

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»
Кафедра «Экология и безопасность жизнедеятельности»

**ИЗУЧЕНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА
НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для студентов направлений 13.03.02, 15.03.01, 15.03.05, 23.03.02, 23.03.03,
23.03.01, 27.03.04, 15.03.04, 27.03.01, 09.03.03, 09.03.04, 20.03.01

Курган 2016

Кафедра: «Экология и безопасность жизнедеятельности»

Дисциплины: «Безопасность жизнедеятельности»

Составили: ст. преподаватель С.Б. Попадчук,
канд. техн. наук, доц. А.И. Микуров,
ст. преподаватель Н.Г. Евтушенко.

Утверждены на заседании кафедры «28» декабря 2015 г.

Рекомендованы методическим советом университета «19» декабря 2014 г.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследовать параметры микроклимата на рабочем месте и сравнить его с оптимальными допустимыми параметрами воздушной среды.

Для этого необходимо:

- ознакомиться с принципами нормирования параметров микроклимата на рабочем месте;
- ознакомиться с устройством и принципом работы приборов, применяемых при изменении параметров микроклимата;
- провести измерения и расчет параметров микроклимата;
- определить эффективную и эквивалентно-эффективную температуры и «зону комфорта»;
- составить отчет по прилагаемой форме (приложение А).

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рабочей зоной считается: 1) участок рабочего места, ограниченный углами обзора, амплитудой движений человека и выбором им (группой людей) позы в процессе работы; 2) пространство высотой 2 м над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих [5].

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата.

Микроклимат – климатические условия, созданные в ограниченном пространстве искусственно или обусловленные природными особенностями.

К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха рабочей зоны относятся температура ($t, ^\circ\text{C}$), относительная влажность ($\phi, \%$), скорость движения воздуха ($V, \text{м/с}$). Существенное влияние на параметры микроклимата и состояние человеческого организма оказывает также интенсивность теплового излучения ($I, \text{Вт/м}^2$) различных нагретых поверхностей, температура которых превышает температуру в производственном помещении. Атмосферное давление также определяет микроклимат на рабочем месте, но в связи зависимостью его только от погодных условий его значения не нормируются. Для проверки соответствия параметров микроклимата рабочей зоны гигиеническим критериям проводят специальную оценку условий труда.

Если в производственном помещении находятся различные источники тепла, температура которых превышает температуру человеческого тела, то тепло от них самопроизвольно переходит к менее нагретому телу, т.е. к человеку. Известно, что различают три принципиально разных элементарных способа распространения тепла: теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение.

Терморегуляция – способность человеческого организма к поддержанию постоянной температуры. Терморегуляция достигается отводом выделяемого организмом тепла в процессе жизнедеятельности в окружающее пространство.

Величина тепловыделения организмом человека зависит от степени его физического напряжения и параметров микроклимата в производственном помещении и составляет в состоянии покоя 85 Вт, возрастая до 500 Вт при

тяжелой физической работе.

Теплоотдача от организма человека в окружающую среду происходит в результате теплопроводности через одежду (Q_T), конвекции тела (Q_K), излучения на окружающие поверхности ($Q_{И}$), испарения влаги с поверхности кожи ($Q_{исп}$), а также за счет нагрева выдыхаемого воздуха (Q_B), т.е.:

$$Q_{общ} = Q_T + Q_K + Q_{И} + Q_{исп} + Q_B . \quad (1)$$

Представленное уравнение носит название **уравнения теплового баланса**. Вклад перечисленных выше путей передачи тепла непостоянен и зависит от параметров микроклимата в производственном помещении, а также от температуры окружающих человека поверхностей. При нормальных условиях во время легкой физической работы доля $Q_T + Q_K$ составляет около 30% всей теплоотдачи, $Q_{И}$ – около 45%, $Q_{исп}$ – 20%, Q_B – 5%. Регулирование тепловыделения для поддержания постоянной температуры в организме человека осуществляется тремя способами: биохимическим, изменением интенсивности кровообращения и потовыделением.

Теплопроводность представляет собой перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц (атомов, молекул или электронов), непосредственно соприкасающихся друг с другом.

Конвекцией называется перенос тепла вследствие движения и перемешивания макроскопических объемов газа или жидкости.

Тепловое излучение – это процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волны, обусловленный тепловым движением атомов или молекул излучающего тела.

В реальных условиях тепло передается не каким-либо одним из указанных выше способов, а комбинированным.

Для оценки нагревающего микроклимата в помещении (вне зависимости от периода года) используется интегральный показатель - тепловая нагрузка среды (ТНС-индекс). В случае, если температура воздуха и/или тепловое излучение на рабочем месте превышают верхнюю границу допустимых значений по СанПиН 2.2.4.548-96, оценку микроклимата проводят по показателю ТНС-индекса.

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.

В таблице 1 приведены величины ТНС-индекса для рабочих помещений с нагревающим микроклиматом.

Категории работ – разграничение работ на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). Характеристика категорий работ представлена в таблице 2 [6].

