

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ПОМЕЩЕНИЯХ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов всех специальностей и всех форм обучения

Составили: Ю.И. Иванов
С.П. Сараев
Ю.П. Михайлов
Утверждено на заседании
кафедры
«3 » апреля 2001 г.
Протокол № 10
Рекомендовано к печати
методической комиссией
механического факультета
«28» марта 2001 г.
Протокол № 5

Кемерово 2001

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с инженерными методами расчета теплообмена тела человека с окружающей средой, определением, нормированием и критической оценкой влияния параметров микроклимата производственных помещений на человека.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Среди многих задач в области гигиены труда весьма важной для сохранения здоровья, обеспечения хорошего самочувствия, высокой работоспособности и производительности труда является поддержание оптимальных микроклиматических условий в производственных помещениях.

В гигиеническом отношении микроклиматические условия представляют собой комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен организма с окружающей средой и его тепловое состояние. Этот комплекс включает температуру воздуха, температуру поверхностей ограждающих конструкций и технологического оборудования, относительную влажность и скорость движения воздуха, интенсивность теплового (инфракрасного) излучения (облучения). На формирование производственного микроклимата существенно влияют технологический процесс и климат местности.

В зависимости от различных комбинаций названных выше факторов, каждый из которых может изменяться в широких пределах, самочувствие человека и его работоспособность могут быть различными и в отдельных случаях привести к хроническим профессиональным заболеваниям, связанным с перегревом или переохлаждением организма.

Организм человека - это саморегулирующая система, физиологический механизм которой с целью поддержания постоянной температуры тела направлен на обеспечение соответствия количества образованного тепла (телопродукция) количеству тепла, отданного во внешнюю среду (теплоотдача), т.е. $Q_{\text{тп}} = Q_{\text{ос}}$

Тепловой баланс достигается координацией процессов теплопродукции и теплоотдачи и осуществляется аппаратом химической и физической терморегуляции человека, а также путем приспособительных действий человека и использованием одежды в условиях оптимального микроклимата.

Тепловой баланс организма человека с окружающей средой в общем виде может быть описан уравнением:

$$Q_{\text{тп}} = Q_{\text{ос}} = Q_{\text{из}} + Q_{\text{изл}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{т}} + Q_{\text{н.дых}} + Q_{\text{исп.диф}} + Q_{\text{исп.дых}} + Q_{\text{исп.п}} + D, \text{ Вт} \quad (1)$$

где $Q_{\text{из}}$, $Q_{\text{к}}$, $Q_{\text{т}}$ - соответственно теплоотдача путем излучения, конвекции и теплопроводности одежды, Вт;

$Q_{\text{н.дых}}$ - теплоотдача вследствие нагревания вдыхаемого воздуха, Вт;

$Q_{\text{исп.диф}}$ - теплоотдача вследствие испарения диффузионной влаги с поверхности кожи, Вт;

$Q_{\text{исп.дых}}$ - теплоотдача вследствие испарения влаги с верхних дыхательных путей, Вт;

$Q_{\text{исп.п}}$ - теплоотдача вследствие испарения пота, Вт;

D - изменение теплосодержания организма относительно комфортного уровня (дефицит тепла), Вт.

При теплоощущении человека как холодно и очень холодно дефицит тепла составляет 125 и 200 Вт, а при теплоощущении как жарко и очень жарко накопление тепла (отрицательный дефицит) - 93 и 140 Вт.

Дефицит тепла в организме позволяет судить о степени его охлаждения и перегревания, прогнозировать время пребывания в различных метеорологических условиях, оценивать эффективность соответствующих профилактических мер.

Потери тепла излучением (Вт) с поверхности тела одетого человека могут быть определены по уравнению Фангера

$$Q_{\text{из}} = 3,95 \cdot 10^{-8} \cdot S_{\text{э}} \cdot \frac{S_{\text{од}}}{S_{\text{оби}}} \cdot \left[(t_x - 273)^4 - (t_{\text{ср}} - 273)^4 \right] \quad (2)$$

где S - поверхность тела раздетого человека, м^2 . При расчетах принимается эквивалентная площадь поверхности тела человека $S_{\text{э}} = 1,82 \text{ м}^2$;

$S_{од}$ - площадь поверхности тела, покрытая одеждой, м²;

$S_{обн}$ - площадь обнаженной поверхности тела, м²;

t_x - температура наружной стороны пакета одежды, °С (определяется экспериментально). При расчетах принять ее на 2°С выше температуры поверхностей (таблица 7);

t_{CP} - средняя радиационная температура поверхностей ограждающих конструкций, °С (таблица 7).

$$t_{CP} = \frac{F_1 \cdot t_1 + F_2 \cdot t_2 + \dots + F_i \cdot t_i + \dots + F_n \cdot t_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_i + \dots + F_n}, \quad (3)$$

где F_i - площадь поверхности окружающих ограждений, м²;

t_i - средняя температура поверхности ограждений, °С. В общем случае лучистый теплообмен подчиняется закону Стефана-Больцмана

$$Q_{из} = C_{пр} \cdot F_1 \cdot \varphi_{1-2} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт} \quad (4)$$

где $C_{пр}$ - приведенный коэффициент излучения, Вт/(м²К⁴). В диапазоне температур от 10 до 60°С $C_{пр} = 4,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}^4)$;

F_1 - излучающая поверхность ограждений, м²;

φ_{1-2} - коэффициент облученности. Обычно $\varphi_{1-2} = 1$;

T_1 и T_2 - температура нагретого и холодного тела, К

В комфортных микроклиматических условиях теплоотдача излучением составляет 43-59% по отношению к общей величине теплотерь.

Теплоотдачу конвекцией с поверхности одежды, покрывающей тело человека, движущемуся воздуху можно определить по выражению:

$$Q_K = \alpha'_{конв} \cdot S_{э} \cdot \frac{S_{од}}{S_{обн}} \cdot (t_x - t_{oc}) \quad (5)$$

где $\alpha'_{конв}$ - коэффициент конвективной теплоотдачи с поверхности одежды, Вт/(м²°С);

t_{oc} - температура окружающей среды, °С.

При малых скоростях движения воздуха $\alpha'_{конв}$ является функцией разности температур $t_x - t_{oc}$. При больших скоростях ветра $\alpha'_{конв}$ - функция скорости ветра.

Для приближенных расчетов можно использовать зависимость Юргенса-Нуссельта:

$$\alpha'_{конв} = 2,2 \cdot \sqrt[4]{t_x - t_{oc}} \quad (6)$$

В общем случае теплоотдача конвекцией может быть определена по уравнению Ньютона:

$$Q_K = \alpha_{конв} \cdot S_{э} \cdot (t_{пов} - t_{oc}) \quad (7)$$

где $t_{пов}$ - температура поверхности тела человека, °С. Для холодного периода $t_{пов} = 27,7 \text{ °С}$; для теплого $t_{пов} = 31,5 \text{ °С}$;

$\alpha_{конв}$ - коэффициент конвективной теплоотдачи. При нормальных условиях труда $\alpha_{конв} = 4,06 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$.

Теплоотдача конвекцией составляет 32-35% всей теплоотдачи, а в условиях теплового комфорта 20 - 30%.

