

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА

Методические указания
к выполнению лабораторной работы



Омск
2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
(СибАДИ)»

Кафедра «Техносферная безопасность»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА

Методические указания
к выполнению лабораторной работы

Составители: Д.С. Алешков, С.А. Гордеева

Омск
СибАДИ
2015

УДК 331.443
ББК 65.9(2)248.95

Рецензент канд.техн.наук., доц. Т.С. Химич (СибАДИ)

Работа одобрена научно-методическим советом факультета «Экономика и управление» в качестве методических указаний.

Исследование производственного микроклимата : методические указания к выполнению лабораторной работы / сост. : Д.С. Алешков, С.А. Гордеева. – Омск : СибАДИ, 2015. – 37 с.

ISBN 978-5-93204-746-0

Содержат основные сведения о производственном микроклимате, как одном из основных факторов производственной среды, оказывающем влияние на безопасность трудового процесса. Рассмотрены устройство и принцип действия приборов для измерения параметров микроклимата. Представлены основы оценки условий комфорта по фактору микроклимата.

Методики расчетов и практические навыки, усвоенные в процессе выполнения данной лабораторной работы, могут быть использованы при выполнении раздела «Безопасность жизнедеятельности» выпускной квалификационной работы, при изучении дисциплин направления «Техносферная безопасность», а также в дальнейшей практической деятельности.

УДК 331. 443
ББК 65.9(2)248.95

ISBN 978-5-93204-746-0

© ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2015

Введение

Лабораторная работа по исследованию вредных факторов производственной среды – **«Исследование микроклимата производственных помещений»** является одной из обязательных по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для всех специальностей и направлений факультетов ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Она рассчитана на двухчасовое занятие в лаборатории кафедры «Техносферная безопасность» под руководством преподавателя. При необходимости в зависимости от специфики специальности студента преподаватель может изменять объем выполняемой работы. Работа выполняется индивидуально или бригадой.

Перед началом выполнения работы каждый студент по методическим указаниям, лабораторным стендам и приборам готовится к ней, используя вопросы для самоподготовки; заносит в рабочую тетрадь необходимые таблицы.

Цель работы: определить основные параметры воздушной среды на рабочем месте. Произвести оценку метеорологических условий (микроклимата) на рабочем месте.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Физическое состояние воздушной среды техносферы принято называть метеорологическими условиями.

Метеорологические условия производственной среды характеризуются температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также тепловым излучением от нагретых поверхностей.

Производственный микроклимат – это совокупность температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, а также теплового излучения от нагретых поверхностей на данном рабочем месте.

Процесс адаптации организма человека к изменениям физического состояния окружающей среды происходит за счет *терморегуляции*, т. е. совокупности физиологических и химических процессов, направленных на поддержание постоянной температуры тела ($\approx 36 - 37$ °С).

Аденозинтрифосфат (АТФ) – нуклеотид, играющий важную роль в обмене энергии и веществ в организмах; в первую очередь соединение известно как универсальный источник энергии для всех биохимических процессов, протекающих в живых системах. АТФ был открыт Карлом Ломанном в 1929 г.

В течение суток одна молекула АТФ проходит в среднем 2000 – 3000 циклов ресинтеза (человеческий организм синтезирует около 40 кг АТФ в день), то есть запаса АТФ в организме практически не создаётся, и для нормальной жизнедеятельности необходимо постоянно синтезировать новые молекулы АТФ.

Гликолиз – ферментативный процесс последовательного расщепления глюкозы в клетках, сопровождающийся синтезом АТФ. Гликолиз при аэробных условиях ведёт к образованию пировиноградной кислоты (пирувата), а в анаэробных условиях ведёт к образованию молочной кислоты (лактата).

Терморегуляцию можно представить следующим выражением:

$$q = q_T - q_P - q_D - q_U - q_{cd} - q_{яд} - q_K, \quad (1)$$

где q_T – теплопродукция организма (обмен веществ в клетках и мышечная дрожь); q_P – теплоотдача или теплоприход за счет инфракрасного излучения тела; q_D – теплоотдача или теплоприход за счет диффузии влаги через кожу; q_U – теплоотдача, обусловленная испарением влаги с поверхности кожи и слизистых оболочек; q_{cd} – скрытая теплота, отдаваемая с вы-

дыхаемым воздухом; $q_{яд}$ – явная теплота, отдаваемая с выдыхаемым воздухом; q_k – теплоотдача или теплоприход, обусловленный движением воздуха.

Теплоотдача оператора, как правило, на 90 % осуществляется излучением, конвекцией и испарением в примерном соотношении 40:26:24. С увеличением мышечной работы количество отдаваемого тепла увеличивается.

Теплопродукция организма определяется соотношением

$$q_T = \frac{M}{F_T} (1 - \eta),$$

где M – метаболическая теплота (теплопродукция, энергозатраты) работника, величина которой зависит от тяжести выполняемых работ, Вт; F_m – расчетная площадь поверхности взрослого человека, принимается равной $1,75 \text{ м}^2$; η – тепловой коэффициент потерь метаболической теплоты (табл. 1).

Таблица 1
Коэффициент метаболической теплоты

Вид деятельности		η
Состояние покоя		0
Легкие работы	I-а	0
	I-б	0
Работы средней тяжести	II-а	0...0,05
	II-б	0...0,1
Тяжелые работы		0,1...0,2

Теплоотдача излучением определяется по закону Стефана – Больцмана:

$$q_p = \varepsilon \sigma \left[\left(\frac{T_{од}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_r}{100} \right)^4 \right],$$

где ε – излучающая способность одетого человека, равная 0,7;
 σ – постоянная Стефана – Больцмана, величина которой равна $5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$; $T_{од}$ – температура поверхности одежды, К; T_r – радиационная температура в рассматриваемой точке помещения, К, принимаем равной температуре окружающего воздуха $t_в$.

Теплоотдача через кожу описывается формулой Дальтона:

$$q_{\partial} = rm \left(14,4 \left(35,7 - 0,032 \frac{M}{F_T} (1 - \eta) \right) - 190 - P_B \right),$$

где r – теплота испарения влаги при температуре тела 35°C , принимается равной $2,4 \cdot 10^3$ Дж/кг; m – постоянная кожи, равная $2,26 \cdot 10^{-9}$ кг/(с м² кПа); P_B – парциальное давление водяных паров в воздухе, кПа.

Для определения теплоты, отдаваемой испарением, используется формула

$$q_{И} = 0,49 \left(\frac{M}{F_T} (1 - \eta) - 50 \right).$$

Скрытая теплота, отдаваемая с выдыхаемым воздухом

$$q_{\text{сд}} = 0,0196 \frac{M}{F_T} (5,9 - P_B).$$

Явная теплота, отдаваемая с выдыхаемым воздухом

$$q_{\text{яд}} = 0,0017 \frac{M}{F_T} (34 - t_B).$$

Теплоотдача при вынужденной конвекции

$$q_K = f_{\text{од}} (3,75 + 3,05w) \left(35,7 - 0,032 \frac{M}{F_T} (1 - \eta) - t_B \right),$$

где $f_{\text{од}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение поверхности тела человека за счет одежды, $f_{\text{од}} = 1,1 \dots 1,5$; w – расчетная подвижность воздуха в рабочей зоне помещения, м/с.

Сочетанное действие микроклиматического фактора и других неблагоприятных факторов носит суммарный характер:

- неблагоприятные микроклиматические условия, нарушение терморегуляции усиливают эффект действия на организм других вредных факторов – *синергическое воздействие*. Установлено, что токсичность ядов усиливается как при повышении, так и при понижении температуры воздуха. Неблагоприятный микроклимат (повышенная температура, влажность) увеличивает опасность поражением электрическим током;

- пониженные температуры воздуха снижают уровень воздействия ряда биологических факторов на организм, оказывая *антагонистическое воздействие*.

2. НОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА

Основой для создания благоприятных условий теплообмена тела человека с окружающей средой на рабочем месте является нормирование параметров микроклимата.

Субъективные ощущения человека меняются в зависимости от изменений параметров микроклимата (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2

Параметры микроклимата

Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Субъективные ощущения
21	40	Наиболее приятное состояние
21	75	Хорошее, спокойное состояние
	85	Отсутствие неприятных ощущений
	90	Усталость, подавленное состояние
24	20	Отсутствие неприятных ощущений
	65	Неприятные ощущения
	80	Потребность в покое
	100	Невозможность выполнения тяжелой работы
30	25	Неприятные ощущения отсутствуют
	50	Нормальная работоспособность
	65	Невозможность выполнения тяжелой работы
	80	Повышение температуры тела
	90	Опасность для здоровья

Основополагающими нормативными документами являются:

- Р 2.2.2006 – 05. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса;

- СНиП 23 – 01 – 99. Строительная климатология.

Первый документ определяет механизм санитарно-гигиенической оценки воздействия микроклиматического фактора на организм человека, второй – регламентирует основные требования к конструктивному исполнению производственного оборудования и элементам техносферы, исходя из воздействия климатического фактора. Выделяют 4 пояса (рис. 2), ха-

рактические характеристики которых учитываются в соответствующих исполнениях любого производственного оборудования, рабочих мест, количестве средств индивидуальной защиты, величине компенсаций. Классификация производственных помещений по параметрам микроклимата представлена на рис. 3.

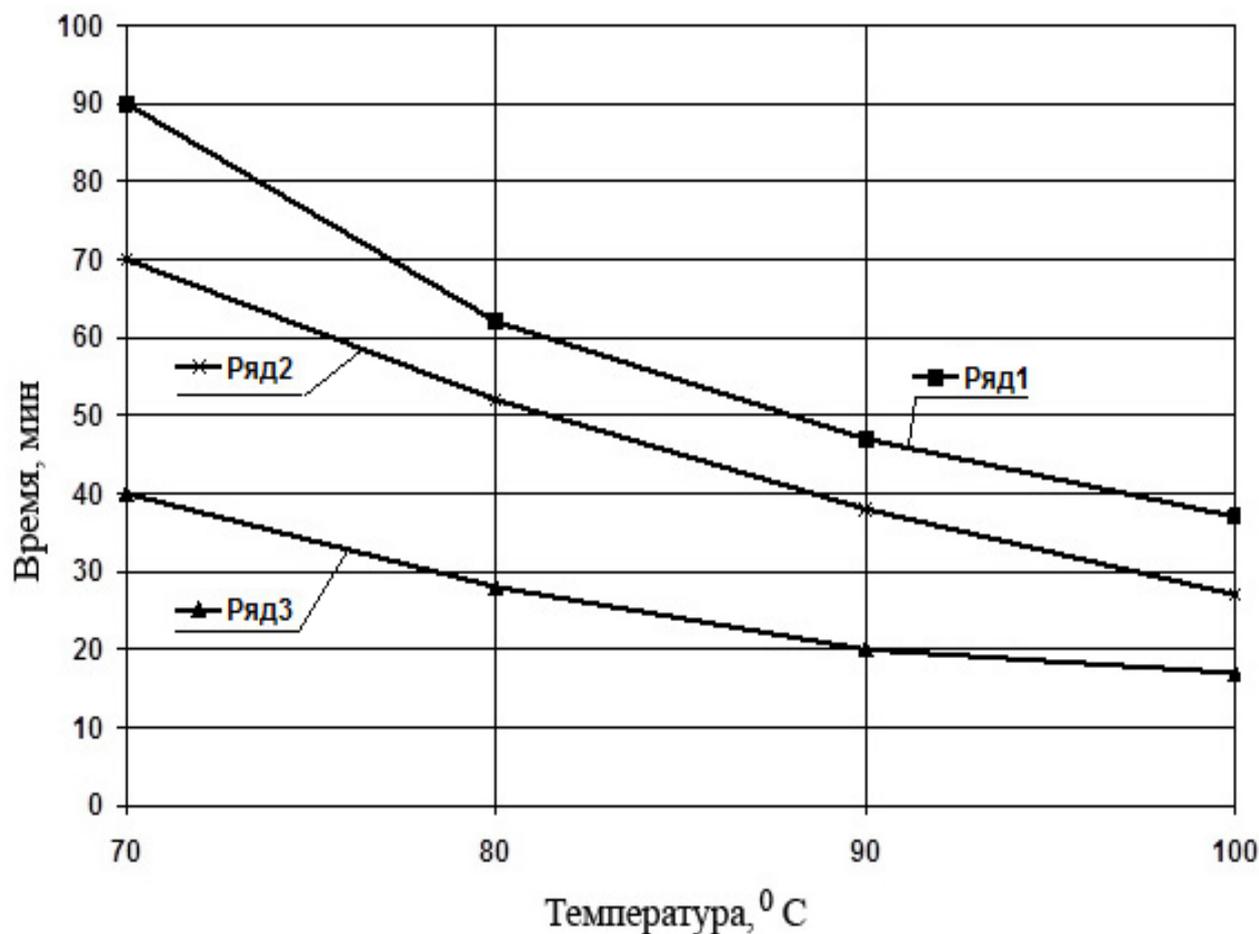


Рис. 1. Переносимость высоких температур в зависимости от длительности их воздействия: 1 – верхняя граница выносливости; 2 – среднее время выносливости; 3 – граница появления симптомов перегрева.

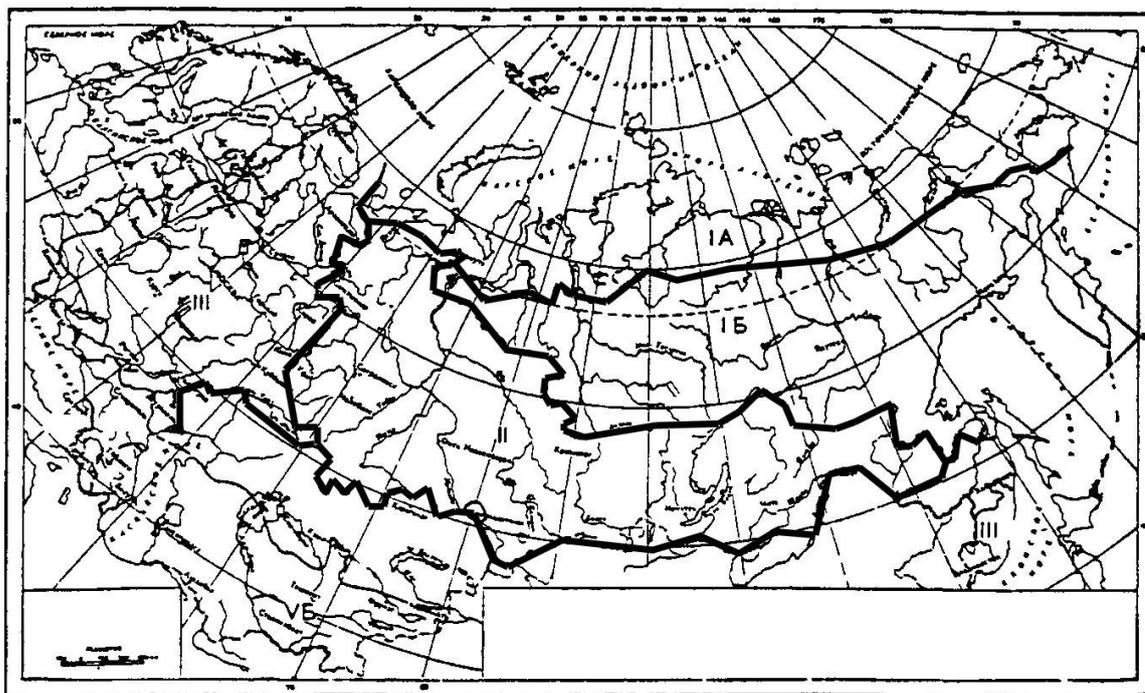


Рис. 2. Схема районирования Российской Федерации по климатическим зонам



Рис. 3. Классификация производственных помещений по производственному микроклимату

Например, согласно ГОСТ 21552-84 «Средства вычислительной техники. Общие технические требования, приемка, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение» в зависимости от стойкости к воздействию внешних климатических факторов в процессе эксплуатации средства вычислительной техники подразделяют на группы (табл. 3).