Таблица 1 – Класс условий труда по показателю ТНС-индекса (°C) для рабочих помещений с нагревающим микроклиматом

Категория работ	Класс условий труда					
	допустимый	вредный				опасный (экстремальный)
		3.1	3.2	3.3	3.4	
Ia	26,4	26,6	27,4	28,6	31,0	> 31,0
Iб	25,8	26,1	26,9	27,9	30,3	> 30,3
IIa	25,1	25,5	26,2	27,3	29,9	> 29,9
IIб	23,9	24,2	25,0	26,4	29,1	> 29,1
III	21,8	22,0	23,4	25,7	27,9	> 27,9

Таблица 2 – Характеристика категорий работ

Категория работ	Характеристика
Легкие физические работы (категория I)	<p>Виды деятельности с расходом энергии не более 150 ккал (174 Вт).</p> <p>Легкие физические работы разделяются на категории:</p> <p>Ia – энергозатраты до 120 ккал/ч (139 Вт). К категории Ia относятся работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т.п.).</p> <p>Iб – энергозатраты 121-150 ккал/ч (140-174 Вт). К категории Iб относятся 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.)</p>
Средней тяжести физические работы (категория II)	<p>Виды деятельности с расходом энергии в пределах 151-250 ккал/ч (175-290 Вт).</p> <p>Средней тяжести физические работы разделяют на категории:</p> <p>IIa – энергозатраты от 151 до 200 ккал/ч (175-232 Вт). К категории IIa относятся 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 механо-сборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т.п.).</p> <p>IIб – энергозатраты от 201 до 250 ккал/ч (233-290 Вт). К категории IIб относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением</p>

Категория работ	Характеристика
	(ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.)
Тяжелые физические работы (категория III)	Виды деятельности с расходом энергии более 250 ккал/ч (290 Вт) К категории III относятся работы, связанные с постоянными перемещениями, 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.)

Рассмотрим, как основные параметры микроклимата влияют на теплоотдачу от организма человека в окружающую среду.

Влияние температуры окружающего воздуха на человеческий организм связано в первую очередь с сужением или расширением кровеносных сосудов кожи. Под действием низких температур воздуха кровеносные сосуды кожи сужаются, в результате чего замедляется поток крови к поверхности тела и снижается теплоотдача от поверхности тела за счет конвекции и излучения. При высоких температурах окружающего воздуха наблюдается обратная картина: за счет расширения кровеносных сосудов кожи и увеличения притока крови существенно увеличивается теплоотдача в окружающую среду.

Повышенная влажность ($\phi > 85\%$) затрудняет теплообмен между организмом человека и внешней средой вследствие уменьшения испарения влаги с поверхности кожи, а низкая влажность ($\phi < 20\%$) приводит к пересыханию слизистых оболочек дыхательных путей. Движение воздуха в производственном помещении улучшает теплообмен между телом человека и внешней средой, но излишняя скорость движения воздуха (сквозняки) повышает вероятность возникновения простудных заболеваний.

Постоянное отклонение от нормальных параметров микроклимата приводит к перегреву или переохлаждению организма человека и связанным с ними негативным последствиям: при перегреве – обильное потоотделение, учащение пульса и дыхания, резкая слабость, головокружение, появление судорог, а в тяжелых случаях – тепловой удар. При переохлаждении возникают простудные заболевания, хронические воспаления суставов, мышц и др.

Движение воздуха внутри производственного помещения создает воздушные потоки, которые способствуют увеличению отдачи теплоты организмом человека в окружающую среду, что ведет к улучшению его самочувствия в жарких помещениях, но является неблагоприятным фактором при пониженных температурах (особенно в холодный период времени), вызывая при этом различные простудные и воспалительные заболевания.

Барометрическое давление воздуха в производственных условиях влияет на организм человека незначительно, так как жизнедеятельность человека

может происходить в широком диапазоне давлений (550...950 мм рт. ст.). Для здоровья человека опасно быстрое изменение давления (в ту или другую сторону), а не сама величина этого давления. Резким колебаниям атмосферного давления подвержены люди, страдающие гипертоническими и сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Для исключения перечисленных выше негативных последствий необходимо правильно выбирать параметры микроклимата в производственных помещениях.

Параметры микроклимата подразделяются на оптимальные и допустимые, исходя из степени отклонения фактических уровней факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов.

Оптимальными микроклиматическими условиями являются такие сочетания количественных параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимыми условиями являются такие сочетания количественных параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

В соответствии с [6] в приложении Б (таблица Б3) представлены оптимальные и допустимые параметры микроклимата в производственном помещении в зависимости от тяжести выполняемых работ, количества избыточного тепла в помещении и сезона (времени года).

В условиях производства, когда в помещение поступают избытки явной теплоты от нагретого оборудования, материалов и отопительных приборов, отдача тепла затрудняется. Вследствие этого изменяются соотношения между количествами тепла, отдаваемыми посредством испарения, теплопроводности и излучения, и для измерения теплоотдачи применяются условные единицы измерения в виде эффектных и эффективно-эквивалентных температур, характеризующих пребывание человека в так называемой «зоне комфорта» учетом температуры воздуха, влажности и подвижности воздуха.

Эффективной температурой называется температура, которая ощущается человеком в неподвижном воздухе при определенной влажности воздуха.

Эффективно-эквивалентной называется температура, ощущаемая человеком в подвижном воздухе при определенной влажности воздуха. Эффективная и эффективно-эквивалентная температура определяются по номограмме (рисунок 1).