Потери тепла теплопроводностью через одежду от поверхности тела человека к соприкасающимся с ним предметам определяются в соответствии с законом Фурье:

$$Q_T = \frac{\lambda_{од}}{\delta_{од}} \cdot (t_{п} - t_x) \cdot S^* \quad (8)$$

где $\lambda_{од}$ - коэффициент теплопроводности пакета материалов одежды, Вт/(м²°С);

δ_{od} - толщина пакета материалов одежды, м (см. таблицу 7),

t_n - температура внутренней стороны пакета одежды (температура поверхности тела человека), °С;

S^* - площадь поверхности тела, соприкасающаяся с твердым предметом, м² (см. таблицу 7).

Коэффициент теплопроводности одежды (λ_{od}) есть величина обратная изолирующей способности одежды R_{od} определяется по выражению:

$$\lambda_{od} = \frac{1}{R_{od}} \quad (9)$$

Теплоизолирующие свойства различной одежды приведены в таблице I.
Таблица 1 - Изолирующая способность различной одежды

Одежда	R_{od} , м ² °С/Вт
Шорты	0,1
Легкое нижнее белье, х/б рабочая рубашка с открытым воротом и рабочие брюки	0,6
Легкое нижнее белье, х/б рубашка, брюки, носки, обувь	0,7
Теплая зимняя одежда, х/б нижнее белье, фланелевая рубашка, непромокаемые и непродуваемые брюки и пальто, вязаный жакет, шерстяные носки, сапоги	1,5-2,0
Теплая зимняя одежда в особенно холодных районах (Заполярье)	3-4

В обычных условиях удельный вес потерь тепла теплопроводностью через одежду составляет в общем балансе примерно 2 - 3%.

Теплоотдача вследствие нагрева вдыхаемого воздуха составляет 2 - 3% конвективного тепла и определяется по выражению:

$$Q_{H.ДЫХ} = V_{л.в.} \cdot \rho_{вд} \cdot C_p \cdot (t_{выд} - t_{вд}) \quad (10)$$

где $V_{л.в.}$ - объем легочной вентиляции, м³/с;

$\rho_{вд}$ - плотность вдыхаемого воздуха, кг/м³ ($\rho_{вд} = 1,2$ кг/м³);

C_p - удельная теплоемкость вдыхаемого воздуха; Дж/(кг·°С) ($C_p \approx 1,007$);

$t_{выд}$ - температура выдыхаемого воздуха, °С (см. ниже);

$t_{вд}$ - температура вдыхаемого воздуха, °С. Принимается равной температуре окружающей среды.

$$V_{ЛВ} = V_{ВВ} \cdot n, \quad (11)$$

где $V_{ВВ}$ - объем одного вдоха - выдоха;

n - число вдохов-выдохов.

Объем вдоха - выдоха для среднего человека при тяжелой работе равен 1,5 - 1,8 л. При нормальном состоянии человек делает 12 - 15 вдохов выдохов в минуту, а при тяжелой - 25 - 30. При выполнении легких работ легочная вентиляция не превышает 8.3 л/мин, а при работах средней тяжести 14,5 л/мин и выше, при тяжелой работе - 20,8 л/мин и более.

При известной величине уровня энергозатрат теплоотдача вследствие нагрева вдыхаемого воздуха может быть определена по выражению

$$Q_{H.ДЫХ} = 0,0014 \cdot Q_{ЭТ} \cdot (34 - t_{oc}), \text{ Вт}, \quad (12)$$

где $Q_{ЭТ}$ - уровень энергозатрат для соответствующей категории работ по тяжести, Вт;

34 - температура выдыхаемой) воздуха в комфортных условиях, °С;

t_{oc} - температура воздуха в помещении. °С При $t_{oc} \geq 29^\circ\text{С}$ температуру выдыхаемого воздуха рекомендуется принимать 36°С ; при $t_{oc} \leq 15^\circ\text{С}$ температуру выдыхаемого воздуха рекомендуется принимать 30°С .

Потери тепла путем испарения диффузионной влаги с поверхности кожи

Кисп.диф определяются по уравнению Фангера:

$$Q_{\text{исп.диф}} = 3,06 \cdot 10^{-3} \cdot S_{\text{э}} \cdot (256t_k - 3360 - P_a), \quad (13)$$

где $S_{\text{э}}$ - площадь поверхности тела человека, м² ($S = 1,82$ м²);

P_a - парциальное давление пара при температуре окружающего воздуха, Па (таблица 2);

t_k - температура поверхности кожи, °С.

При расчетах t_k принять равной температуре поверхности тела человека для теплого и холодного периода года (холодный период $t_{\text{пов}} = 27,7$ С, теплый-31,5 °С.

Средневзвешенная температура кожи человека при различных его теплоощущениях может быть определена по выражениям:

$$\text{Комфорт } t_{\text{свк}} = 36,07 - 0,0354 Q_{\text{эТ/С}} \quad (14)$$

$$\text{Прохладно } t_{\text{свк}} = 33,34 - 0,0335 Q_{\text{эТ/С}} \quad (15)$$

$$\text{Холодно } t_{\text{свк}} = 30,36 - 0,031 Q_{\text{эТ/С}} \quad (16)$$

где $Q_{\text{эТ/С}}$ - энергозатраты при соответствующей категории работ, Вт/м².

Таблица 2 - Парциальное давление влажного пара

to.c, °C	Pa, Па	to.e, C	Pa, Па	to.c, °C	Pa, Па
10	1227,1	18	2062,6	25	3166,3
11	1311,8	19	21%	26	3360
12	1401,5	20	2336,8	27	3563,9
13	1496,7	21	2485,5	28	3778,5
14	1704,1	22	2642,4	29	4043
16	1817,0	23	2807,9	30	4241,7
17	1936,4	24	2982,4	31	4491,3

Потери тепла при испарении влаги с верхних дыхательных путей определяются по выражению:

$$Q_{\text{исп.дых}} = 14,9 \cdot 10^{-6} \cdot Q_{\text{ТП}} \cdot (580 - P_a), \text{ Вт} \quad (17)$$

где $Q_{\text{ТП}}$ - тепло, продуцируемое человеком, Вт. При расчетах принять $Q_{\text{ТП}} = Q_{\text{ЭТ}}$ (см. таблицу 7).

Величина теплоотдачи вследствие испарения пота в комфортных условиях применительно к различному уровню энергозатрат может быть определена из уравнения Фангера:

$$Q_{\text{исп.пота}} = 0,36 \cdot S \cdot (Q_{\text{эТ/С}} - 58), \text{ Вт} \quad (18)$$

где $Q_{\text{эТ/С}}$ - уровень энергозатрат для соответствующей категории работ по тяжести (таблица 7), Вт/м²

В общем случае

$$Q_{\text{исп.пота}} = G_{\text{вл}} \cdot r, \text{ Вт} \quad (19)$$

где $G_{\text{вл}}$ - количество выделяемой и испаряемой влаги, г/с (таблица 3); Ч - скрытая теплота испарения выделяющейся влаги, Дж/г. На испарение 1 г пота затрачивается 2190 Дж тепла.

Таблица 3 - Влагопотери в комфортных условиях при выполнении физической работы (по Г.Х. Шахбазяну)

Энергозатраты, Вт	Влагопотери, г/ч
до 104	50-70
до 208	90-140
до 348	150-190
до 487	210-240

3. Характеристика категорий работ

Категории работ по тяжести согласно ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96 разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт).