Группы вычислительной техники в зависимости от воздействующего климатического фактора

воздействующий климатический фактор	Номер группы				
	1	2	3	4*	5*
Температура окружающего воздуха, °С:					
- рабочая	От 10 до 35	От 5 до 40		От -10 до +50	От - 50 до +50
- предельная	-	-	-	-	От - 60 до +60
Относительная влажность окружающего воздуха, %	От 40 до 80 при 25 °С	От 40 до 80** при 25 °С	От 40 до 95*** при 30 °С	До 95 при 35 °С	До 95 при 35 °С
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	От 84 до 107 (от 630 до 800)				

* По согласованию между заказчиком и изготовителем.

** Для СВТ, предназначенных для эксплуатации в неотапливаемых помещениях, значение повышенной относительной влажности окружающего воздуха устанавливают 98 % при 25 °С.

*** По заказу допускается устанавливать влажность от 40 до 90 %.

При гигиенической оценке воздействия параметров микроклимата учитываются период года и тяжесть трудового процесса.

Холодный период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +10 °С и ниже.

Теплый период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10 °С.

Тяжесть трудового процесса определяется теплопродукцией (метаболической теплотой) организма работающего. Выделяют следующие категории тяжести трудового процесса:

- категория *Ia*, к которой относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 139, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением;

- категория *Iб*, работы с интенсивностью энергозатрат 140 – 174 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением;

- категория *IIa*, работы с интенсивностью энергозатрат 175 – 232 Вт, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения;

- категория *IIб*, работы с интенсивностью энергозатрат 233 – 290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением;

- категория *III*, работы с интенсивностью энергозатрат более 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Параметры микроклимата в производственных помещениях и рабочих зонах регламентируются ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» (табл. 4) и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» (табл. 5, 8, рис. 3), выделяя оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые микроклиматические условия не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

В случае если температура воздуха и/или тепловое излучение на рабочем месте превышают верхнюю допустимую границу, то оценку микроклимата проводят по показателю ТНС-индекса, ограничивая время воздействия неблагоприятных параметров микроклимата на работников (табл. 6, 7).

ТНС-индекс – эмпирический интегральный показатель (выраженный в °С), отражающий сочетанное влияние температуры воздуха, скорости

его движения, влажности и теплового облучения на теплообмен человека с окружающей средой.

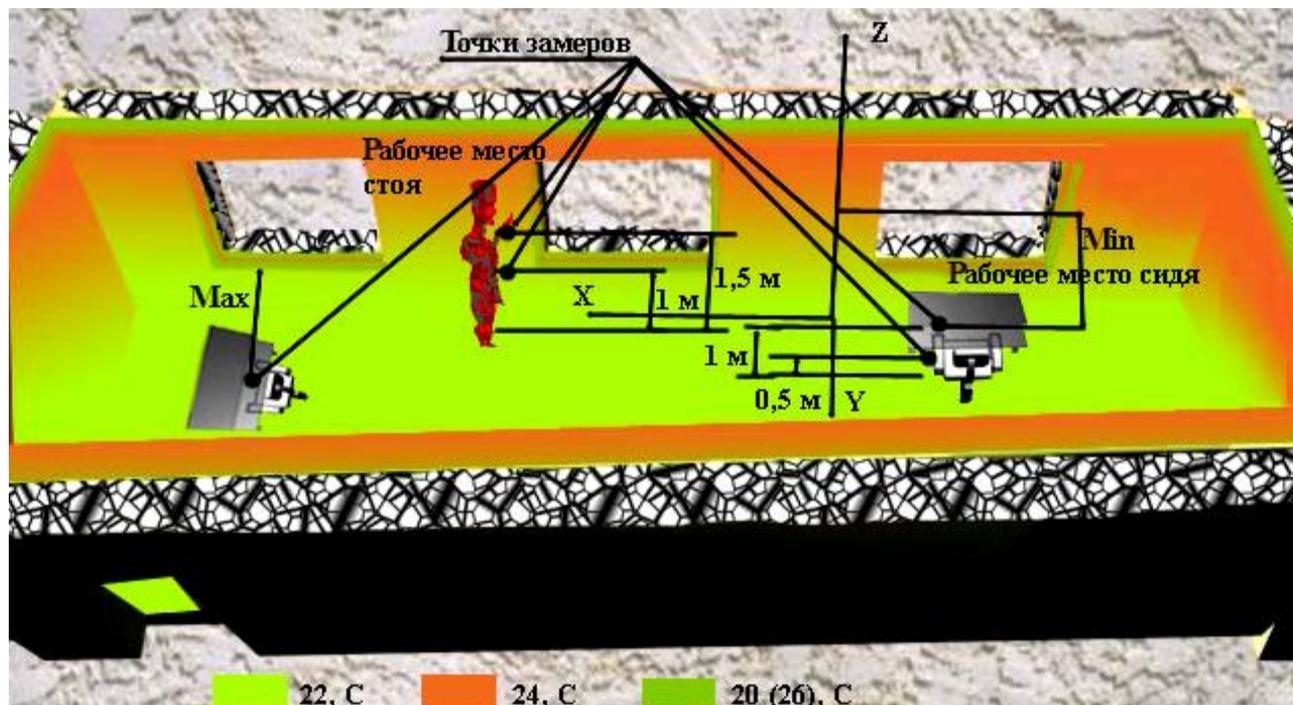


Рис. 4. Распределение температур в производственном помещении, соответствующих оптимальным параметрам микроклимата в теплый период года

На рабочих местах операторов ПЭВМ параметры микроклимата определяются в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340 –03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»: «В производственных помещениях, в которых работа на ПЭВМ является основной и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96».

В помещениях всех типов образовательных и культурно-развлекательных учреждений для детей и подростков, где расположены ПЭВМ, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата (табл. 9).