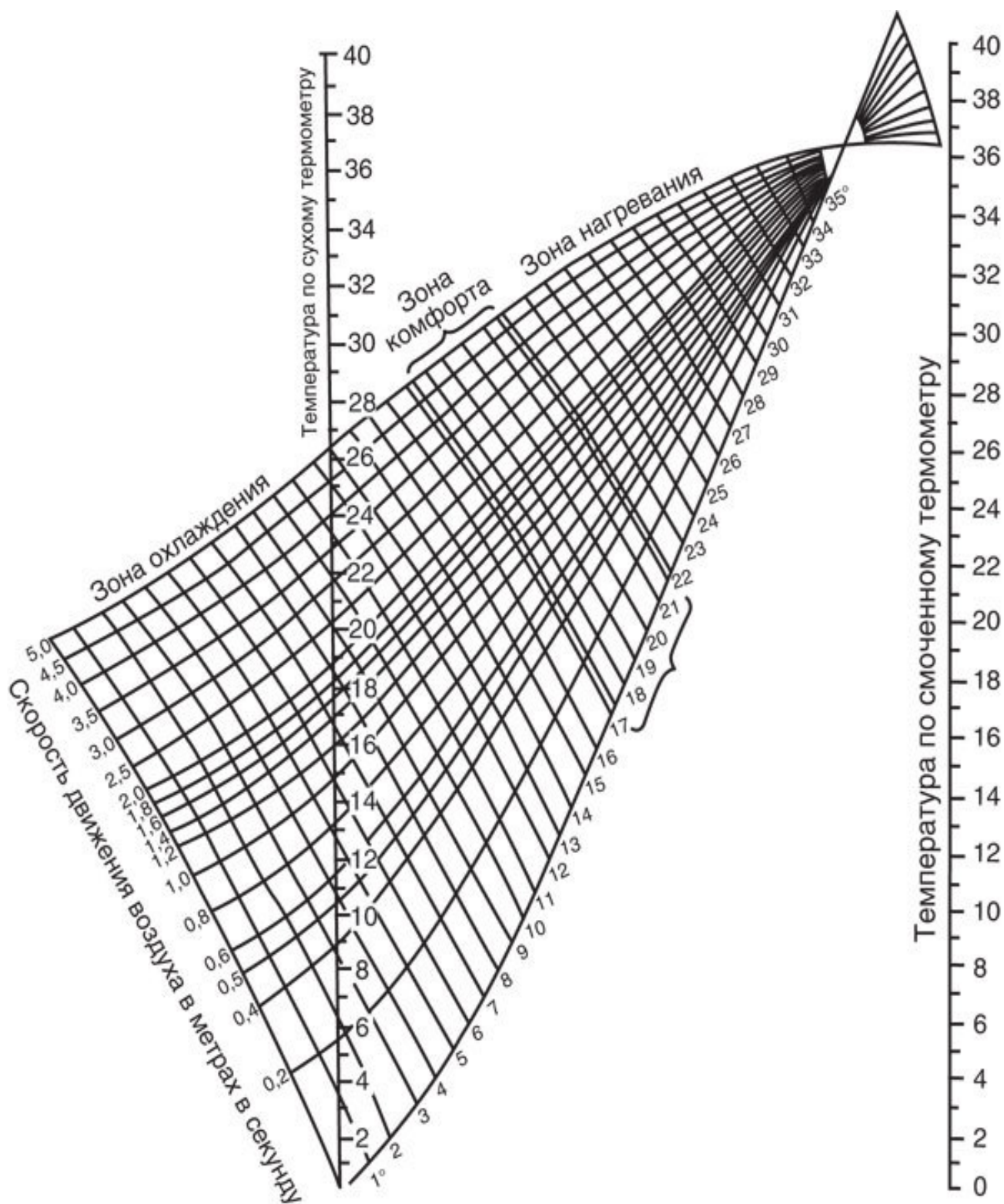


Рисунок 1 – Номограмма эффективно-эквивалентной температуры

Различают холодный и теплый период года.

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

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

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

Нормирование параметров микроклимата в производственных помещениях состоит из измерения параметров воздуха и их сравнения с нормами, полученными в результате исследований специалистами по гигиене труда. При соответствии параметров микроклимата нормам дается положительное заключение. При несоответствии этих параметров должны быть проведены работы по приведению микроклимата к норме.

2 МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА

2.1 Определение температуры и влажности воздуха

Простейший контроль температуры в производственном помещении проводится с помощью ртутного или спиртового термометра, который должен быть вывешен в рабочей зоне.

Термограф метеорологический М – 16 предназначен для одновременного измерения и регистрации на диаграммном бланке температуры воздуха в наземных условиях.

В зависимости от конструкции корпуса прибор выпускается в двух вариантах:

а) суточные М-16С с продолжительностью одного оборота барабана часового механизма 26 часов;

б) недельные М-16Н с продолжительностью одного оборота барабана часового механизма 176 часов.

Регистрация изменения температуры воздуха производится на диаграммной ленте в диапазоне температур от -45° до $+55^{\circ}\text{C}$ с точностью $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Принцип действия прибора основан на свойстве биометаллической пластины изменить радиус изгиба с изменением температуры окружающего воздуха.

Измерение температуры воздуха в производственных помещениях обычно сочетается с определением его влажности и производится психрометром.

Различают абсолютную и относительную влажность.

Абсолютная влажность – упругость водяных паров в момент исследования, выраженная в миллиметрах ртутного столба, или вес паров в граммах, приходящийся на 1 м^3 воздуха.

Относительная влажность – это процентное отношение абсолютной влажности воздуха к максимально возможной при данной температуре.

При оценке состояния воздушной среды производственного помещения обычно определяют относительную влажность воздуха.