К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт (120 ккал/ч), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

К категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140 -174 Вт (121-150 ккал/ч), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

К категории IIa относятся работы с интенсивностью энергозатрат 175 — 232 Вт (151 200 ккал/ч), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до I кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

К категории IIб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233 - 290 Вт (201 250 ккал/ч), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

К категории III относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 290 Вт (более 250 ккал/ч), связанные с постоянным передвижением, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Конкретная характеристика категорий работ приводится в отраслевых нормативно-правовых актах по охране труда.

4. Нормирование показателей микроклимата

ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливает оптимальные и допустимые значения этих параметров в зависимости от категории работ по тяжести и периода года. (Приложение 1,2).

Различают холодный и теплый периоды года.

Холодный период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха равной + 10 °С и ниже.

Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха выше + 10 °С.

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

Рабочее место - участок помещения, на котором в течение рабочей смены или части ее осуществляется трудовая деятельность.

Нормируемые величины оптимальных параметров микроклимата приведены в Приложении 1. При этом перепады температуры воздуха в помещении по высоте и горизонтали, а также изменение температуры воздуха в течение рабочей смены на рабочих местах не должны превышать нормируемых величин более 2 °С.

Допустимые условия микроклимата - это микроклиматические условия, которые не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья в течение рабочей смены (8 часов), но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим, техническим и экономическим причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Нормируемые допустимые величины параметров микроклимата приведены в Приложении 2. При этом перепады температуры воздуха в помещении по высоте в

течение рабочей смены должны быть не более 3 С, а по горизонтали до 4 °С; 5 °С и 6 °С соответственно для категорий работ по тяжести - 1а и 1б; 2а и 2б и 3.

При температуре воздуха на рабочих местах 25 °С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы: 55 % при t = 28 °С; 60 % при t = 27 °С; 65 % при t = 26 °С; 70 % при t = 25 °С. При температуре воздуха 26 - 28 °С скорость движения воздуха для теплого периода года должна находиться в пределах 0,1 - 0,2; 0,1 - 0,3; 0,2 - 0,4; 0,2 - 0,5 (м/с) соответственно для категорий работ по тяжести 1а; 1б; 2а и 2б и 3.

В целях защиты работающих от возможного перегревания или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах (суммарно или непрерывно за рабочую смену) ограничивается величинами, указанными в приложении 3.4. При этом среднесменная температура воздуха, при которой работающие находятся в течение рабочей смены на рабочих местах и местах отдыха, не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для соответствующих категорий работ (Приложение 2).

Среднесменная температура воздуха ($t_{с.с.в.}$) определяется по формуле:

$$t_{с.с.в.} = \frac{t_{B1} \cdot \tau_1 + t_{B2} \cdot \tau_2 + \dots + t_{Bn} \cdot \tau_n}{8} \quad (20)$$

где t_{B1}, t_{B2}, t_{Bn} - температура воздуха на соответствующих участках рабочего места, °С;

τ_1, τ_2, τ_n - время (ч) выполнения работы на соответствующих участках рабочего места; 8 - продолжительность рабочей смены (ч).

Для женщин на рабочих местах согласно СанПиН 2.2.0.555-96 «Гигиенические требования к условиям труда женщин» устанавливаются оптимальные или допустимые параметры микроклимата:

- оптимальные должны соответствовать требованиям СанПиН 2.2.4.548-96 применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года;
- диапазон допустимых параметров ниже нижней границы оптимальны к для теплого и холодного периодов года должны соответствовать требованиям СанПиН 2.2.4.548-96;
- верхняя граница допустимой температуры в теплый период года должна соответствовать величинам приведенным в Приложении 5 применительно к продолжительности рабочей смены;
- максимальные величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы согласно СанПиН 2.2.4.548-96 (Приложение 2);
- скорость движения воздуха при t = 25 - 27 °С должны соответствовать СанПиН 2.2.4.548-96.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых до темного свечения поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на рабочих местах в зависимости от площади облучаемой поверхности тела человека не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50 % поверхности тела и более, 70 Вт/м² при величине облучаемой поверхности от 25 до 50 % и 100 Вт/м² - при облучении не более 25 % поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения не должна превышать 140 Вт/м². При этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз. При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать 25 °С; 24 °С; 22 °С; 21 °С и 20 °С соответственно для категорий работ 1а; 1б; 2а; 2б и 3.

При тепловом облучении работающих верхняя граница допустимой температуры не должна превышать значения, указанные в Приложении 6.

5. Оценка показателей микроклимата по температурному индексу

В настоящее время получает распространение более современный способ, позволяющий характеризовать микроклиматические условия рабочего места одним числом - температурным индексом.

СанПиН 2.2.4.548-96 рекомендует сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата оценивать эмпирическим показателем - индекс тепловой нагрузки среды (ТНС - индекс). ТНС - индекс определяется на основе величин температуры смоченного термометра аспирационного психрометра (твл) и температуры внутри зачерненного шара. Температура внутри зачерненного шара измеряется термометром, резервуар которого помещен в центр зачерненного шара диаметром 90 мм. Температура шарового термометра отражает влияние температуры воздуха, температуры поверхностей (радиационная температура) и скорости движения воздуха. ТНС - индекс рассчитывается по формуле:

$$\text{ТНС} = 0,7 \text{ твл} + 0,3 \text{ тш}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (21)$$

где твл - температура влажного термометра, $^\circ\text{C}$;

тш - температура внутри зачерненного термометра, $^\circ\text{C}$.

ТНС индекс рекомендуется использовать для интегральной оценки тепловой нагрузки среды (температура, влажность, скорость движения воздуха и тепловое облучение) на рабочих местах, на которых скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с, а интенсивность теплового облучения - 1200 Вт/м². Рекомендуемые величины ТНС согласно СанПиН 2.2.4.548-96 приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Рекомендуемые величины ТНС-индекса

Категория работ	ТНС-индекс, $^\circ\text{C}$
Ia (< 139 Вт)	22,2-26,4
Iб (140-174 Вт)	21,5-25,8
IIa (175-232 Вт)	20,5-25,1
IIб (233-290 Вт)	19,5-23,9
III (> 290 Вт)	18-21,8

При наличии теплового излучения максимальная величина допустимой температуры воздуха для соответствующей продолжительности пребывания на рабочем месте принимается из Приложения 5 для верхней границы допустимого параметра, уменьшив его на 2,0 $^\circ\text{C}$.

Значения индекса тепловой нагрузки среды (ТНС) не должны выходить за пределы величин, указанных в Приложении 11.

6. Метрологическая оценка показателей микроклимата

6.1 Измерение температуры воздуха

Температуру воздуха согласно СанПиН 2.2.4.548-96 в зависимости от положения оператора следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м от пола или рабочей площадки при работах, выполняемых сидя, и на высоте 0,1 и 1,5 м при работах, выполняемых стоя.

Для измерения температуры воздуха применяют:

- обыкновенные ртутные или спиртовые термометры;
- термографы;
- парные термометры.

