организма во внешнюю среду осуществляется несколькими путями: конвекцией, теплопроводностью, испарением, излучением и зависит от температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха и количества тепла, выделяемого организмом.

Так, например, при комнатной температуре (20 °С) теплоотдача организмом человека осуществляется на 31,0% - конвекцией, 43,7% - излучением, 21,7% - испарением и остальное - теплопроводностью. С повышением температуры до 30 °С резко увеличивается испарение и свыше 35...40 °С оно становится основным путем теплоотдачи. Это вредно влияет на организм, так как из-за потери влаги и солей затрудняется сердечно-сосудистая деятельность. Значительное повышение относительной влажности в помещении затрудняет теплоотдачу испарением, особенно в сочетании с высокой температурой. В этих условиях система терморегуляции человека работает со значительными перегрузками. Организм его быстро утомляется, прекращается потовыделение и может наступить тепловой удар (потеря сознания, расстройство дыхания, кровообращения и деятельности центральной нервной системы).

Движение воздуха увеличивает конвекцию, что желательно при высокой температуре и нежелательно - при низкой, так как может вызвать простудные заболевания.

Температуру воздуха обычно измеряют жидкостными термометрами, термопарами и записывающими приборами - термографами, термометрами сопротивления. Термометры сопротивления более компактны и удобны в работе, чем жидкостные, но дают менее точные результаты. Принцип их

действия основан на изменении сопротивления проводников при колебаниях температуры. Если требуется запись изменения температуры во времени, то применяют записывающие приборы - термографы. Последний имеет барабан с накрученной на него бумажной лентой, записывающий механизм и датчик из биметаллической или полый, заполненной спиртом, пружиной.

Различают абсолютную и относительную влажность.

Абсолютная влажность - масса водяных паров, содержащихся в 1 куб. м влажного воздуха.

Относительная влажность - отношение абсолютной влажности к максимально возможной абсолютной влажности при данной температуре, выраженное в процентах.

Следовательно, величина относительной влажности характеризует степень влажности воздуха и показывает, насколько близок влажный воздух к насыщению.

Для измерения относительной влажности применяют психрометры, гигрометры и гигрографы. Если гигрометр, показывающий прибор, то гигрограф - самопишущий. Их чувствительным элементом, как правило, является специально обработанный человеческий волос. Гигрограф имеет барабан с накрученной на него бумажной лентой и механическую систему, преобразующую колебания чувствительного элемента в движения самописца. При помощи гигрометров и гигрографов определяется относительная влажность воздуха при температурах ниже - 5 °С. Если температура выше, то применяют психрометр.

Наиболее совершенным и точным прибором для измерения относительной влажности является аспирационный (вентиляционный) психрометр (рис.1).

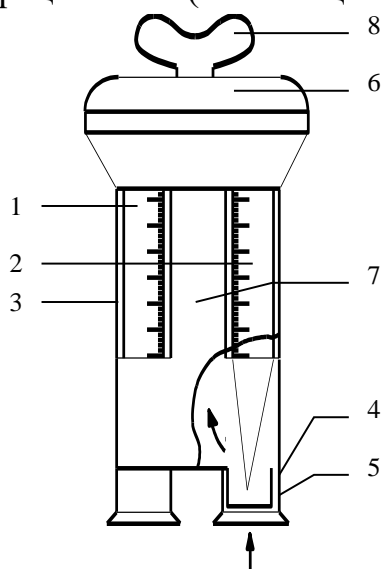


Рис. 1- Аспирационный (вентиляционный) психрометр

Он имеет два термометра 1 и 2, которые защищены с боков от теплового излучения и механических повреждений никелированными желобками. Резервуары термометров, один из которых обернут куском батиста в один слой, окружены двойными никелированными гильзами (трубками) 4 и 5, через которые с постоянной скоростью (4 м/с) проходит воздух от вентилятора 6 через соединительную трубку 7. Вентилятор приводится в действие пружиной, которая заводится ключом 8. Наличие у психрометра металлических трубок 4 и 5 с воздушной прослойкой между ними предохраняет резервуары от теплового излучения, сокращает, из-за большой скорости движения воздуха около резервуара, время на установление теплового баланса, что обеспечивает стабильный режим испарения независимо от скорости движения окружающего воздуха.