Влажность воздуха можно рассчитать, используя показания психрометров Августа или Ассмана, гидрографом и гигрометром.

В основу работы психрометра Августа (рисунок 2) заложен принцип определения интенсивности испарения воды по степени понижения температуры испаряющей поверхности.

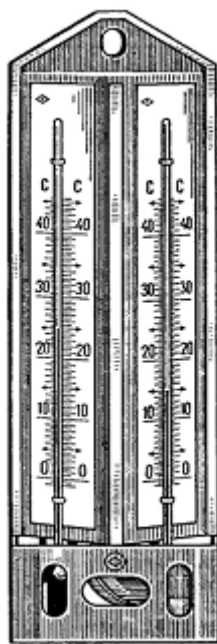


Рисунок 2 – Психрометр Августа

Этот прибор состоит из двух одинаковых стеклянно-спиртовых термометров укрепленных на одном штативе. Резервуар одного из термометров помещен в колпачок из тонкой влажной ткани, конец которой находится в сосуде с дистиллированной водой. Этот термометр называется влажным (смоченным). Надо следить, чтобы сам резервуар не был погружен в воду (иначе термометр будет показывать температуру воды) и расстояние от уровня воды до резервуара составляло не менее 3-4 см. Такое расстояние обеспечит циркулирование вокруг резервуара именно исследуемого воздуха, а не водяных паров, образующихся при испарении дистиллированной воды. Второй термометр, резервуар которого остается свободным, обозначается как сухой термометр.

Смоченный термометр всегда (до достижения 100% влажности, когда процесс испарения прекращается) будет показывать более низкую температуру, чем сухой, вследствие испарения жидкости, являющегося энергозатратным процессом. Интенсивность этого процесса обратно пропорциональна влажности окружающего воздуха и прямо пропорциональна скорости движения окружающего воздуха. Чем ниже влажность и выше скорость движения воздуха в точке измерения, тем больше скорость испарения, тем ниже показания смоченного термометра и соответственно больше разница в показаниях между двумя термометрами.

Для определения влажности окружающего воздуха прибор помещают в место проведения измерения на 10-15 минут и затем записывают показания обоих термометров. По разности показаний сухого и влажного термометров по эмпирической формуле вычисляется абсолютная и относительная влажность. Во время проведения измерения оба термометра должны быть максимально изолированы от воздействия всех видов лучистой энергии, в том числе от солнечных лучей и теплового воздействия соседствующих приборов.

Психрометр Ассмана (рисунок 3) является более совершенным и точным

прибором по сравнению с психрометром Августа. Принцип его устройства тот же, но термометры заключены в металлическую оправу, шарики термометров находятся в двойных металлических гильзах, а в головке прибора помещается вентилятор с часовым механизмом, прогоняющим воздух около термометров с постоянной скоростью 4 м/с.

Подготовка психрометра к работе заключается в следующем. С помощью пипетки увлажняют водой обертку влажного термометра. При этом прибор держат вертикально головой вверх, чтобы вода не попала в гильзы и головку прибора. Отсчет проводится через 3-5 мин во время полного хода вентилятора.

Методика измерения основывается на прямой зависимости упругости (давления) водяных паров от их концентрации в воздухе и обратной зависимости испаряемости (снижение температуры) от влагосодержания воздуха.

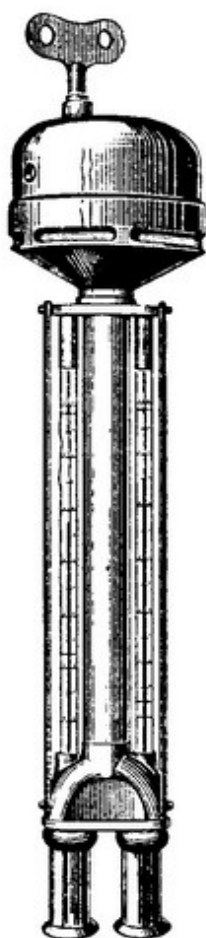


Рисунок 3 – Аспирационный психрометр Ассмана

Давление водяных паров в воздухе R , соответствующее влажности (ϕ), рассчитывается по формуле:

$$R = (P_{\text{в}} - K(t_{\text{сух}} - t_{\text{вл}})) \frac{B}{755} \cdot \frac{100}{P_c}, \quad (2)$$

где $P_{\text{в}}$ и P_c – максимальное давление водяных паров при температуре влажного и сухого термометра соответственно, мм рт. ст. (определяют по таблице Б1 приложения Б);

K – постоянный психометрический коэффициент (формула 3);
 $t_{\text{сух}}, t_{\text{вл}}$ – показания сухого и влажного термометров, °С;
 B – фактически замеренное барометрическое давление, мм рт. ст.;
 755 – среднее барометрическое давление.

$$K = \left(593,1 + \frac{153,1}{\sqrt{v}} + \frac{4,8}{v} \right) \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

где v – скорость движения воздуха, м/с.

Относительная влажность r вычисляется по формуле:

$$r = \frac{R}{P_{\text{сух}}} 100\%, \quad (4)$$

где $P_{\text{сух}}$ – максимальное давление водяных паров при температуре сухого термометра, мм. рт. ст. (определяют по таблице Б1 приложения Б).

Относительная влажность также определяется по разности показания сухого и влажного термометров по таблице Б2 приложения Б.