Для измерения температуры выше 0 $^\circ\text{C}$ следует пользоваться ртутными термометрами, так как ртуть при нагревании расширяется равномерно. При температуре ниже - 39 $^\circ\text{C}$ ртуть замерзает. Поэтому для измерения низких температур необходимо пользоваться спиртовыми термометрами. Термографы служат для регистрации температуры окружающего воздуха во времени. Чувствительной частью термографов МТ-22Н, М-16с и М-16н является изогнутая биметаллическая пластина, связанная при помощи рычага и стрелки с пером. Запись производится на ленте, опоясывающей барабан, который приводится в движение часовым механизмом. Продолжительность одного оборота барабана в приборе М-16с-24ч, в приборах МТ-22Н и М-16н составляет 176 ч.

Для измерения истинной температуры воздуха в условиях теплового излучения используют парный термометр, состоящий из двух ртутных термометров, поверхность резервуара со ртутью одного из которых зачернена, а другого покрыта слоем серебра. Истинная температура воздуха t_w определяется по формуле:

$$t_w = t_c - K (t_c - t_b), \quad (22)$$

где t_c - показания зачерненного термометра, °С;

t_b - показания посеребренного термометра, °С;

K - константа парного термометра (определяется при изготовлении прибора).

Измерение температуры воздуха в помещении можно производить по сухому термометру аспирационного психрометра.

Температуру поверхностей ограждающих конструкций следует измерять контактными приборами (типа электротермометра) или дистанционными (пирометры и др.).

6.2 Измерение влажности воздуха

Максимальное количество водяных паров, выраженное в граммах, которое может содержаться в 1 кг воздуха в насыщенном состоянии в виде тумана, определяет его максимальную влажность. Максимальная влажность зависит от температуры: чем выше температура воздуха, тем больше может содержаться в нем водяных паров.

Количество водяных паров, в граммах содержащихся в 1 кг воздуха, при определенной температуре, называется абсолютной влажностью воздуха. Абсолютная влажность, выраженная в мм.рт.ст. - упругость водяных паров в воздухе.

При оценке микроклиматических условий в производственных помещениях чаще всего учитывают относительную влажность, т.е. отношение абсолютной влажности к максимальной при данной температуре. Относительная влажность воздуха выражается в процентах.

Относительная влажность воздуха может быть определена с помощью стационарного (Августа) или аспирационного (Ассмана) психрометра типа МВ-4М с механическим приводом или М-34 с электрическим приводом, гигрометров, гигрографов.

Психрометр аспирационный состоит из двух одинаковых ртутных термометров, закрепленных в специальной оправе, имеющей заводной механизм и вентилятор. Вентилятор, помещенный в верхней части корпуса, приводится в движение и просасывает воздух с постоянной скоростью (4 м/с) в районе термометров, чем исключается зависимость показаний от внешнего воздушного потока. Резервуар одного термометра обвязывают тонкой материей (батист) и смачивают водой при помощи пипетки. Вода, испаряясь, охлаждает поверхность термометра, вследствие чего показания влажного термометра всегда ниже показаний сухого. Через 5 минут после запуска вентилятора (не включая его) снимают показания термометров. При работах, выполняемых сидя, относительную влажность измеряют на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки, а при выполнении работ стоя - на высоте 1,5 м.

Абсолютная влажность по показаниям аспирационного психрометра вычисляется по формуле:

$$A = E' - 0,5 \cdot (t_c - t_b) \cdot \frac{B}{755} \quad (23)$$

где A - искомая влажность, мм.рт.ст.;

E' - максимальная упругость водяных паров при температуре влажного термометра, мм.рт.ст. (таблица 5);

0,5 - постоянный психрометрический коэффициент,

t_c - показания сухого термометра, °С;

t_b - показания влажного термометра, °С;

B - барометрическое давление, мм.рт.ст.;

755 - среднее барометрическое давление, мм.рт.ст.

Зная абсолютную влажность A и максимальную влажность определяют относительную влажность φ по формуле:

$$\varphi = \frac{A}{E} \cdot 100\% \quad (24)$$

где E - максимальная упругость водяных паров при температуре сухого термометра, мм.рт.ст. (таблица 5)

Таблица 5 — Упругость водяных паров при разной температуре

Температура, °С	Упругость, мм.рт.ст.	Температура, °С	Упругость, мм.рт.ст.	Температура, °С	Упругость, мм.рт.ст.
10	9,14	18	14,93	26	24,96
11	9,77	19	16,32	27	26,47
12	10,43	20	17,36	28	28,07
13	11,14	21	18,47	29	29,74
14	11,88	22	19,63	30	31,51
15	12,67	23	20,86	31	33,37
16	13,51	24	22,05	32	35,32
17	14,40	25	23,52	33	37,37

Относительная влажность воздуха может быть определена по психрометрическим таблицам для аспирационного психрометра (Приложение 7).

Для прямого определения относительной влажности служат гигрометры и гигрографы.

Принцип действия волосяного гигрометра основан на способности человеческого волоса (благодаря гигроскопичности) удлиняться во влажном воздухе и укорачиваться в сухом воздухе.

Волосяной пирометр МВ-1 представляет собой рамку, на которую вертикально натянут специально обработанный обезжиренный волос, укрепленный одним концом на металлической рамке, а другим - на оси стрелки. Изменение длины волоса под влиянием относительной влажности воздуха передается стрелке прибора, которая перемещается вдоль шкалы и указывает процент относительной влажности воздуха.

Гигрографы используются для регистрации изменений относительной влажности воздуха во времени. Приемной частью гигрографа служит пучок специально обезжиренных волос, укрепленных в рамке прибора. Изменение длины пучка волос под влиянием относительной влажности воздуха передается стрелке с пером, заполненным чернилами, пишущим на специальной ленте. Лента (дишрамма) надевается на барабан, приводимый в движение часовым механизмом. В гигрографе МВ-Н один оборот барабана совершается за 176 ч. Предел измерения относительной влажности от 30 до 100% при температуре от -35° до 45°С. Точность отсчета по прибору составляет 1% относительной влажности.

6.3 Измерение скорости движения воздуха

Измерение скорости движения воздуха производится механическими крыльчатыми (от 0,3 до 5 м/с АСО-3) или чашечными (от 1 до 20 м/с, МС-13) анемометрами, цифровыми переносными анемометрами типа АП-1, а также кататермометрами, термоанемометрами и др. Принцип действия крыльчатого и чашечного анемометров основан на линейной зависимости частоты вращения крыльчатки от скорости движения воздуха. Приборы имеют крыльчатый (чашечный) ветроприемник и счетчик оборотов крыльчатки, кинематически связанный с ветроприемником. Счетный механизм имеет три шкалы: единиц, сотен и тысяч оборотов. Принцип работы прибора основан на регистрации числа оборотов крыльчатки ветроприемника в воздушном потоке за определенный промежуток времени.

Работают с анемометрами следующим образом. Записывают начальные показания счетного механизма. Затем арретиром отключают счетчик от крыльчатки, ориентируют прибор в воздушном потоке так, чтобы ось крыльчатки совпадала с направлением потока. После того как крыльчатка наберет обороты включают счетчик анемометра и секундомер. Через 50... 100 с их останавливают. Записывают конечное показание счетчика. Разность между отсчетами делят на время измерения, выраженное в секундах, и определяют скорость вращения работы счетчика. Затем по градуировочному графику прибора определяют скорость движения воздуха (см. приложение 8, 9). Скорость движения воздуха следует

измерять на высоте 0,1 и 1,0 м при работах, выполняемых сидя, и на высоте 0,1 и 1,5 м при работах, выполняемых стоя.