Таблица 4

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных
			верхняя граница		нижняя граница					
			на рабочих местах							
постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных							
Холодный	Легкая - I а	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	Не более 0,1
	Легкая - I б	21-23	24	25	20	17	40-60	75	0,1	Не более 0,2
	Средней тяжести - II а	18-20	23	24	17	15	40-60	75	0,2	Не более 0,3
	Средней тяжести - II б	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не более 0,4
	Тяжелая - III	16-18	19	20	13	12	40-60	75	0,3	Не более 0,5
Теплый	Легкая - I а	23-25	28	30	22	20	40-60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1-0,2
	Легкая - I б	22-24	28	30	21	19	40-60	60 (при 27 °С)	0,2	0,1-0,3
	Средней тяжести - II а	21-23	27	29	18	17	40-60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2-0,4
	Средней тяжести - II б	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2-0,5
	Тяжелая - III	18-20	26	28	15	13	40-60	75 (при 24 °С и ниже)	0,4	0,2-0,6

Таблица 5

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
	IIa (175-232)	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0	15-75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75*	0,1	0,2
	Iб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75*	0,1	0,3
	IIa (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75*	0,1	0,4
	IIб (233-290)	16,0-18,9	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75*	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0-17,9	20,1-26,0	14,0-27,0	15-75*	0,2	0,5

Таблица 6 **Время пребывания (ч) на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин**

Температура воздуха на рабочем месте, °С	категории работ		
	Ia-Iб	IIa-IIб	III
32,5	1	-	-
32,0	2	-	-
31,5	2,5	1	-
31,0	3	2	-
30,5	4	2,5	1
30,0	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29,0	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28,0	8	6	5
27,5	-	7	5,5
21,0	-	8	6
26,5	-	-	7
26,0	-	-	8

Таблица 7 **Время (ч) пребывания на рабочих местах при температуре воздуха ниже допустимых величин**

Температура воздуха на рабочем месте, °С	категории работ				
	Ia	Iб	IIa	IIб	III
6	-	-	-	-	1
7	-	-	-	-	2
8	-	-	-	1	3
9	-	-	-	2	4
10	-	-	1	3	5
11	-	-	2	4	6
12	-	1	3	5	7
13	1	2	4	6	8
14	2	3	5	7	-
15	3	4	6	8	-
16	4	5	7	-	-
17	5	6	8	-	-
18	6	7	-	-	-
19	7	8	-	-	-
20	8	-	-	-	-

Таблица 8

**Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах
производственных помещений**

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

Таблица 9

Оптимальные параметры микроклимата во всех типах учебных и дошкольных помещений с использованием ПЭВМ

Температура, град, °С	Относительная влажность, %	Абсолютная влажность, г/м ³	Скорость движения воздуха, м/с
19	62	10	<0,1
20	58	10	<0,1
21	55	10	<0,1

В кабинах строительного-дорожного машин параметры микроклимата нормируются по ГОСТ 12.2.120 – 88 «Тракторы промышленные. Рабочее место оператора» (табл. 10, рис. 5), в автомобилях – по СП № 4616-88 «Санитарные правила по гигиене труда водителей» (табл. 11 –13).

Допустимые параметры микроклимата в кабинах строительно-дорожных машин

Период года	Температура воздуха в кабине		Температура поверхностей, °С	Избыточное давление системы вентиляции, Па	Относительная влажность, в %	Скорость движения воздуха, м/с
	зоны с температурой до 25°С	зоны с температурой 25...30°С				
Холодный*	14	14	35	10	60	1,5
Теплый	28	31				

* При температуре наружного воздуха -20°C .

Перепад температур воздуха в кабине в точках на уровне головы, ног в теплый и холодный периоды года не должен превышать 4° .

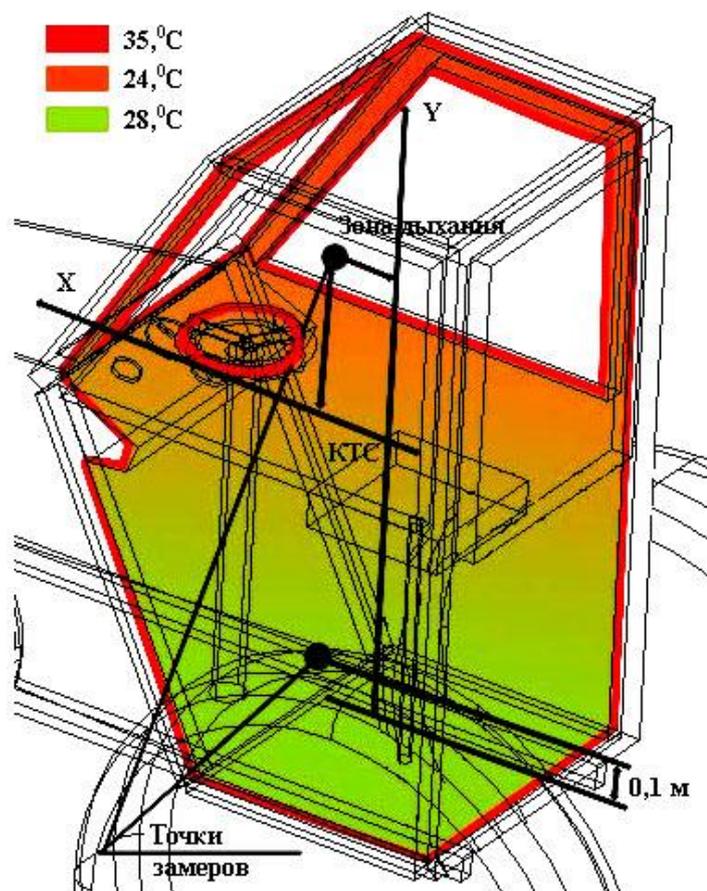


Рис. 5. Распределение температур в кабине, соответствующих допустимым параметрам микроклимата в теплый период года

Таблица 11

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в кабинах автомобилей

Период года	Типы автомобилей	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	Легковые	20-23	60-40	0,2
	Грузовые и автобусы	18-20	60-40	0,2
Теплый	Легковые	20-25	60-40	0,2
	Грузовые и автобусы	21-23	60-40	0,3

Таблица 12

Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в кабинах автомобилей в холодный и переходный периоды года

Типы автомобилей	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %, не более	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Легковые	19-25	75	0,2
Грузовые и автобусы	17-23	75	0,3

Таблица 13

Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в кабинах автомобилей в теплый период года

Типы автомобилей	Температура воздуха, °С*	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Легковые, грузовые и автобусы	Не более чем на 3 °С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч самого жаркого месяца, но не более 28 °С	При 28 °С не более 55 При 27 °С не более 60 При 25 °С не более 70 При 24 °С и ниже не более 75	0,2-0,5

*температура внутренних поверхностей кабины не должна отличаться от температуры воздуха в кабине более чем на 3 °С.

Перепад температуры воздуха по высоте кабины не должен превышать 3 °С.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м^2 при облучении 50 % поверхности тела и более, 70 Вт/м^2 – при величине облучаемой поверхности от 25 до 50 % и 100 Вт/м^2 – при облучении не более 25 % поверхности тела.

MP 2.2.7.2129 – 06 «Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях» устанавливают гигиенические требования к режиму работ в холодный период года на открытой территории или в неотапливаемом помещении. Согласно MP 2.2.7.2129 – 06 охлаждение – это превышение теплотеря человека над величиной метаболизма в его организме, приводящее к образованию дефицита тепла в теле и сопровождающееся напряжением деятельности системы терморегуляции. Охлаждение человека как общее, так и локальное способствует изменению его двигательной активности, нарушает координацию и способность выполнять точные операции; вызывает тормозные процессы в коре головного мозга, способствует развитию патологии. Основная роль в защите человека от холода принадлежит поведенческой терморегуляции, которая заключается в активном, целенаправленном регулировании термической нагрузки на организм. В связи с необходимостью проведения работ на открытой территории в холодный период года, а также в неотапливаемых помещениях большое значение имеют СИЗ от холода и режим труда и отдыха.

В соответствии с конкретными величинами температуры воздуха и скорости ветра представляется возможным определить риск обморожения открытых областей тела человека, определяющий степень безопасности работ в охлаждающей среде с учетом времени холодового воздействия (табл. 14) по формуле

$$ИПУОО = 34,654 - 0,466 \cdot t_B + 0,6337 \cdot V ,$$

где t_B – температура воздуха, °С; V – скорость ветра, м/с.

Таблица 14

**Зависимость риска обморожения от интегрального показателя условий
охлаждения (ИПУОО, балл)**

ИПУОО, балл	Риск обморожения	Продолжительность безопасного пребывания на холоде, мин, не более
≤ 34	Игнорируемый (отсутствие обморожения)	Длительное
$34 < ИПУОО \leq 47$	Умеренный	60
$47 < ИПУОО \leq 57$	Критический	1
> 57	Катастрофический	0,5

Также МР 2.2.7.2129 – 06 регламентирует режимы работы в зависимости от климатического пояса (например, табл. 15).