Волосяные гигрометры используют способность человеческого волоса изменять длину в зависимости от содержания водяного пара в воздухе (удлиняться во влажном воздухе и укорачиваться в сухом).

Гигрограф метеорологический М-32 является самопишущим прибором и предназначается для непрерывной регистрации в наземных условиях изменений относительной влажности воздуха во времени, в пределах от 20 до 100% при температуре воздушной среды от -35 до +45° С. Принцип действия гигрографа основан на свойстве гигроскопической пленки изменять свои линейные размеры при изменении относительной влажности воздуха. Изменение размеров пленки (мембраны) через передаточную систему влияет на положение стрелки с пером, которая производит запись изменения влажности на диаграммной ленте, надетой на барабан часового механизма.

2.2 Измерение скорости движения воздуха

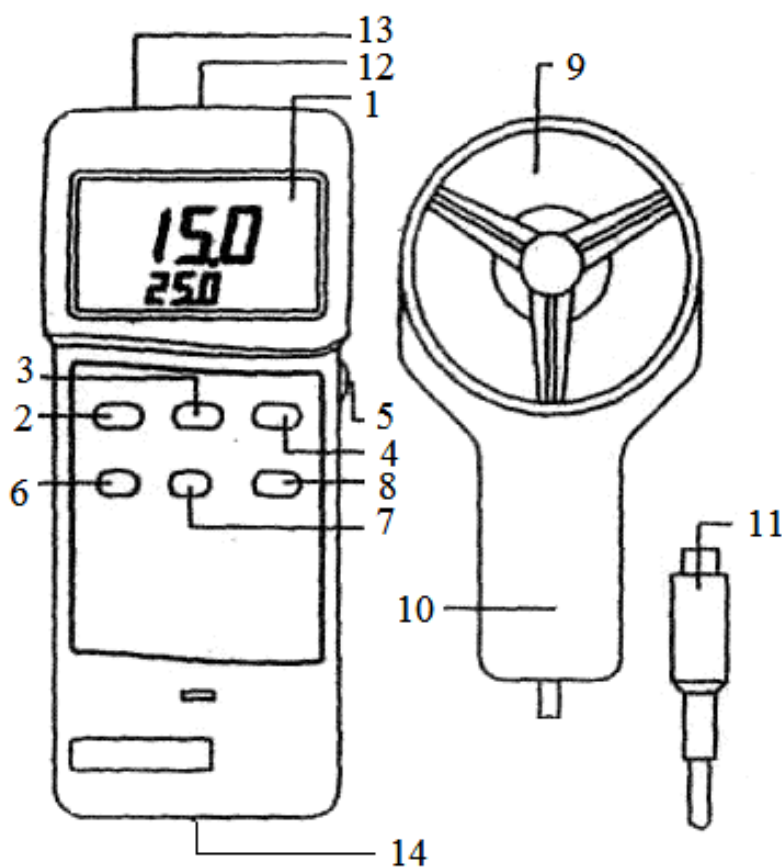
Скорость движения воздуха измеряют анемометрами (крыльчатый или чашечным), кататермометром и термоанемометрами (приборами, определяющими интенсивность охлаждения нагреваемой поверхности). Крыльчатый анемометром могут измеряться скорости от 0,3 до 5 м/с, чашечным – от 1 до 30 м/с. Кататермометр предназначен для определения скоростей от 0,1 до 2 м/с. Термоанемометрами возможно одновременное измерение температуры и скорости движения воздуха (0 ... +50° С, 0 ... 30 м/с).

Кататермометр представляет собой спиртовой термометр со шкалой от 35 до 38° С. Чтобы измерить скорость движения воздуха этим прибором, его необходимо нагревать в воде с температурой 65-75° С до того момента, пока спирт из нижнего резервуара не поднимется до половины верхнего расширенного прибора. После этого прибор вынимают из воды, насухо протирают и помещают в точку исследования. Прибор охлаждается окружающим воздухом: при достижении столбиком спирта отметки 38° С включают секундомер и замечают время охлаждения прибора на три градуса (от 38° до 35°). Скорость движения воздуха определяют по эмпирическим формулам.

Чашечный анемометр воспринимает движения воздуха четырьмя полушариями, насаженными на вертикальную вращающуюся ось, связанную со счетчиком частоты вращения. Показания чашечного анемометра не зависят от направления воздушного потока.

Крыльчатый анемометр воспринимает движения воздуха крыльчаткой вентилятора, установленной на оси и связанной со счетчиком частоты вращения. Показания чашечного анемометра зависят от направления воздушного потока относительно оси вращения крыльчатки.

Более современным прибором является анемометр цифровой переносной АП1М (рисунок 4), предназначенный для измерения средней скорости направленного воздушного потока и средней скорости ветра.



- 1 – дисплей; 2 – кнопка «Вкл./Выкл.», 3 – кнопка фиксации данных, 4 – кнопка переключения °C/°F, 5 – регулятор контрастности ЖКИ, 6 – кнопка памяти «Запись», 7 – кнопка памяти «Вызов», 8 – кнопка единиц измерения, 9 – крыльчатка зонда, 10 – ручка зонда, 11 – штепсель зонда, 12 – входной разъем зонда, 13 – выход RS-232, 14 – крышка батареек

Рисунок 4 – Цифровой портативный анемометр АТТ-1003

Область применения – метеорология, строительство, пищевая промышленность, а также промсанитария. Диапазоны измерений портативного анемометра представлены в таблице 3.