Если воздух не насыщен до предела водяным паром, то с поверхности смоченного дистиллированной водой батиста вода будет испаряться. В результате затрат тепла на испарение влажный термометр покажет более низкую температуру, чем сухой термометр. Разница показаний будет возрастать по мере уменьшения влажности воздуха. По показаниям сухого и смоченного термометров при помощи специальных монограмм или психрометрических таблиц определяют относительную влажность воздуха. При их отсутствии парциальное давление водяных паров определяется по формуле:

$$P_{\text{вп}} = P_{\text{нас}}^B - 0.5 (t_c - t_b) \cdot B / 755 , \quad (1)$$

где $P_{\text{вп}}$ - парциальное давление водяных паров, мм. рт. ст.;

$P_{\text{нас}}^B$ - давление насыщенных водяных паров при температуре влажного термометра, мм. рт. ст.;

t_c - температура сухого термометра, °С;

t_b - температура **влажного** термометра, °С;

B - барометрическое давление, при котором проводится наблюдение, мм. рт. ст.

Давление насыщенных водяных паров зависит от температуры и определяется по табл. 1.

После определения парциального давления $P_{\text{вп}}$, рассчитывается относительная влажность воздуха в помещении. Относительная влажность определяется как отношение парциального давления водяных паров к парциальному давлению насыщенных водяных паров при температуре воздуха в помещении:

$$f = (P_{\text{вп}} / P_{\text{нас}}^c) \cdot 100 \% , \quad (2)$$

где f - относительная влажность воздуха, %;

$P_{\text{в}}$ - парциальное давление водяных паров, мм. рт. ст. (1);

$P_{\text{нас}}^c$ - парциальное давление насыщенных водяных паров при температуре воздуха в помещении, определяется по табл. 1 (**сухой термометр**), мм. рт. ст.

Таблица 1 - Парциальное давление насыщенных водяных паров при давлении 760 мм. рт. ст.

Температура, °С	Парциальное давление насыщенных водяных паров, мм. рт. ст.
10	9,2
11	9,8
12	10,5
13	11,2
14	12
15	12,8
16	13,6
17	14,5
18	15,5
19	16,5
20	17,5
21	18,7
22	19,8
23	21,1
24	22,4
25	23,8
26	25,2
27	26,7
28	28,3
29	30,0
30	31,8
31	33,7
32	35,7
33	37,7
34	39,9
35	42,2
36	44,6
37	47,1
38	49,7
39	52,4
40	55,3

Скорость воздушного потока определяется чашечными (при скорости воздуха от 9 до 20 м/с) и крыльчатыми (от 0,5 до 5 м/с) анемометрами.

Крыльчатый анемометр состоит из металлического корпуса, в котором смонтированы колесо с лопатками и счетный механизм, соединенный с осью колеса. Счетный механизм имеет несколько стрелок и циферблат, деления которого соответствуют метрам пути. Для включения и выключения счетчик имеет рычажок (арретир).

У чашечного анемометра воспринимающей частью является небольшая крестовина с четырьмя полыми полушариями, обращенными выпуклыми поверхностями в одну сторону. Эта крестовина под действием воздушного потока вращается в сторону выпуклости полушарий, передавая движение на счетный механизм.

Скорость движения воздуха (м/с):

$$V_{\text{возд}} = (C_2 - C_1) / t, \quad (3)$$

где C_2 - конечное показание анемометра, м;

C_1 - начальное показание анемометра, м;

t - время замера скорости воздуха, с.

Важной характеристикой является кратность воздухообмена. Она показывает, сколько раз в течение часа вентиляция полностью заменит воздух в помещении, например, в цехе, т.е. кратность воздухообмена характеризует производительность вентиляции. Этот параметр определяется по формуле:

$$K = W / V, \quad (4)$$

где K - кратность воздухообмена, ч⁻¹;

W - объем поступающего воздуха, м³/ч;

V - объем воздушного канала, м³($F \cdot L$);

$$W = 3600 \cdot F \cdot V_{\text{возд}}, \quad (5)$$

где F - площадь поперечного сечения воздушного канала (0,05 м²);

$V_{\text{возд}}$ - скорость движения воздуха, по формуле (3), м/с.

L - длина воздушного канала (1м).

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-2016 гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест в производственных помещениях установлены с учетом общих энергозатрат работающих и периодов года (см. приложение).

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Работа выполняется на стенде, состоящем из аспирационного психрометра, барометра-анероида и воздушного канала в виде удлиненного ящика, емкости с водой, пипетки.

В основание воздушного канала вмонтированы электрический вентилятор и чашечный анемометр.