Таблица 15

**Режим работ на открытой территории в климатическом регионе ІБ
(работа категорий Іа – Іб)**

Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с											
	≤ 1		2		4		6		8		10	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
- 10	Не регламентируется*											
- 15	Не регламентируется*											
- 20	Не регламентируется*								186	1	120	1
- 25	Не регламентируется*											
- 30	Не регламентируется*				148	1	111	1	84	2	65	3
- 35	164	1	142	1	108	1	83	2	66	3	53	3
- 40	116	1	104	2	82	2	66	3	55	3	45	4
- 45	90	2	82	2	67	3	56	3	46	4	38	4
- 50	73	2	67	3	59	3	48	4	40	4	34	5
- 55	62	3	57	3	49	4	42	4	36	5	29	6
- 60	52	3	50	4	43	4	37	4	32	5	27	6

* Отдых по причине физической усталости вследствие возможного перегревания следует проводить в теплом помещении.

Примечание: а – продолжительность непрерывного пребывания на холоде, мин; б – число 10-минутных перерывов для обогрева за 4-часовой период рабочей смены.

Измерения показателей микроклимата должны проводиться в начале, середине и конце холодного и теплого периодов года не менее 3 раз в смену (в начале, середине и конце) при работающих системах нормализации параметров микроклимата.

Минимальное количество участков измерения параметров микроклимата

Площадь помещения, м ²	Количество участков измерения
До 100	4
От 101 до 400 включ.	8
Св. 400	Количество участков определяется расстоянием между ними, которое не должно превышать 10 м

При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха – на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха – на высоте 1,5 м. Измерения проводят на рабочих местах при их минимальном и максимальном удалении от источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыделения (табл. 16).

3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

3.1. Измерение температуры воздуха

Для измерения температуры воздуха используют следующие типы термометров: жидкостные, деформационные и электрические.

Принцип действия жидкостных термометров основан на изменении объема термометрической жидкости (ртуть, спирт) при изменениях температуры окружающей среды.

Измерение температуры воздуха в производственных помещениях обычно сочетается с определением его влажности и производится по *сухому термометру психрометра* (рис. 6).

Изолированное определение температуры воздуха может потребоваться при некоторых специальных исследованиях (при отборе проб воздуха для химического анализа или при температуре воздуха, превышающей пределы шкалы психрометра – 45 – 50 °С). В этих случаях можно пользоваться обычными *ртутными* или *спиртовыми* термометрами со шкалой на 100 °С.

Для измерения температуры воздуха в помещениях применяется *термоанемометр*.



Рис. 6. Психрометр Ассмана

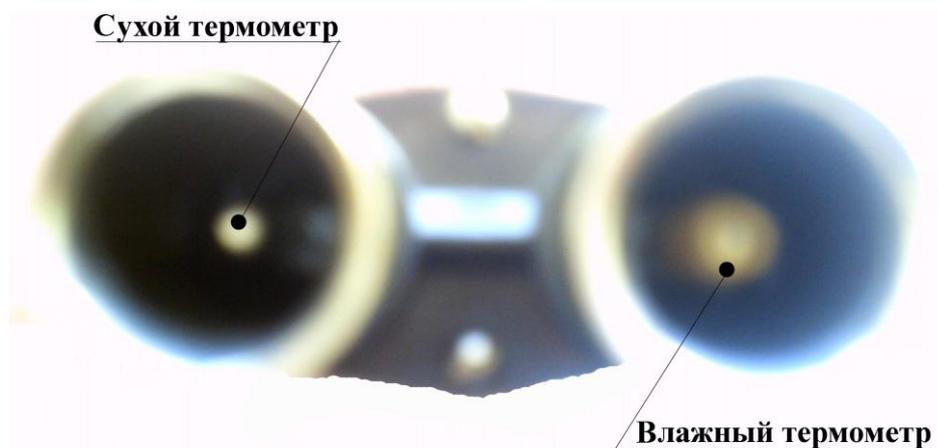


Рис. 7. Психрометр Ассмана, вид снизу

При наличии резких колебаний температуры воздуха или необходимости проверки постоянства создаваемого в производственных помещениях микроклиматического режима (бесфонарные здания и др.) возникает задача установить пределы колебаний температуры воздуха в течение рабочего дня, суток, недели и т.д. Для этой цели применяют самопишущие приборы – *термографы*. Принцип действия термографов основан на свойстве твердых тел изменять свои линейные размеры в условиях колебаний температуры окружающей среды.

Для измерения температуры поверхностей применяют контактными (электротермометры) и бесконтактными (пирометры) приборами. Если в помещении имеются тепловые излучения, то для этих целей применяется *парный термометр*, в котором один из термометров зачернен, другой посеребрен (он отражает тепловые лучи). Истинное значение температуры воздуха определяется по формуле

$$t_{ист} = t_{пос} - k(t_{зач} - t_{пос}),$$

где $t_{пос}$ – показания термометра с посеребренным резервуаром; $t_{зач}$ – показания термометра с зачерненным резервуаром; k – градуировочный коэффициент прибора, величина которого определяется при изготовлении прибора.

3.2. Определение влажности воздуха

В производственных условиях для характеристики состояния воздушной среды пользуются определением абсолютной и относительной влажности воздуха психрометром (рис. 6).

Принцип психрометрии заключается в определении показаний двух рядом расположенных термометров, цена деления которых $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, шарик одного из которых покрыт увлажненной тканью (рис. 7). Влага, пропитывающая ткань, испаряясь с различной скоростью в зависимости от влажности и скорости движения воздуха, отнимает тепло от термометра, поэтому показания влажного термометра оказываются ниже показаний сухого (чем ниже влажность воздуха, тем интенсивнее испарение, сильнее охлаждается резервуар влажного термометра и больше разница между показаниями сухого и влажного термометров). На основании показаний двух термометров по формуле, полученной эмпирически, вычисляют сначала абсолютную влажность воздуха, а затем относительную. Наличие двой-

ных металлических гильз позволяет использовать прибор при тепловом излучении, если только последнее не воздействует на прибор снизу.

Психрометр помещают в зоне исследований за 15 мин до снятия показаний и смачивают резервуар влажного термометра.

Постоянная скорость движения воздуха у приемной части термометров (около 4 м/с) достигается искусственной вентиляцией (осевой вентилятор с часовым механизмом помещается в головке прибора), благодаря чему экспозиция прибора всего 3 – 5 мин. Через 4 мин после завода пружины, когда стабилизируются показания термометров, снимают показания. Необходимо следить, чтобы ветер дул по направлению от психрометра на наблюдателя.

3.3. Измерение скорости движения воздуха

Скорость движения воздуха измеряется с помощью *анемометров* – крыльчатых и чашечных. *Крыльчатый* применяется для измерения скорости движения воздуха до 10 м/с, а *чашечный* – до 30 м/с.

Анемометр ручной электронный АРЭ-М (рис. 9, 12) позволяет измерять скорость движения воздуха от 0,3 до 35 м/с. Через 5...10 с после включения питания (включение кнопки на пульте) вертушка принимает скорость движения воздуха и значение скорости воздушного потока отображается на цифровом индикаторе пульта в м/с.

Скорости движения воздуха менее 1 м/с измеряются *термоанемометрами*, в основу работы которых положен принцип охлаждения датчика, находящегося в воздушном потоке и нагреваемого электрическим током. Датчик представляет собой полупроводниковое микросопротивление. Термоанемометром измеряют скорости движения воздуха от 0,03 до 5 м/с при температуре от 1 до 60 °С. С помощью термоанемометра можно измерить не только скорость движения воздуха, но и его температуру, для чего производят соответствующее переключение прибора.