Термоанемометры применяются для измерения скорости и температуры воздуха в положительном интервале температур воздуха. Рассмотрим данный тип приборов на примере измерителя скорости Testo 405-V1 (рисунок 5).

Таблица 3 – Диапазоны измерений
Скорость воздуха

Единицы	Диапазон	Разрешение	Точность
м/с	0,4...25,0	0,1	$\pm (2\% + 1 \text{ смр})$
км/ч	1,4...90,0	0,1	

Температура

Диапазон измерений	от 0 ⁰ С до 50 ⁰ С (от 32 ⁰ F до 122 ⁰ F)
Разрешение	0,1 ⁰ С/0,1 ⁰ F
Точность	0,8 ⁰ С/1,5 ⁰ F



Рисунок 5 – Термоанемометр Testo 405-V1

Миниатюрный прибор для измерения скорости и температуры потока с функцией расчета объемного расхода в воздуховоде по измеренной скорости и площади сечения воздуховода (площадь сечения вводится в память прибора).

В конструкции прибора предусмотрены различные положения зонда и головки с дисплеем, позволяющие одновременно считывать показания и следить за направлением воздушного потока. Датчик скорости защищен поворотной крышкой в основании зонда, ее открывают только в процессе измерения. Прибор снабжен держателем для крепления в трубе.

Прибор позволяет производить расчет объемного расхода в диапазоне 0...99,99 м³/ч (измеряет внутри воздуховодов и у вентиляционных решеток), удобен в работе (можно легко заменить батарейку, легко помещается в кармане), имеет функцию самоотключения, рабочая длина 300 мм, что позволяет измерять в больших воздуховодах. В таблице 4 представлены технические характеристики термоанемометра.

Таблица 4 – Технические характеристики термоанемометра Testo 405-V1

Диапазон измерений	0... +10 м/с -20... +50 ⁰ С 0... +99990 м ³ /ч
Погрешность ± 1 цифра	±(0,1 м/с ±5% от изм. зн.) (0... +2 м/с) ±(0,3 м/с ±5% от изм. зн.) (+2,1... +10 м/с) ±0,5 °С (-20...+50 ⁰ С)
Разрешение	0,01 м/с (0... +10 м/с) 0,1 ⁰ С (-20... +50 ⁰ С)
Рабочая температура	0... +50 ⁰ С
Температура хранения	-20... +70 ⁰ С
Батарейки	3 шт., размер А
Ресурс батареек	20 часов
Самоотключение	5 минут
Гарантия	1 год

Термогигрометр «ТКА – ПКМ 24» (рисунок 6) предназначен для измерения относительной влажности воздуха; температуры воздуха; скорости движения воздуха; освещённости в видимой области спектра; энергетической освещённости в области спектра; вычисления значений температур влажного термометра, точки росы и индекса тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса).



Рисунок 6 – Общий вид прибора ТКА – ПКМ 24

Принцип работы прибора заключается в преобразовании фотоприемным устройством оптического излучения в фототок, а также в преобразовании физических параметров окружающей среды с помощью сенсора влажности, датчика скорости движения воздуха и датчика температуры, в электрический сигнал с обработкой и индикацией результатов измерений и расчётов. Для измерения желаемой характеристики излучения достаточно расположить

фотометрическую головку с зондом прибора в плоскости измеряемого объекта. Считать с жидкокристаллического дисплея измеренное значение.

Технические характеристики термогигрометра «ТКА – ПКМ» представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики прибора «ТКА – ПКМ 24»

Диапазон измерения относительной влажности, % отн. вл.	10...98
Диапазон измерения температуры, °С	0...50
Диапазон измерения скорости движения воздуха, м/с	0,1...20
Диапазон измерения энергетической освещённости, мВт/м ²	10...40000
Погрешность градуировки, % не более	± 8,0

2.3 Измерение атмосферного давления

Для измерения атмосферного давления служат барометры, наиболее точны ртутные барометры, но они чувствительны к тепловому воздействию.

В практике метеорологических наблюдений для измерения атмосферного давления применяют барометры-анероиды разных моделей (рисунок 7).

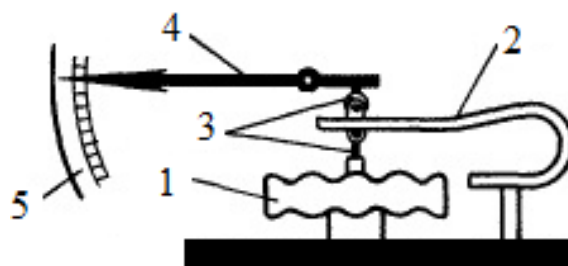


Рисунок 7 – Барометр-анероид БР-52

Основной частью барометра-анероида является круглая металлическая коробка 1 с волнистыми (гофрированными) основаниями. Путем откачивания воздуха внутри этой коробки создано сильное разрежение. При повышении атмосферного давления коробка сжимается, и ее верхняя (прогибающаяся) поверхность начинает тянуть прикрепленную к ней пружину 2. При уменьшении давления пружина разгибается, и верхнее основание коробки приподнимается. К пружине с помощью передаточного механизма 3 прикреплена стрелка-указатель 4. Эта стрелка перемещается по шкале 5. Градуировку шкалы анероида осуществляют и выверяют по показаниям ртутного барометра.

Для производственных исследований лучше пользоваться барографом.