Анемометр цифровой переносной АН-1 включает в себя первичные измерительные преобразователи АП1-1 и АЛ 1-2, преобразующие энергию воздушного потока во вращение ветроприемника, который вырабатывает электрические импульсы с частотой, пропорциональной скорости воздушного потока. Измерительный прибор выдает цифровую информацию о скорости воздушного потока в м/с. Преобразователь АН 1-1 имеет крыльчатый ветроприемник для измерения скорости в диапазоне 0,3...5,0 м/с, АЛ 1-2 имеет чашечный ветроприемник и регистрирует скорости движения воздуха от 1 до 20 м/с. Питание анемометра осуществляется как <я сети 220 В, так и от источников постоянного тока (восьми батарей напряжением 9,6 В). Порядок работы следующий. Соединяют преобразователь АН-1-2 с цифровым измерительным прибором кабелем через специальный разъем.

Включают измерительный прибор. На цифровом табло начинает мигать индикатор 1-20 с частотой 1 Гц. Проверяют плавность вращения ветроприемника рукой. Через 10 с на табло должно появиться измеренное значение скорости воздушного потока. После того анемометр устанавливают в воздушном потоке осью ветроприемника перпендикулярно к воздушному потоку. Значение скорости воздушного потока индицируется через 10 с в течение 3 с. Первый отсчет показаний анемометра проводят через 30 с. При скорости воздушного потока менее 5 м/с используют преобразователь АН 1-1. Для этого отсоединяют от измерительного прибора преобразователь АН 1-2 и на его место ставят преобразователь АН 1-1. В воздушном потоке его устанавливают осью вращения вдоль потока. При включении измерительного прибора должен мигать индикатор 0,3 5 с частотой 1 Гц. Значение скорости воздушного потока индицируется через 5 с в течение 3 с.

Шаровой кататермометр применяют для измерения малых скоростей воздуха (до 2 м/с). Он представляет собой спиртовой термометр с двумя резервуарами: нижним и верхним. Шкала прибора отградуирована в градусах от 33 до 40°С. Принцип работы его основан на зависимости скорости охлаждения предварительно подогретого спирта в кататермометре от скорости воздушного потока, обдуваемого резервуар термометра. Перед измерением скорости воздушного потока кататермометр погружают в горячую воду (60...70 °С) и выдерживают его до тех пор, пока спирт не заполнит примерно 1/2... 1/3 верхнего резервуара. При этом следят за тем, чтобы в капиллярной трубке не оставалось пузырьков воздуха. Затем кататермометр насухо вытирают и подвешивают на штативе или держат рукой в исследуемом месте. Определяют время его охлаждения от 38 до 35 °С. В начале и конце опыта измеряют термометром температуру воздуха. Вычисляют вспомогательный параметр:

$$Q = 36,5 - \frac{(t_1 + t_2)}{2}, \quad (25)$$

где t_1 и t_2 температура воздуха в начале и конце измерения, т.е. при 38 и 35°С.

Определяют теплоотдачу кататермометра

$$H = \frac{F}{\tau}, \text{ мкал}/(\text{см}^2 \text{ с}) \quad (26)$$

где F - фактор кататермометра (на приборе), показывающий потери теплоты с каждого квадратного сантиметра поверхности шарового резервуара при его охлаждении с 38 до 35 °С, мкал/см²;

τ - время охлаждения кататермометра с 38 до 35 °С, с.

Находят отношение H/Q и с помощью таблицы приложение 10 определяют скорость движения воздуха или расчетным путем из выражения:

$$V = 6,25 \cdot \left[\frac{F}{\tau(36,5 - t)} - 0,2 \right], \text{ м/с} \quad (27)$$

где t - температура воздуха в помещении. °С. Определяется по сухому термометру аспирационного психрометра Ассмана.

Термоанемометры применяют для определения скоростей движения воздуха от 0.1 до 5 м/с и его температуры от 10 до 60 °С. Принцип работы прибора основан на охлаждении

потоком воздуха полупроводникового микротермосопротивления.

6.4 Измерение интенсивности теплового излучения

Интенсивность теплового излучения измеряют актинометрами, болометрами. Принцип измерения актинометром основан на том, что в термопарах, соединенных в виде батареи и окрашенных в черный и белый цвета (пластинки располагаются под крышкой прибора с задней стороны) возникает электрический ток вследствие того, что черные пластинки поглощают больше лучистой энергии и прогреваются до более высокой температуры, а белые - больше отражают.

При измерении необходимо откинуть крышку, поднести прибор к источнику излучения (той стороной, где располагается термобатарея) и по шкале определить интенсивность теплового излучения (облучения).

Интенсивность теплового облучения необходимо определять в направлении максимума излучения от каждого источника, располагая приемник прибора перпендикулярно к падающему потоку на высоте 0,5; 1,0; 1,5 м от пола или рабочей площадки.

Температуру поверхностей ограждающих конструкций, стен, пола, потолка, экранов, наружных поверхностей технологического оборудования или его ограждающих устройств следует измерять, если рабочие места удалены от них на расстоянии не более 2 м. Диапазон измерений и допустимые отклонения приборов приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Требования к измерительным приборам

Показатель	Диапазон измерения	Предельные отклонения
Температура воздуха по термометру, °С: Сухому Влажному	-30... +50 0...50	±0.2 ±0.2
Температура поверхности, °С	0...50	±0,5
Относительная влажность воздуха, %	10. .90	±5,0
Скорость движения воздуха, м/с	0...0.5	± 0.05
Интенсивность теплового облучения, Вт/м ²	> 0,5 10... 350 > 350	±0,1 ±5,0 ±50

7. Требования к методам измерения и измерительным приборам

Измерения показателей микроклимата в целях контроля их соответствия гигиеническим требованиям (СанПиН 2.2.4.548-96) должны производиться в холодный и теплый периоды года в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней температуры соответственно наиболее холодного месяца зимы и максимальной температуры наиболее жаркого месяца не более чем на 5 °С. Показатели микроклимата необходимо измерять не менее 3 раз в смену (в начале, середине и в конце). При колебаниях показателей микроклимата, связанных с технологическими и другими причинами, надо проводить дополнительные измерения при наибольших и наименьших величинах термических нагрузок на работающих. Измерения следует проводить на рабочих местах. Если рабочим местом являются несколько участков производственного помещения, то измерения осуществляются на каждом из них. Измерения проводят как на постоянных, так и непостоянных рабочих местах в точках минимально и максимально удаленных от источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыведения (нагретых агрегатов, окон, дверных проемов, ворот, открытых ванн и т.п.)-

В помещениях с большой плотностью рабочих мест при отсутствии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыведения температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха измеряют равномерно по

всему помещению. При площади помещения до 100 м², число участков измерения равно 4; от 101 до 400 м² - 8, свыше 400 м² - число участков определяется расстоянием между ними, которое не должно превышать 10 м.

При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха необходимо измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность - 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.

8. Порядок выполнения работы

Выполняемая работа состоит из двух частей - расчетной и экспериментальной.

8.1 Выбор варианта задания

Выбор студентом варианта задания производится по последней цифре зачетной книжки или выдается преподавателем индивидуально (таблица 7).