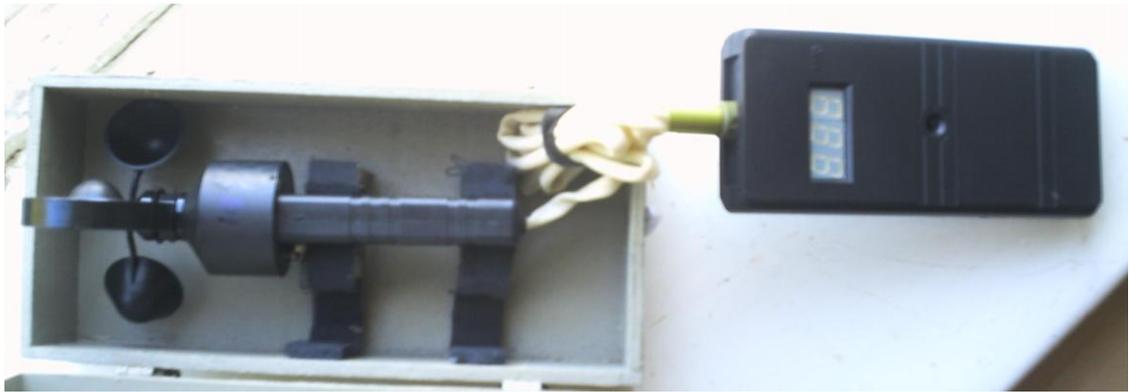


Рис. 9. Анемометр чашечный

Для определения мгновенной скорости, опасных порывов ветра и включения аварийных устройств применяется *сигнальный анемометр М-95*, который состоит из датчика скорости и измерительного пульта (рис. 10, 11). Мгновенная скорость ветра определяется по шкале микроамперметра после включения измерительного пульта.



Рис. 10. Датчик скорости



Рис. 11. Измерительный пульт

В основу работы устройства положен принцип наведения напряжения в неподвижной катушке тахогенератора, пропорционального угловой скорости вращения вертушки, тесно связанной с ротором тахогенератора. При этом ток в цепи, фиксируемый микроамперметром на измерительном пульте (рис. 11), зависит от изменения скорости ветра.

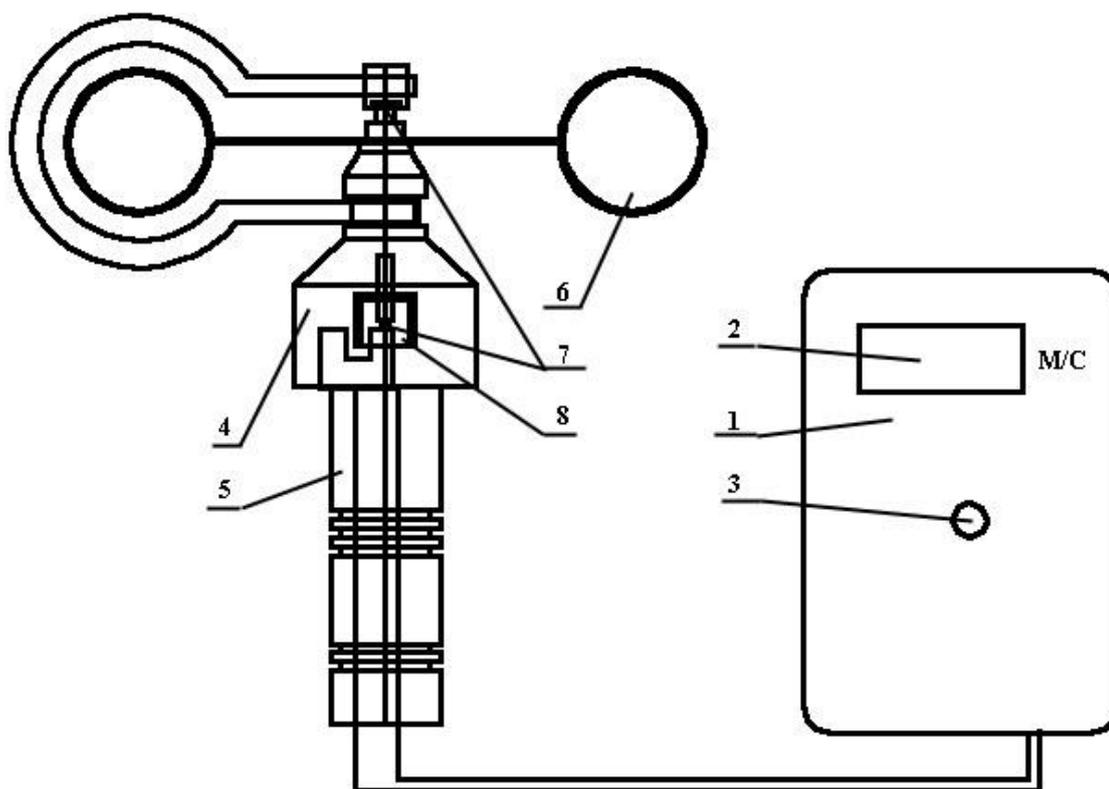


Рис. 12. Схема работы анемометра: 1–корпус пульта; 2 –цифровой индикатор; 3 –кнопка включения; 4 –корпус датчика ветра; 5 –ручка; 6 –вертушка; 7 –камень часовой; 8 –обтюратор

3.4. Определение давления воздуха

Основным, наиболее распространенным прибором для измерения давления воздуха является барометр-анероид (рис. 13, 14), принцип действия которого основан на способности мембранной анероидной коробки прибора деформироваться при изменении атмосферного давления. Линейные перемещения мембраны преобразуются передаточным рычажным механизмом в угловое перемещение стрелки прибора. Шкала градуирована в миллиметрах ртутного столба или в гектопаскалях (1 мм рт. ст. составляет 133,322 Па; 1 Па=0,0075 мм рт. ст.).

Отсчет по барометру должен быть исправлен введением в его показания шкаловой, температурной и добавочной поправок.

Анероидная шкала делается стандартной. Однако в каждом анероиде могут быть свои инструментальные неточности и особенности в передаточном механизме. Вследствие этого показания анероида могут отличаться от истинного давления, причем величина несовпадения будет неодинаковой в разных участках шкалы.

Шкаловая поправка получается при сравнении анероида при различных давлениях, создаваемых в искусственных условиях сточным ртутным манометром.

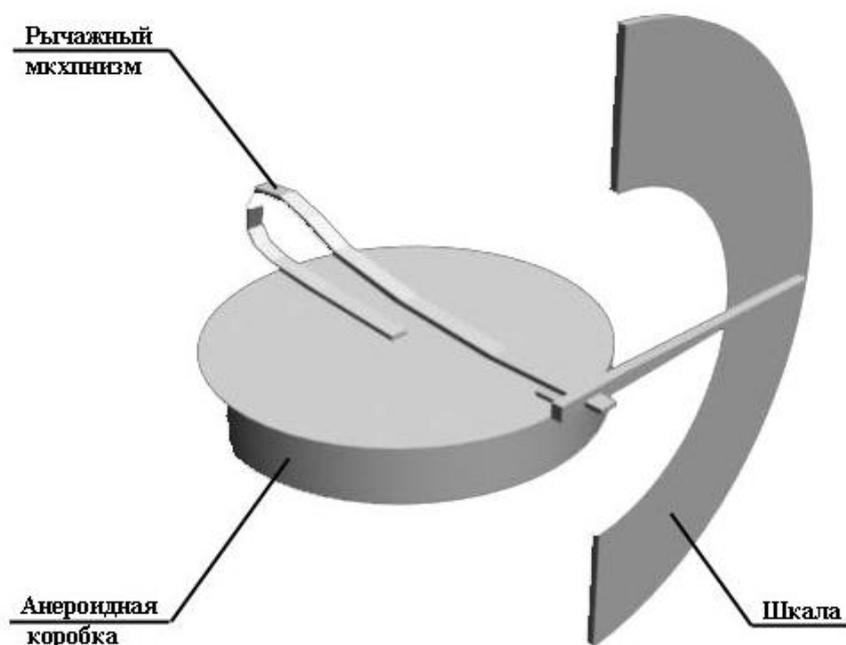


Рис. 13. Схема анероида



Рис. 14. Барометр–анероид

Введение температурной поправки обусловлено изменением упругих свойств коробки и пружины при изменении температуры окружающей среды. При повышении температуры их упругие свойства уменьшаются, что приводит к большему сдавливанию aneroidной коробки, и aneroid показывает увеличенное давление.

