Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет»

Кафедра безопасности жизнедеятельности

В. М. Воронова, Л. Г. Проскурина

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Рекомендовано Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по всем направлениям подготовки.

Оренбург
2012

УДК 613.6 (076)
ББК 51.244.33я7
В75

Рецензент – доктор биологических наук, профессор И. В. Ефремов

**Воронова, В. М.**
В75 Исследование метеорологических условий в производственных помещениях : методические указания к лабораторной работе / В. М. Воронова, Л. Г. Проскурина; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2012. – 40 с.

Основное содержание: основные принципы нормирования метеорологических условий в производственных помещениях, методика определения параметров микроклимата на рабочем месте. Дается описание используемых приборов и порядок проведения работы.

Методические указания к лабораторной работе предназначены для студентов всех форм обучения по всем направлениям подготовки, изучающих курс «Безопасность жизнедеятельности».

УДК 613.6 (076)
ББК 51.244.33я7

© Воронова В. М.;
Проскурина Л. Г. , 2012
© ОГУ, 2012

# Содержание

1 Цель работы……. 5
2 Теоретическая часть…….. 5
2.1 Основные показатели микроклимата…… 5
2.2 Теплообмен в организме человека и причины его нарушения….. 7
2.3 Гигиеническое нормирование производственного микроклимата 9
2.4 Оценка показателей микроклимата по эффективно-эквивалентной температуре……. 11
2.5 Мероприятия по нормализации параметров микроклимата……. 13
3 Методика измерений и применяемые приборы…….. 13
3.1 Измерение атмосферного давления……. 13
3.2 Определение температуры и относительной влажности……. 15
3.3 Определение скорости движения воздуха…… 19
3.4 Определение эффективно-эквивалентной температуры……. 25
4 Задание …….……. 26
5 Вопросы для самоконтроля…….. 27
Список использованных источников…….. 28
Приложение А Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений…… 29
Приложение Б Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений…… 30
Приложение В Характеристика отдельных категорий работ…… 31
Приложение Г Номограмма для определения зоны комфорта и эффективно-эквивалентных температур…… 32
Приложение Д График для вычисления относительной влажности по аспирационному психрометру……..……. 33
Приложение Е Таблица для вычисления относительной влажности по аспирационному психрометру…….. 34

Приложение Ж Упругость насыщенных водяных паров в зависимости от температуры воздуха …….. 35
Приложение И Тарировочные графики для определения скорости движения воздуха…….. 36
Приложение К Таблица для вычисления скорости движения воздуха по показаниям шарового кататермометра…… 37
Приложение Л Отчет …… 38

# 1 Цель работы:

- изучить влияние параметров микроклимата помещений на организм человека и основные принципы нормирования метеорологических условий в производственных помещениях;

- научиться экспериментально определять параметры микроклимата на рабочих местах, оценивать соответствие полученных результатов действующим санитарным правилам и нормам;

- давать рекомендации по нормализации параметров микроклимата.

# 2 Теоретическая часть

## 2.1 Основные показатели микроклимата

Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда в сфере производства является обеспечение нормальных микроклиматических условий.

Температура воздуха является одним из основных параметров, определяющих метеорологические условия производственной среды, влияющих на тепловое состояние организма и определяющих самочувствие, работоспособность и состояние здоровья работающих. Температура измеряется в градусах Цельсия (°С).

Скорость движения – вектор усредненной скорости перемещения воздушных потоков (струй) под действием различных побуждающих сил. Скорость движения воздуха измеряется в метрах в секунду (м/с).

Влажность воздуха определяется содержанием в нем водяных паров. Для характеристики содержания влаги в воздухе используют понятия – абсолютная, максимальная и относительная влажность.

Абсолютной влажностью воздуха $R_{АБС}$, гПа называется упругость (или парциальное давление) водяных паров, находящихся в момент исследования в воздухе

$$\mathrm{R}_{АБС} = R_{ВЛ} - A(t_{СУХ} - t_{ВЛ})P, \qquad (1)$$

где $R_{ВЛ}$ - упругость насыщенных водяных паров при температуре «влажного» термометра, гПа;

$A$ - психрометрическая постоянная – коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха;

$t_{СУХ}$ - показатель «сухого» термометра (температура воздуха), °С;

$t_{ВЛ}$ - показатель «влажного» термометра, °С;

$P$ - атмосферное давление в момент измерения влажности, гПа.