Таблица 7 - Выбор варианта задания

Исходные Данные	Помер последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пол работающего	М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	М	Ж	М
Энергозатраты, Вт	130	176	250	150	186	180	280	240	90	300
Среднесуточная температура наружного воздуха, °С	-4	+6	+16	+15	-8	+15	+6	-10	+12	+5
Температура поверхностей, °С	23	22	27	25	20	27	15	20	25	15
Продолжительность пребывания на рабочем месте, ч	8	8	8	7	8	7	8	8	6	8
Площадь облучаемой поверхности тела человека, %	25	20	15	55	30	30	15	25	50	35
Расстояние воздухораспределительных устройств до рабочего места, м	4,5	4,3	3,2	2,5	4,2	4,7	5,5	3,6	4,4	2,8

Температуру окружающей среды (t_{oc}) принять как среднюю при комфортных условиях.

Поверхность тела раздетого человека при расчетах принять $S_{э} - 1,8 \text{ м}^2$. Положение оператора - стоя.

Температуру наружной стороны пакета принять на 2°С выше температуры поверхностей.

Площадь поверхности тела человека, соприкасающегося с твердым предметом принять 3% от площади поверхности тела.

Толщину пакета материалов одежды принять $\delta_{од} = 5-7 \text{ мм}$.

8.2 Расчетная часть

Расчетная часть состоит в том, что студент используя методы расчета теплоотдачи человека в окружающую среду путем излучения конвекции, теплопроводности и теплообмена, изложенные в теоретической части (раздел 2) количественно оценивает величину явного и скрытого (испарение) теплообмена. Для расчета теплообмена организма человека с окружающей средой использовать формулы (1, 2, 7, 8, 12, 13, 17, 18) и таблицу 7. Температуру окружающей среды принять на 2 - 3 °С выше температуры поверхностей.

В результате выполнения расчетной части необходимо определить численные показатели составляющих уравнения теплового баланса, суммарную величину теплообмена и долю каждой составляющей (процент) по отношению к общей величине теплотерь. Результаты расчетов оформить в виде таблицы 8. При расчетах

$\Sigma Q_{\text{тп}}$ принять та 100%.

Таблица 8 - Составляющие уравнения теплового баланса и их доля в общей величине теплотерьер*

$Q_{\text{из}}, \%$	$Q_{\text{к}}, \%$	$Q_{\text{т}}, \%$	$Q_{\text{н.дых}}, \%$	$Q_{\text{исп.диф}}, \%$	$Q_{\text{исп.п}}, \%$	$Q_{\text{исп.дых}}, \%$	$\Sigma Q_{\text{тп}}$	Категория работ (энергзатраты)

* Примечание: Числитель - численные значения составляющих, Вт.

Знаменатель - доля каждой составляющей в общей величине теплотерьер, %.

8.3 Экспериментальная часть

Экспериментальная часть заключается в практическом определении в учебных аудиториях с использованием приборного оборудования действительных параметров микроклимата и оценки полученных значений требованиям нормативных документов (ГОСТ, СанПиН).

Измерение температуры воздуха. В двух точках рабочей зоны помещения на уровне 0,1 и 1,5 м от пола произвести замеры температуры воздуха термометром. Измеренные абсолютные значения температуры воздуха сравнить с допустимыми по нормам (Приложение 2). Перепад температур по высоте должен быть не более 3 °С. Сделать заключение о соответствии или отклонении температурных параметров от норм в зависимости от категории работ по уровню энергзатрат и периода времени года, используя данные задания. Измерения температуры можно производить по сухому термометру психрометра.

При расчете составляющих теплообмена человека использовать среднее значение температурного параметра.

Определение относительной влажности воздуха. Относительную влажность воздуха измеряют аспирационными психрометрами с механическим или электрическим приводом вентилятора. Для этого необходимо: с помощью пипетки увлажнить материю на влажном термометре, привести в движение вентилятор путем механического завода или включения в электрическую сеть напряжением 220В, поместить психрометр в зону измерения на высоту 1,5 м от уровня пола. Через 5 мин снять показания термометров и определить относительную влажность по формуле (23) и (24) и психрометрической таблице (Приложение 7).

Рассчитав величину абсолютной и относительной влажности по показаниям приборов и определив величину относительной влажности по психрометрической таблице, результаты записать в протокол 1. Подсчитать результаты несовпадения вычисленных и определенных по таблице значений влажности. Процент расхождения не должен превышать $\pm 5 \%$. Результаты сравнить с нормами СанПиН (приложение 1, 2) и сделать заключение о соответствии или отклонении от норм.

Протокол 1 - Определение относительной влажности воздуха аспирационным психрометром

№ замеров	Место замера	Показания сухого термометра, °С	Показания влажного термометра, °С	Относительная влажность (по таблице), %	Относительная влажность (по формуле), %	Результат несовпадения, %	Относительная влажность, % по СанПиН

Измерение скорости движения воздуха.

а) Измерение скорости движения воздуха механическими анемометрами производится следующим образом: по шкале счетчика взять начальный отсчет и записать его в протокол. Установить анемометр в месте замера (0,1 и 1,5 м при работах, выполняемых стоя) и через 10 - 15 с, когда крыльчатка или чашечки начнут вращаться с постоянной скоростью, включить одновременно анемометр и

Протокол 3 - Определение скорости движения воздуха кататермометром

Фактор F - (по паспорту)

№ замеров	Место замера	Температура воздуха, °С		Время охлаждения, т, с	Параметр Q, °С	Величина охлаждения, Н, мкал/см ² с	Скорость движения воздуха, м/с	Скорость движения воздуха, м/с (по СанПиН)
		В начале измерения	В конце измерения					

- При обнаружении неполадок выключить прибор и сообщить об этом преподавателю или лаборанту.
- После окончания выполнения лабораторной работы отключить приборы от сети и навести порядок на рабочем месте.

10. Требования к отчету

Отчет оформляется на стандартных листах бумаги с указанием на титульном листе наименования работы, шифра группы, Ф.И.О студента и преподавателя.

В отчете по лабораторной работе студент должен указать цель работы, номер варианта задания, дать краткое описание применяемых приборов и методики проведения работы, привести инженерные расчеты, сравнить полученные параметры воздуха с оптимальными и допустимыми их значениями по СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и СанПиН 2.2.0.555-96 «Гигиенические требования к условиям труда женщин» и по необходимости указать мероприятия по оздоровлению воздушной среды.

Результаты работы оформить в виде расчетов, таблицы 8 протоколов 1, 2, 3, сводной таблицы - протокола 4 и графика зависимости скорости движения воздуха от расстояния до вентилятора. По графику определить соответствует ли скорость движения воздуха на рабочем месте санитарным нормам, исходя из условий задания (таблица 7).