4. ОХРАНА ТРУДА

4.1. При выполнении работы соблюдать общие требования безопасности, предъявляемые к проведению работ в лаборатории.

4.2. Опасными факторами при выполнении работы является повышенное значение напряжения электрической цепи вентилятора (220 В) и его

вращающиеся лопасти. Нельзя пользоваться неисправленным шнуром, вилкой и розеткой.

4.3. Запрещается прикасаться к работающему вентилятору и анемометру.

4.4. О всех неисправностях немедленно сообщить преподавателю.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

После ознакомления с теорией вопроса, а также назначением, устройством и правилами работы с приборами можно приступить к проведению лабораторной работы.

5.1. Измерение относительной влажности.

5.1.1. Набрать из емкости пипеткой воды и, приподняв резервуар аспиратора кверху, смочить батист.

5.1.2. Завести аспиратор ключом (8) и через 2-4 минуты записать показания термометров.

5.1.3. Определить парциальное давление водяных паров по формуле (2).

5.1.4. Определить относительную влажность по формуле (1).

5.2. Измерение скорости движения воздуха.

5.2.1. Записать начальные показания чашечного анемометра.

5.2.2. Одновременно включить вентилятор и отметить время по секундомеру или секундной стрелке часов.

5.2.3. Через 50-100 секунд отключить вентилятор и записать конечные показания анемометра.

5.2.4. По формуле (3) произвести расчет скорости движения воздуха.

5.3. Определение кратности воздухообмена.

5.3.1. Замерить поперечное сечение воздушного канала.

5.3.2. По формуле (5) произвести расчет объема поступающего воздуха.

5.3.3. Замерить длину воздушного канала и определить его объем.

5.3.4. По формуле (4) найти кратность воздухообмена.

Составление табл. 2 с учетом характеристики помещения, категории работы и времени года.

Таблица 2 - Результаты работы

Нормируемые параметры	Оптимальные	Допустимые	Измеренные
Температура воздуха, °С			
Относительная влажность воздуха, %			
Скорость движения воздуха, м/с			

6. УКАЗАНИЯ К СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет оформляется на двойном листе (один на бригаду), в котором указывается номер и название лабораторной работы, фамилии и инициалы членов бригады, выполняемых работу, и индекс группы. Указывается цель

работы, результаты замеров и их обработка, таблица. В конце отчета должны быть выводы о соответствии полученных результатов требованиям СанПиН 2.2.4.3359-2016.

7. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 7.1. Какие параметры относятся к микроклиматическим условиям?
- 7.2. Каким документом нормируются микроклиматические условия?
- 7.3. Какие приборы применяются для определения скорости движения воздуха?
- 7.4. Какие приборы применяются для определения относительной влажности?
- 7.5. Как устроен чашечный анемометр?
- 7.6. Как устроены психрометры, гигрометры?
- 7.7. Методика измерения скорости воздушного потока?
- 7.8. Методика измерения относительной влажности?
- 7.9. Термины и определения.
- 7.10. Профилактика и защитные мероприятия от вредных условий микроклимата.

8 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.2.4.3359-2016 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
2. Охрана труда в машиностроении / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.: Под. ред. Е.Я. Юдина, - М.: Машиностроение, 1983. - 432 с., ил.
3. Основы безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие / Г.В. Пачурин [и др.]; Нижегород. гос. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – 2-е изд. перераб. и доп. – Н. Новгород, 2014. – 269 с.
4. Пачурин Г.В., Елькин А.Б., Миндрин В.И., Филиппов А.А. Основы безопасности жизнедеятельности: для технических специальностей: учебное пособие / Г.В. Пачурин [и др.]. – Ростов н/Д: Феникс, 2016. – 397 с.: ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Термины и определения

Производственные помещения - замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

Рабочее место - участок помещения, на котором в течении смены или части ее осуществляется трудовая деятельность. Рабочим местом может являться несколько участков производственного помещения. Если эти участки расположены по всему помещению, то рабочим местом считается площадь помещения.

Холодный период года - период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной $+10^{\circ}\text{C}$ и ниже.

Теплый период года - период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$.

Среднесуточная температура наружного воздуха - средняя величина температуры наружного воздуха, измеренная в определенные часы суток через одинаковые промежутки времени. Она принимается по данным метеорологической службы.