Либо абсолютная влажность может характеризоваться как количество водяных паров в граммах, содержащегося в одном кубическом метре воздуха.

Парциальное давление – давление газа, входящего в состав идеальной газовой смеси, которое он оказывал бы, если бы один занимал весь объем смеси, находясь при температуре смеси.

Максимальная влажность $R_{МАК}$ - это упругость водяных паров, максимально возможная при температуре «сухого» термометра или плотность водяных паров, способных насытить единицу объема воздуха при данных условиях

Относительная влажность воздуха $W$ процентное отношение абсолютной влажности и максимальной.

Влажность воздуха в рабочей зоне выражается в величинах относительной влажности, поскольку она показывает степень насыщения воздуха парами влаги.

Перечисленные факторы определяют погоду (на открытом воздухе) или микроклимат на рабочих местах в производственных помещениях. На формирование производственного микроклимата, отличающегося большой динамичностью влияют технологический процесс, вид используемого оборудования, климатический пояс, сезон года, условия отопления и вентиляции.

Ряд производственных процессов сопровождается повышенной температурой воздуха, другие процессы создают условия высокой влажности. Некоторые виды работ выполняются при низкой температуре воздуха или вызывают сильные конвекционные потоки воздуха в рабочей зоне.

Задачей организаторов производства является создание климатических условий, обеспечивающих оптимальную работоспособность людей, сохранение их здоровья, предупреждение профессиональных (простудных) заболеваний.

## 2.2 Теплообмен в организме человека и причины его нарушения

Все метеорологические явления в совокупности образующие то, что мы называем погодой или микроклиматом, оцениваются нами прежде всего по тому: холодно или жарко, сухо или влажно, ветрено или тихо, - так как все погодные факторы влияют на теплоощущение человека и определяют его баланс с окружающей средой.

Теплоощущение человека зависит от теплообмена с окружающей средой и терморегуляцией человека.

Система терморегуляции, связанная с подсознательной деятельностью нервных центров – одна из важнейших для организма. Ее назначение – поддерживать постоянную температуру тела (для человека от 36,6 °С до 36,8 °С) независимо от температуры окружающей среды.

Постоянство температуры тела в обычных условиях объясняется равновесием между расходом тепла в окружающую среду (теплоотдачей) и теплом, образующимся внутри организма (теплообразованием или теплопродукцией). Образование тепла в организме человека происходит за счет усвоения продуктов питания, в результате работы мышц, окислительных и других сложных процессов, непрерывно совершающихся в клетках, тканях и органах человеческого тела.

Суммарное количество тепла, образующегося в теле взрослого человека за сутки, составляет обычно от 2900 до 4060 Вт; 81 Вт во время сна, 93 Вт при бодрствовании в покое, во время физической работы от 290 до 464 Вт и даже больше в зависимости от степени ее напряженности.

Тепло в организме человека расходуется на нагрев вдыхаемого воздуха и принимаемой пищи и воды (от 5 % до 10 %). Остальная часть тепла (от 90 % до

95 %) рассеивается в окружающее пространство через кожу: излучением (лучеиспусканием), конвекцией и испарением пота и влаги с поверхности кожи и легких.

Каждый из видов теплообмена зависит от основных параметров микроклимата: температуры воздуха, относительной влажности и скорости движения воздуха.

Для сохранения постоянной температуры тела организм должен находиться в термостабильном состоянии, которое оценивается по состоянию теплого баланса.