Протокол 4

Период года	Категория работ	Экспериментальные данные					
		Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность воздуха, %	Температура поверхностей, °С	Тепловое облучение (излучение), Вт/м ²	ТНС-индекс, °С

Продолжение протокола 4

Санитарные нормы					
Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность воздуха, %	Температура по-верхностей, °С	Тепловое облучение (излучение), Вт/м ²	ТНС – индекс, °С

11. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие факторы входят в понятие микроклиматических условий производственной среды?
2. Какими путями осуществляется теплообмен человека с окружающей средой?
3. Назовите механизмы терморегуляции организма человека. В чем они проявляются?
4. Приведите в общем виде выражение уравнения теплового баланса. Каким законам подчиняются составляющие явной теплоотдачи?
5. Как влияют параметры производственного микроклимата на теплообмен человека с окружающей средой?
6. Принцип категорирования работ по тяжести. Какие работы относятся к категориям легких, средней тяжести и тяжелым.
7. Периоды года. Критерий для определения периода года.
8. Что такое рабочая зона?
9. Что такое оптимальные и допустимые параметры микроклимата?
10. Объясните принцип нормирования параметров микроклимата.
11. Назовите приборы для измерения параметров микроклимата.
12. Объясните порядок определения относительной влажности при помощи приборов.
13. Как определяется скорость движения воздуха в помещениях?
14. Какие приборы используются для определения скорости движения воздуха?
15. Что такое ТНС - индекс?
16. С какой целью применяется ТНС - индекс и как он определяется?
17. Назовите нормы теплового облучения тела человека. В зависимости от чего они нормируются?
18. Какими приборами измеряется интенсивность теплового облучения и принцип их действия.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: Стройиздат, 1988. - 75 с.
2. СанПиН 2.2.0.555-96 Гигиенические требования к условиям труда женщин. - М.: Минздрав России, 1997. - 36 с.
3. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. - М.: Минздрав России, 1997. - 20 с.
4. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. Под общ. ред. СВ. Белова. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1999. - 448 с.
5. Метрологическое обеспечение безопасности труда: В 2-х т. /Под ред. И.Х. Солягина Т. 1 Измеряемые параметры физических опасных и вредных производственных факторов. - М.: Изд-во стандартов, 1988. -240 с.

Оптимальные параметры микроклимата (СанПиН 2.2.4.548-96)

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

Допустимые параметры микроклимата (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Ниже оптимальных	Выше оптимальных			Ниже оптимальных	Выше оптимальных
Холодный	1а	20,0-21,9	24,1-25,0	19-26	15-75	0,1	0,1
	1б	19,0-20,9	23,1-24,0	18-25		0,1	0,2
	IIа	17,0-18,9	21,1-23	16-24		0,1	0,3
	IIб	15,0-16,9	19,1-22	14-23		0,2	0,4
	III	13,0-15,9	18,1-21	12-22		0,2	0,4
Теплый	1а	21,0-21,9	25,1-28	20-29	15-75	0,1	0,2
	1б	20,0-21,9	24,1-28	19-29		0,1	0,3
	IIа	18-19,9	22,1-27	17-28		0,1	0,4
	IIб	16-18,9	21,1-27	15-28		0,2	0,5
	III	15-17,9	20,1-26	14-27		0,2	0,5

Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более при категории работ, ч		
	1 а - 1 б	II а - II б	III
32,5	1	-	-
32	2	-	-
31,5	2,5	1	-
31	3	2	-
30,5	4	2,5	1
30	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28	8	6	5
27,5	-	7	5,5
27	-	8	6
26,5	-	-	7
26	-	-	8

Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха ниже допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более при категории работ, ч				
	1а	1б	IIа	II б	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	-	-	-	-

Допустимая температура воздуха на рабочем месте в зависимости от продолжительности непрерывного пребывания

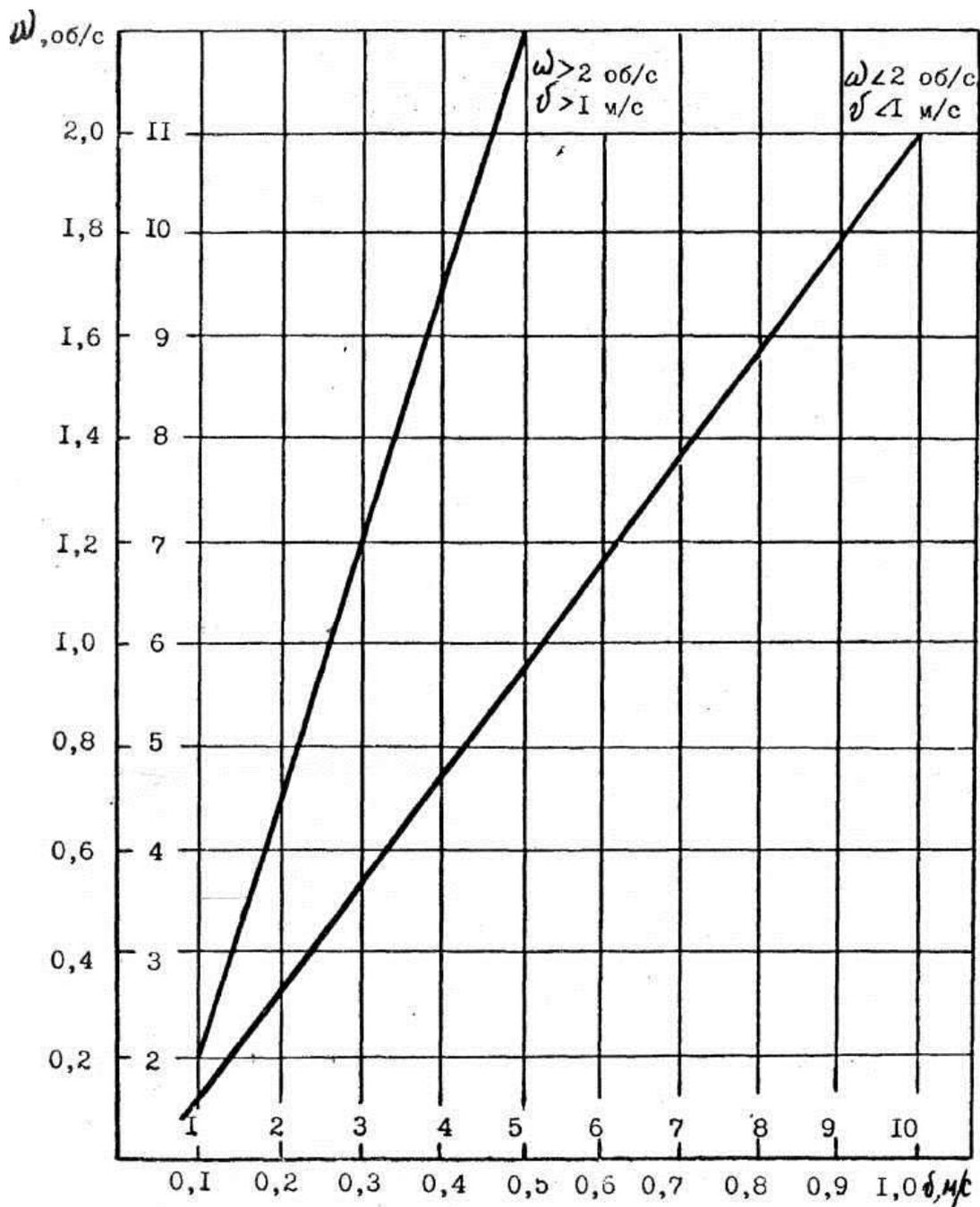
Категория работ, (Вт/м ²)	Продолжительность пребывания, ч							
	Допустимая температура, °С (верхняя граница в теплый период)							
	8	7	6	5	4	3	2	1
1а-1б (до 91)	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5
IIа - IIб (до 100)	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5
III (до 193)	25	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5

Допустимая температура воздуха (верхняя граница) на рабочем месте при тепловом облучении, °С