Принцип действия барографа основан на свойстве анероидных коробок деформироваться с изменением атмосферного давления. Суммарная деформация анероидных коробок через передаточную систему передается стрелке с пером, производящим запись изменений атмосферного давления на диаграммной ленте, укрепленной на барабане часового механизма.

3 ПОРЯДОК РАБОТЫ

Перечень применяемых приборов и мест исследований определяется преподавателем.

3.1 Определение относительной влажности воздуха в помещении с помощью психрометра Ассмана

3.1.1 Включить психрометр Ассмана и по истечении 3-5 минут работы вентилятора снять показания сухого и влажного термометров.

3.1.2 Рассчитать давление водяных паров в воздухе R по формуле 2.

3.1.3 Рассчитать величину относительной влажности r по формуле 4.

3.1.4 Определить величину относительной влажности r по разности показания сухого и влажного термометров по таблице Б2.

3.1.5 Подсчитать результат несовпадения значений влажности, полученных при вычислении по формулам 2 и 4 и определенных по таблице. Процент расхождения должен быть минимальным (не более 5 %).

3.2 Определение эффективной и эффективно-эквивалентной температуры

3.2.1 Определить по номограмме (рисунок 1) эффективную температуру воздуха путем пересечения линии, соединяющей показание термометров психрометра (характеристики влажности) с кривой скорости движения воздуха $V = 0$, а эффективно-эквивалентную температуру – с кривой фактической скорости движения воздуха.

3.2.2 Определить по монограмме (рисунок 1) соответствие существующих при опыте условий труда «зоне комфорта».

3.3 Определение скорости движения воздуха цифровым портативным анемометром АТТ – 1003

Порядок работы:

3.3.1 Вставьте штепсель 11 во входной разъем зонда 12 (рисунок 4).

3.3.2 Включите прибор кнопкой 2 «Вкл./Выкл.».

3.3.3 Выберите единицы измерения температуры кнопкой 4 «°C/°F».

3.3.4 Произведите замеры.

3.4 Определение скорости движения воздуха термоанемометром Testo 405-V1

Порядок работы:

3.4.1 Включите прибор кнопкой «Вкл./Выкл.» (рисунок 5).

3.4.2 Выберите диапазон измерения (температура или скорость движения воздуха) кнопкой «°C/V».

3.4.3 Поверните поворотную крышку в основании зонда для открытия датчика скорости.

3.4.4 Установите зонд в измеряемую точку и снимите показания на дисплее головки прибора.

3.4.5 Переключите диапазон измерения и повторите снятие показаний на дисплее головки прибора.

3.4.6 При повторных измерениях повторите пункты 3.4.2, 3.4.4 и 3.4.5.

3.4.7 По окончании работы закройте датчик в основании зонда, повернув его крышку.

3.5 Определение температуры точки росы и индекса тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса) прибором ТКА – ПКМ

Порядок работы в режиме вычисления температуры влажного термометра, температуры точки росы и индекса тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса):

3.5.1 Поместите зонд с датчиками климатических параметров (температуры и относительной влажности воздуха) в зоне определения вычисляемых параметров.

3.5.2 Считывайте после установления показаний с цифрового индикатора значение выбранных вычисляемых параметров, которые зависят только от прямоизмеряемых значений температуры или относительной влажности.

3.5.3 Для определения ТНС-индекса в комплект поставки входит специальная сфера «Чёрный шар», изготовленная из тонкого пластика, с коэффициентом поглощения теплового излучения - 0,95.

3.5.5 Для удерживания на экране показаний в приборе предусмотрена функция «HOLD» (удерживать), вызываемая однократным нажатием «HOLD». При повторном нажатии кнопки «HOLD» режим удерживания выключается, прибор переходит в режим дальнейших измерений.

3.6 Сравнить результаты изменений с нормами метеорологических условий по СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (таблица Б3).

3.7 Определить расчетным методом характеристику теплового ощущения S в производственном помещении при различных условиях микроклимата (при подвижном и неподвижном воздушном потоке):

$$S = k - 0,1 t_c - 0,0968 t_0 - 0,0372 R + 0,0367 (37,8 - t_c) \sqrt{V} , \quad (5)$$

где S – характеристика тепловых ощущений;

k – константа (для зимы $k = 7,83$; для лета $k = 8,45$);

t_c – температура воздуха по сухому термометру, $^{\circ}\text{C}$;

t_0 – температура окружающих поверхностей (соответствует температуре воздуха по сухому термометру), $^{\circ}\text{C}$;

R – давление водяных паров в воздухе (формула 2), мм рт. ст.;

V – скорость движения воздуха, м/с.

Полученный результат по формуле 5 округляют до целого числа и по таблице 6 определяют тепловое ощущение.

Данный метод применяется при влажности воздуха от 30% до 70%. Значение S характеризует тепловые ощущения людей, выполняющих определенную работу.

3.8 После проведенных измерений и расчетов составить отчет по прилагаемой форме (приложение А).