В паспорте прибора указывается температурный коэффициент, обозначающий изменение показаний anerоида при повышении или понижении температуры на 1°C . В anerоидах применяют два метода компенсации для уменьшения влияния температурного эффекта:

- использование биметаллической пластины;
- газовая компенсация осуществляется добавлением в aneroidную коробку газа – обычно азота.

Величина температурной поправки для приведения показаний anerоида к 0°C составляет:

$$x = kt$$

где k – температурный коэффициент, указанный в паспорте прибора;
 t – температура прибора.

Добавочная поправка учитывает старение внутренней структуры металла рычажного механизма и aneroidной коробки. Поправка изменяется во времени, ее изменение определяется при периодической поверке прибора, путем сравнения его показаний с эталоном.

Кроме anerоида и ртутного барометров атмосферное давление измеряют гипсотермометрами и барографами.

3.5. Определение интенсивности теплового излучения

Под определением интенсивности теплового излучения (актинометрией) понимается измерение общего (интегрального) теплового воздействия лучистой энергии производственных источников. Служащие для этой цели приборы называются *актинометрами*, принцип действия которых основан на возникновении в замкнутой электрической цепи, состоящей из спаев разных металлов черного и белого цвета, электрического тока, обусловленного разностью температур, мест контактов (термоэлектрический эффект). Электрический ток измеряется вмонтированным в прибор гальванометром, шкала которого градуирована в единицах измерения тепловой радиации – калориях на 1 см^2 в минуту – в пределах интенсивности излучения от 0 до 20 ккал/см² мин.

4. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с основными требованиями к микроклимату производственных помещений и принципами действия метеорологических приборов (гл. 1,2).
2. Подготовить протокол отчета (см. прил. 1) и план рабочего места с указанием точек измерений.

Задание 1. Определение параметров микроклимата

1.1. Ртутным или сухим термометром аспирационного психрометра измерить температуру воздуха в соответствующих точках.

1.2. С помощью барометра-анероида измерить атмосферное давление.

1.3. Включить вентилятор. Провести измерение скорости движения воздуха анемометром.

1.4. По описанной методике провести измерение температуры сухого и влажного термометров аспирационного психрометра.

Относительная влажность воздуха – это отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженной в процентах, или отношение абсолютного количества водяных паров в воздухе к их максимально возможному количеству при данной температуре воздуха.

1.5. Определить относительную влажность воздуха по психометрической таблице температур (прил. 2).

1.6. Рассчитать абсолютную влажность воздуха по формуле

$$P_n = P_{вл} - \alpha (t_{сух} - t_{вл}) B,$$

где P_n – упругость насыщенных водяных паров при данной температуре; $P_{вл}$ – упругость насыщенных водяных паров при температуре влажного термометра (табл. 17); α – психрометрический коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха (табл. 18); $t_{сух}$, $t_{вл}$ – показания сухого и влажного термометров психрометра, °С; B – барометрическое давление, мм рт. ст.

Абсолютная влажность – упругость водяных паров в момент исследования, выраженная в мм рт. ст., или весовое количество водяных паров в воздухе при данной температуре (г/м³).

Максимальная влажность – упругость или вес водяных паров, которые могут насытить 1 м³ воздуха при данной температуре (табл. 18).

Таблица 17

Упругость насыщенных водяных паров

Температура воздуха, °С	Упругость водяных паров, мм рт. ст.	Температура воздуха, °С	Упругость водяных паров, мм рт. ст.
10	9,209	21	18,650
11	9,844	22	19,827
12	10,518	23	21,068
13	11,231	24	22,377
14	11,987	25	23,756
15	12,788	26	25,209
16	13,634	27	26,739
17	14,530	28	28,344
18	15,477	29	30,043
19	16,477	30	31,842
20	17,735	31	33,695

Значения психрометрического коэффициента α

Скорость движения воздуха, м/с	α
0,13	0,00130
0,16	0,00120
0,20	0,00110
0,30	0,00100
0,40	0,00090
0,80	0,00080
0,90	0,00070
3,00	0,00069
4,00	0,00067

1.7. Определить относительную влажность воздуха по формуле

$$R = \frac{P_{п}}{P_{сух}} 100\%,$$

где $P_{сух}$ – упругость насыщенных водяных паров при температуре сухого термометра (см. табл. 17).

1.8. Сделать вывод о соответствии действительных параметров микроклимата допустимым для заданного вида трудовой деятельности.

Задание 2. Оценка комплексного воздействия параметров микроклимата и комфортности рабочего места по фактору «производственный микроклимат»

2.1. Рассчитать суммарные теплотери организма по формуле (1) для заданного вида трудовой деятельности.

2.2. Сделать вывод о том, для каких видов работ измеренные параметры микроклимата являются комфортными.

2.3. Определить комплексное воздействие параметров микроклимата на организм человека при помощи номограммы эквивалентно-эффективных температур (рис. 15).

При эквивалентно-эффективной температуре $t_э$, при неподвижном воздухе и 100 % влажности создаются те же тепловые ощущения, что и

при метеорологических условиях с заданными значениями температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Для определения t_e на номограмме отмечают показания сухого и влажного термометров и соединяют их прямой линией. Точка пересечения ее с кривой, соответствующей скорости воздуха, показывает значение t_e и ее положение относительно зоны комфорта. Если значение t_e находится в пределах зоны комфорта, то весь исследуемый комплекс метеорологических условий обеспечивает нормальный тепловой обмен. Если значение t_e находится вне зоны комфорта, то по номограмме определяют пути создания комфортных условий. Это достигается изменением одного или нескольких параметров микроклимата (t , v , R).