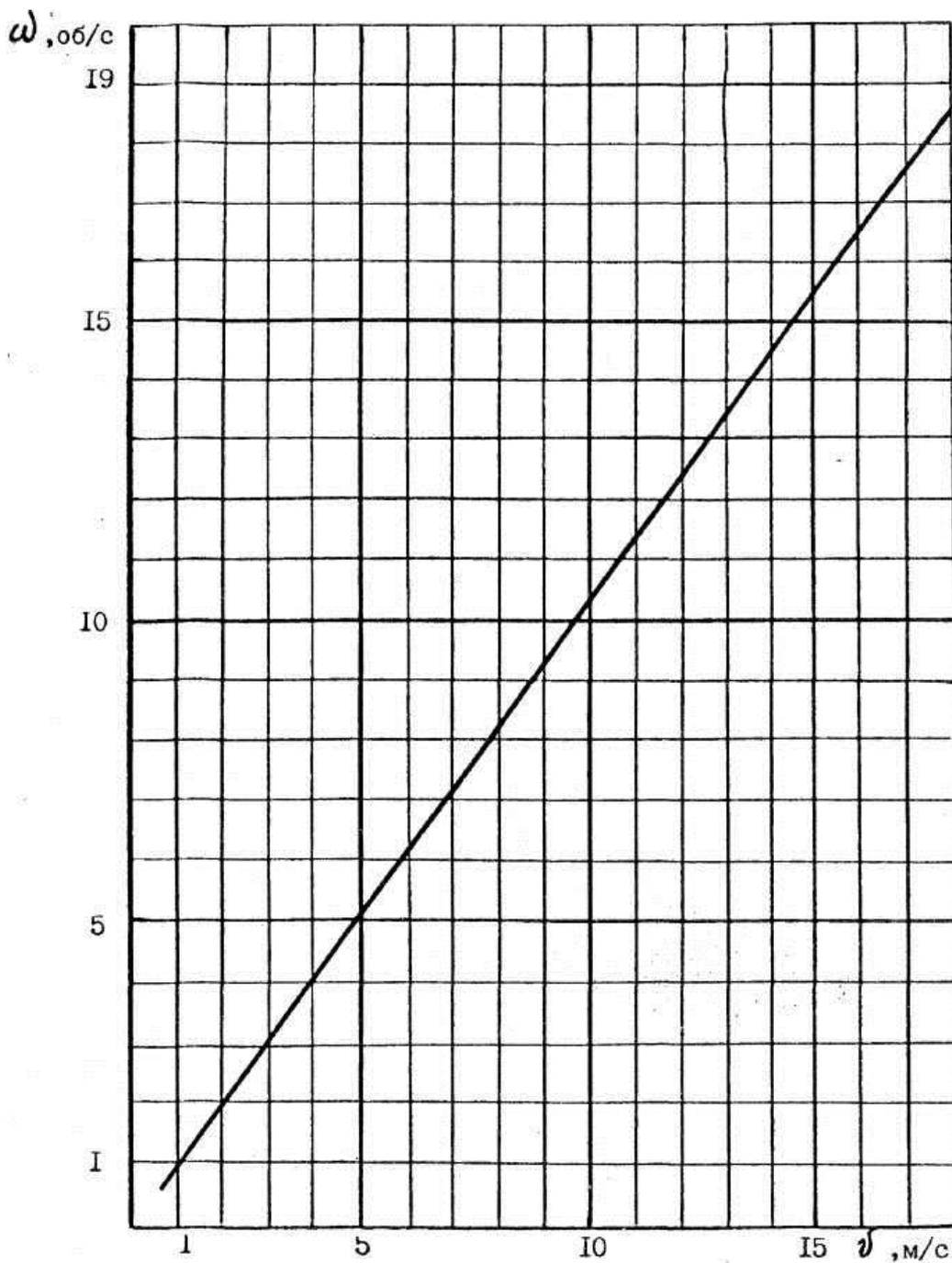
Категория работ	Период года	
	Теплый	Холодный
1а	25	23
1б	25	22
IIа	24	21
IIб	24	20
III	23	19

Психрометрическая таблица для температур от 10° до +23° по влажному термометру

Показания влажного термометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометра, °С																				
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41	38	34	31	28	26	23	21	19
11	100	94	88	82	77	72	67	62	58	55	50	47	43	40	36	33	30	28	25	23	20
12	100	94	88	82	78	73	68	63	59	56	52	48	44	42	38	35	32	30	27	25	22
13	100	94	88	83	78	73	69	64	61	57	53	50	46	43	40	37	34	32	29	27	24
14	100	94	89	83	79	74	70	66	62	58	54	51	47	45	41	39	36	34	31	20	26
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43	41	37	35	33	31	28
16	100	95	90	84	80	75	72	67	64	60	57	53	50	48	44	42	39	37	34	32	30
17	100	95	90	84	81	76	73	68	65	61	58	54	52	49	46	44	40	39	36	34	31
18	100	95	90	85	82	76	74	69	66	62	59	56	53	50	47	45	42	40	37	35	33
19	100	95	91	85	82	77	74	70	66	63	60	57	54	51	48	46	43	41	39	37	34
20	100	95	91	86	82	78	75	71	67	64	61	58	55	53	48	47	44	43	40	38	36
21	100	95	91	86	83	79	75	71	68	65	62	59	56	54	51	49	46	44	41	39	37
22	100	95	91	87	83	79	75	72	69	65	63	60	57	55	52	50	47	45	42	40	38
23	100	96	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46	43	41	39
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59	56	53	52	49	47	44	42	40
25	100	96	92	88	84	81	77	74	70	68	65	63	59	58	54	52	50	47	46	44	42



Тарировочный график для крыльчатого анемометра.



Тарировочный график для чашечного анемометра.

Скорость движения воздуха по шаровому кататермометру, м/с

H/Q	V	H/Q	V	H/Q	V	H/Q	V
0.33	0.048	0.4	0.16	0.5	0.44	0.6	1
0.34	0.062	0.41	0.18	0.51	0.48	0.61	1.03
0.35	0.077	0.42	0.2	0.52	0.52	0.62	1.07
0.36	0.09	0.43	0.22	0.53	0.57	0.63	1.11
0.37	0.11	0.44	0.25	0.54	0.62	0.64	1.15
0.38	0.12	0.45	0.27	0.55	0.68	0.65	1.19
0.39	0.14	0.46	0.30	0.56	0.73	0.66	1.22
		0.47	0.33	0.57	0.8	0.67	1.27
		0.48	0.36	0.58	0.88	0.68	1.31
		0.49	0.4	0.59	0.97	0.69	1.35

Приложение 11

Допустимые величины ТНС - индекса с учетом продолжительности воздействия среды (в часах), верхняя граница

Категория работ (энергозатраты, Вт/м2)	Величины ТНС - индекса, °С, на период, час							
	8	7	6	5	4	3	2	1
Ia (до 77)	22,7-24,5	24,9	25,3	25,8	26,6	27,2	28,2	29,5
Iб (78-97)	21,9-23,5	24,2	24,6	25,1	25,8	26,4	27,4	28,6
IIa (98-129)	21,2-22,6	23,1	23,5	24	24,6	25,2	26,2	27,4
IIб (130-160)	20-21,5	22	22,4	22,9	23,4	24,0	24,9	26,9
III (161-193)	18,8-20,4	20,9	21,3	21,7	22,2	22,7	23,6	25