Таблица 6 – Ожидаемые значения тепловых ощущений

Характеристика тепловых ощущений, S	Тепловое ощущение
1	Очень жарко
2	Жарко
3	Тепло
4	Комфортно
5	Прохладно
6	Холодно
7	Очень холодно

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Что такое «рабочая зона»?
- 2 Какими параметрами характеризуются метеорологические условия на рабочем месте, их влияние на организм человека?
- 3 Что является источником теплового излучения в рабочей зоне?
- 4 Что такое терморегуляция организма человека?
- 5 Из каких основных процессов состоит теплоотдача человеческого организма в окружающую среду?
- 6 Какие элементы входят в уравнение теплового баланса человека?
- 7 Чем отличаются оптимальные параметры микроклимата от допустимых параметров микроклимата?
- 8 По какому признаку проводится разделение работ по тяжести на категории?
- 9 Каким параметром характеризуете теплый и холодный периоды года?
- 10 Чем отличаются эффективная температура и эффективно-эквивалентная температура?
- 11 Чем отличаются «абсолютная влажность воздуха и относительная влажность воздуха»?
- 12 Какие мероприятия используются для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / под общ. ред. С. Белова. – М. : Высшая школа, 2004. – 606 с.
- 2 Безопасность жизнедеятельности : словарь-справочник: около 6000 слов / Л. Н. Горбунова и др; под общ. ред. О. Н. Русака, К. Д. Никитина. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2003. – 799 с.
- 3 Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / под ред. О. Н. Русака. – СПб. : Лань, 2000. – 448с.
- 4 Безопасность и охрана труда : учебное пособие / под ред. О. Н. Русака. – СПб. : МАНЭБ, 2001.
- 5 ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.– Взамен ГОСТ 12.1.005–76. – М. : Изд-во стандартов, 1988.
- 6 СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. URL: <http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow.asp?DocumID=333>. (дата обращения 25.12.2015).

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОТЧЕТ

по лабораторной работе

Исследование метеорологических условий в производственных помещениях

1 Определение влажности воздуха

Показания термометра		Давление, мм.рт.ст.			Относительная влажность	
сухого	влажного	$P_{свх.}$	$P_{вл.}$	барометрическое	расчетная	по таблице

2 Определение эффективной и эквивалентно-эффективной температуры

Температура воздуха в исследуемом месте, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	Эффективная температура, °С	Эквивалентно-эффективная температура, °С

3 Определение скорости движения воздуха

№ опыта	Показания прибора

4 Определение температуры точки росы и индекса тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса) прибором ТКА – ПКМ

№ опыта	Показания прибора

5 Нормирование метеоусловий на рабочем месте (по[5])

Период года	Категория работ	Характеристика помещения	Оптимальные нормы			Допустимые нормы			Фактические значения			
			температура, °С	относительная влажность, %	скорость движения воздуха, м/с	температура, °С	относительная влажность, %	скорость движения воздуха, м/с	Температура, °С	Относительная влажность, %	скорость движения	

Вывод по метеоусловиям: _____

6 Определить расчетным методом характеристику теплового ощущения S

7 Выводы: предложения по улучшению микроклимата на рабочих местах (по результатам лабораторной работы).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1 – Давление насыщенных водяных паров при различных температурах

Температура воздуха, °С	P, мм. рт. ст.	Температура воздуха, °С	P, мм. рт. ст.
10	9,209	21,0	18,650
11	9,844	22,0	19,827
12	10,518	23,0	21,068
13	11,231	24,0	22,377
14	11,987	25,0	23,756
15	12,788	26,0	25,209
16	13,634	27,0	26,739
17	14,530	28,0	28,344
18	15,477	29,0	30,043
19	16,477	30,0	31,842
20	17,735	31,0	33,695

Таблица Б2 – Определение относительной влажности воздуха (r), %

Показания сухого термометра, °С	Разность показания сухого и влажного термометров, °С																	
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	
	Относительная влажность, %																	
10	86	79	73	66	60	53	47	41	34	28	22	16						
11	87	80	74	67	61	55	49	43	37	31	26	20						
12	87	81	75	69	63	57	51	45	40	34	28	23	18					
13	88	82	76	70	64	58	53	47	42	36	31	26	20					
14	88	82	76	71	65	60	54	49	44	39	33	28	23	18				
15	88	83	77	72	66	61	56	51	46	41	36	31	26	21	18			
16	89	83	78	73	68	63	57	52	48	43	38	33	29	24	20			
17	89	84	79	74	69	64	59	54	49	45	40	35	31	27	22	19		
18	90	84	79	74	70	65	60	55	51	47	42	37	33	29	24	21	17	
19	90	85	80	75	70	66	61	57	52	48	44	39	35	31	27	23	19	
20	90	85	81	76	71	67	63	58	54	50	45	41	37	33	29	25	22	
21	90	85	81	77	72	68	64	59	55	51	47	43	39	35	31	28	24	
22	91	85	82	77	7	69	64	61	56	52	48	44	41	37	33	30	26	
23	91	86	82	78	74	70	65	62	58	54	50	46	42	39	35	32	28	
24	91	87	83	78	74	70	66	62	59	55	51	48	44	40	37	33	30	
25	91	87	83	79	75	71	67	63	60	56	52	49	45	42	38	35	32	

Таблица Б3 – Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне 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

Попадчук Светлана Борисовна
Микуров Алексей Иванович
Евтушенко Наталья Георгиевна

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для студентов направлений 13.03.02, 15.03.01, 15.03.05, 23.03.02, 23.03.03,
23.03.01, 27.03.04, 15.03.04, 27.03.01, 09.03.03, 09.03.04, 20.03.01

Редактор Н.М. Быкова

Подписано в печать 17.02.17	Формат 60x84 1/ 16	Бумага 65 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,5	Уч.-изд.л. 1,5
Заказ №21	Тираж 100	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.