Таблица П.1 - Характеристика работ по интенсивности энергозатрат организма

Работа	Категория	Энергозатраты организма (расход энергии при выполнении работы)	Характеристика работ
Легкая физическая	I	не более 150 ккал/ч (174 Вт)	
	Ia	до 120 ккал/ч (139 Вт)	Работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятии точного, приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т.п.)
	Iб	121-150 ккал/ч (140-174 Вт)	Работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т.п.)
Физическая средней тяжести	II	151-250 ккал/ч (175-290 Вт)	
	IIa	151-200 ккал/ч (175-232 Вт)	Работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т.п.)
	IIб	201-250 ккал/ч (233-290 Вт)	Работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных, литейных, прокатных, кузнечных, термических, уварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.)
Тяжелая физическая работа	III	более 250 ккал/ч (более 290 Вт)	Работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок, машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.)

Оптимальные условия микроклимата

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.)

Устанавливаются по критериям теплового и функционального состояния человека, обеспечивающие общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывающие отклонений в состоянии здоровья, создающие предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Таблица П.2 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iа	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIа	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Iа	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб	22 - 24	22 - 26	60 - 40	0,1
	IIа	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены не должны превышать 2°С и выходить за пределы величин, указанных в табл. П.2.

Допустимые условия микроклимата

Их необходимо соблюдать в случаях, когда технологическим требованиям и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены, не вызывающего повреждений или нарушений состояния здоровья, но не исключаящего возникновение общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжения механизмов терморегуляции, ухудшение самочувствия и понижения работоспособности (табл. П.3).

Таблица П.3 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Пе-риод года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Темпе-ратура по-верх-ностей, °С	Относи-тельная влаж-ность воздуха, %	Скорость движе-ния воздуха, не более м/с	
		Диапазон ниже оп-тималь-ных ве-личин	Диапазон выше оп-тимальных величин			Для диа-пазона темпера-тур воз-духа ниже оп-тимальных величин, не более	Для диапа-зона темпе-ратур воздуха выше оп-тимальных ве-личин, не более
Хо-лод-ный	1а (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19-26	15-75	0,1	0,1
	1б (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18-25	15-75	0,1	0,2
	2а (175-232)	17,0-18,9	21,1-23,0	16-24	15-75	0,1	0,3
	2б (233-290)	15,0-16,9	19,1-22,0	14-23	15-75	0,2	0,4
	3 (более 290)	13,0-15,9	18,1-21,0	12-22	15-75	0,2	0,4
Теп-лый	1а (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20-29	15-75	0,1	0,2
	1б (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19-29	15-75	0,1	0,3
	2а (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17-28	15-75	0,1	0,4
	2б (233-290)	16,0-18,9	21,1-27,0	15-28	15-75	0,2	0,5
	3 (более 290)	15,0-17,9	20,1-26,0	14-27	15-75	0,2	0,5

- При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:
- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3°С;
 - перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменение в течение смены не должны превышать:

при категориях работ	Iа, Iб	- 4°С;
при категориях работ	IIа, IIб	- 5°С;
при категориях работ	III	- 6°С.

¹⁾ Если температура воздуха на рабочих местах 25°С и выше, то максимально допустимые величины относительной влажности:

- 70% - при 25°С;
- 65% - при 26°С;
- 60% - при 27°С;
- 55% - при 28°С.

2) Если температура воздуха на рабочих местах 26-28 °С, то скорость его движения, указанная в табл. П.3 для теплого периода года, должна соответствовать диапазону:

- 0,1-0,2 м/с - при категории работ Ia;
- 0,1-0,3 м/с - при категории работ Ib;
- 0,2-0,4 м/с - при категории работ IIa;
- 0,2-0,5 м/с - при категории работ IIб, III.

Таблица П.4 - Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников, нагретых до:

темного свечения ³

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25 - 50	70
не более 25	100

белого и красного свечения ⁴

не более 25	140
-------------	-----

³) Температура воздуха на рабочих местах не должна превышать величин:

- 25°С - при категории работ Ia;
- 24°С - при категории работ Ib;
- 22°С - при категории работ IIa;
- 21°С - при категории работ IIб;
- 20°С - при категории работ III.

⁴) Обязательно использование средств индивидуальной защиты, в том числе - лица и глаз.

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, условия микроклимата следует рассматривать как вредные и опасные.

В целях профилактики должны быть использованы защитные мероприятия (например, системы местного кондиционирования воздуха, воздушного душирования, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха и обогрева, регламентирования времени работы, в частности, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и др.).