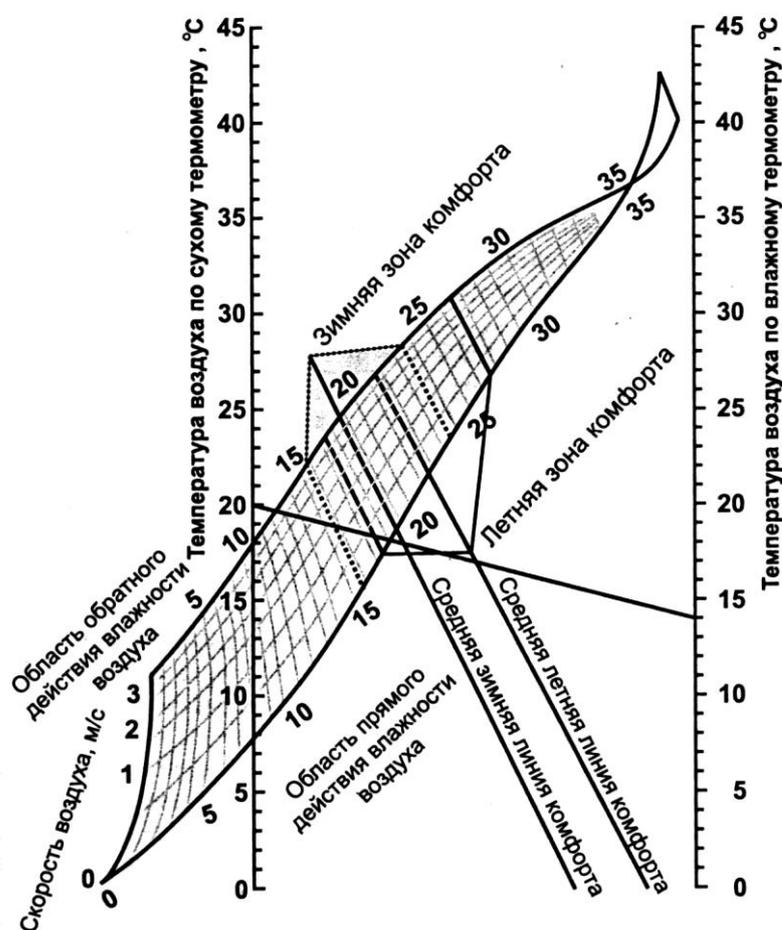


Рис. 15. Номограмма эффективно-эквивалентных температур

2.4. Сделать вывод о том, как и какие параметры микроклимата необходимо изменить для обеспечения комфортных условий труда.

Задание 3. Исследование изменения скорости воздушного потока

3.1. Включить вентилятор. Провести измерение скорости движения воздуха анемометром в пяти точках.

3.2. Построить график изменения скорости движения воздуха в зависимости от расстояния от вентилятора по его оси.

3.3. Сделать вывод о влиянии скорости движения воздуха на уровень комфорта.

Задание 4. Оценка значения температуры рабочей поверхности

4.1. Измерить температуры рабочих поверхностей производственного оборудования.

4.2. Сделать вывод о соответствии температуры рабочих поверхностей санитарно-гигиеническим требованиям.

4.3. Указать, какое климатическое исполнение производственного оборудования необходимо использовать на данном рабочем месте.

Контрольные вопросы

1. Как влияют основные параметры воздушной среды на процесс терморегуляции?
2. Как проявляется сочетанное действие вредных факторов?
3. Назначение и принцип действия основных метеорологических приборов.
4. Как определяется абсолютная и относительная влажность воздуха?
5. Что необходимо для оценки метеорологических условий на рабочем месте?

Библиографический список

1. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) [Электронный ресурс] : учебник для бакалавров / С. В. Белов. – 4-е изд. – М. : Юрайт, 2012. – 682 с. + Полный текст на эл. жестк. диске : + 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
2. Экология и безопасность жизнедеятельности = Environmental Protection: Ecologie, Pollution and Management : учеб. пособие / А. Д. Кривошеин, Л. А. Муравей, Н. Н. Роева и др. – М. : ЮНИТИ, 2002. – 448 с.
3. Белов, П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере [Текст] : учебник / П. Г. Белов. – М. : Академия, 2003. – 512 с.
4. Безопасность жизнедеятельности: научно-практический и учебно-методический журнал / ООО "Издательство "Новые технологии". – 2012. – № 1-12.
5. Банхиди, Л. Тепловой микроклимат помещений : пер. с венгерс. /под ред. : В.И. Прохорова, А.Л. Наумова. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с.
6. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Ч. 1 :Теоретические основы создания микроклимата здания: учебное пособие / В.И. Полушкин, О.Н. Русак, С.И. Бурцев и др. – СПб.: Профессия, 2002. – 176 с.
7. Исследование метеорологических условий на рабочих местах: методические указания к выполнению лабораторной № 6 по курсу «Безопасность жизнедеятельности» / сост. : Д.С. Алешков, Х.Ф. Абдрахманов. – Омск : СибАДИ, 2008. – 36 с.

Приложение 1.

ПРОТОКОЛ № ____

измерений параметров микроклимата

от « ____ » _____ 20 ____ г.

1. Место проведения измерений:
2. Время проведения измерений:
3. Средства измерений:
4. Нормативно-техническая документация, в соответствии с которой проводились измерения и давалось заключение:
5. Источники локального тепловыделения, охлаждения, влаговыделения – _____, воздушных потоков – _____.
6. Условия проведения измерений:

7. Результаты измерений параметров микроклимата:

Но- мер то- чки по эски- зу	Про- фессия, долж- ность	Место изме- рения	Кате- гория работ по тя- же-сти	Время изме- рений	Вы- сота от пола	Темпера- тура		Относи- тельная влаж- ность, %		Скорость движения воздуха м/с	
						допу- стимая	факти- ческая	допу- стимая	факти- ческая	допу- стимая	факти- ческая
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Заключение:

Исполнитель

подпись

ФИО

Представитель
обследуемого объекта

подпись

ФИО

Относительная влажность воздуха (%) по аспирационному психрометру МВ-4М

Показания сухого термометра °С	Относительная влажность воздуха, %, при показаниях влажного термометра, °С																										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
8	29	40	51	63	75	87	100																				
9	21	31	42	53	64	78	88	100																			
10	14	24	34	44	54	65	76	88	100																		
11		17	26	36	46	56	66	77	89	100																	
12			20	29	38	48	57	68	78	89	100																
13			14	23	31	40	49	59	69	79	89	100															
14				17	25	33	42	51	60	70	79	89	100														
15					20	27	36	44	52	61	71	80	90	100													
16					15	22	30	37	46	54	63	71	81	90	100												
17						17	24	32	39	47	55	64	72	81	90	100											
18						13	20	27	34	41	49	56	65	73	82	91	100										
19							15	22	29	36	43	50	58	66	74	82	91	100									
20								18	24	30	37	44	52	59	66	74	83	92	100								
21								14	20	26	32	39	46	53	60	67	75	83	92	100							
22									16	22	28	34	40	47	54	61	68	76	84	92	100						
23									13	18	24	30	36	42	48	55	62	69	76	84	92	100					
24										15	20	26	31	37	43	49	56	63	70	77	84	92	100				
25											17	22	27	33	38	44	50	57	63	70	77	85	92	100			
26											14	19	24	29	34	40	46	52	57	64	71	77	85	92	100		
27												16	21	25	30	36	41	47	52	58	65	71	78	85	92	100	

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
2.	НОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА.....	6
3.	МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ.....	20
3.1.	Измерение температуры воздуха.....	20
3.2.	определение влажности воздуха.....	22
3.3.	Измерение скорости движения воздуха.....	23
3.4.	Определение давления воздуха.....	26
3.5.	Определение интенсивности теплового излучения.....	28
4.	ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	28
	Задание 1. Определение параметров микроклимата.....	28
	Задание 2. Оценка комплексного воздействия параметров микроклимата и комфортности рабочего места по фактору «производственный микроклимат».....	30
	Задание 3. Исследование изменения скорости воздушного потока.....	32
	Задание 4. Оценка значения температуры рабочей поверхности.....	32
	Контрольные вопросы.....	32
	Библиографический список.....	33
	Приложение 1.....	33
	Приложение 2.....	35

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
МИКРОКЛИМАТА

Методические указания
к выполнению лабораторной работы

Составители: Денис Сергеевич Алешков
Светлана Алексеевна Гордеева

Редактор Т.И. Калинина

Подписано к печати __ . __ . 2015__
Формат 60x90 1/16. Бумага писчая
Оперативный способ печати
Гарнитура Times New Roman
Усл. п. л. ____
Тираж __ экз. Заказ № ____

Редакционно–издательский отдел ИПЦ СибАДИ
644080 г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1