Уравнении теплового баланса «человек - окружающая среда» впервые было предложении профессором И. И. Флавицким в 1884 г.

$$Q_{ч} = Q_{из} + Q_{к} + Q_{ис} + Q_{вд}, \qquad (2)$$

где $Q_{ч}$ - тепло, выделяемое человеком, Вт;

$Q_{из}$ - теплоотдача излучением на окружающие поверхности, Вт;

$Q_{к}$ - теплоотдача конвекцией, Вт;

$Q_{ис}$ - теплоотдача испарением влаги (пота) с поверхности кожи, Вт;

$Q_{вд}$ - теплоотдача вследствие нагревания вдыхаемого воздуха, Вт.

Тепловой баланс достигается координацией процессов теплопродукции и теплоотдачи. Он осуществляется аппаратом физиологической терморегуляции, а также путем приспособительных действий человека («поведенческая терморегуляция»), направленных на создание соответствующего микроклимата в помещении, использование адекватной условиям жизнедеятельности человека одежды, регламентацию времени воздействия внешней термической нагрузки.

Нарушение теплового баланса может привести к перегреву или переохлаждению и, как следствие, к потере трудоспособности.

Микроклимат по степени его влияния на тепловой баланс подразделяется на нейтральный, нагревающий и охлаждающий. По степени микроклиматические условия делятся на оптимальные, допустимые и вредные.

Правильная терморегуляция в организме может осуществляться только пр оптимальном состоянии внешней среды, т. е. при определенных сочетаниях температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплого баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

## 2.3 Гигиеническое нормирование производственного микроклимата

В отечественных нормативных документах [1,2] приведены понятия оптимальных и допустимых параметров микроклимата. 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 быстронормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящих за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться ухудшение самочувствия и снижение работоспособности.

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

В ГОСТ 12.1.005 - 88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» представлены оптимальные и допустимые параметры микроклимата в производственном помещении в зависимости от тяжести выполняемых работ и сезона (времени года) (приложения А, Б). В соответствии с этими нормами различают холодный или переходный периоды (со среднесуточной температурой наружного воздуха ниже + 10 °С ), а также теплый период года (с температурой +10 °С и выше). Период года учитывает теплоизоляционные характеристики одежды и акклиматизацию организма в разное время года.

Все категории выполняемых работ подразделяются на легкие, средней тяжести и тяжелые. Категорию работ устанавливают на основе общих энергозатрат организма (приложение В).

В качестве примера определим оптимальные и допустимые параметры микроклимата на постоянных рабочих местах, исходя из следующих показателей: категория работ - тяжелая, период года – холодный.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 (приложения А, Б) находим следующие параметры микроклимата:

- температура воздуха: оптимальная – от 16 °С, до 18 °С, допустимая - от 13 °С, до 21 °С;

- относительная влажность воздуха: оптимальная – от 40 % до 60 % , допустимая – от 15 % до 75 %;

- скорость движения воздуха: оптимальная – не более 0,3 м/с, допустимая – не более 0,4 м/с.

В нормах учтено, что терморегуляция организма зависит не только от внешних условий, но и от величины теплопродукции, изменяющейся в зависимости от тяжести труда.

Из приведенных в приложениях А и Б данных видно, что для одного и того же периода года при переходе от I к III категории температуры воздуха снижаются, а скорость движения воздуха увеличивается. Это связано с необходимостью поглощения большого количества тепла, выделяемого организмом человека при тяжелой физической работе.

Для одной и той же категории работ, в теплый период года температуры воздуха несколько выше, чем при холодном, что объясняется уменьшением термического сопротивления одежды.

## 2.4 Оценка показателей микроклимата по эффективно-эквивалентной температуре

Иногда, оценку микроклиматических параметров проводят по комплексному показателю, а именно по «эффективно- эквивалентной температуре», определяющей суммарное воздействие на человека температуры, влажности и скорости движения воздуха.

Эффективной температурой называется температура, которая ощущается человеком при определенной относительной влажности воздуха и отсутствии его движения в помещении.

Эффективно-эквивалентной температурой (ЭЭТ) называется температура, которая ощущается человеком при определенной относительной влажности воздуха и движении его с различной скоростью в помещении.

Эффективно-эквивалентная температура определяет тепловое ощущение человека и в то же время является функцией величин, характеризующих состояние среды.

Эффективно-эквивалентная температура – это условная единица оценки параметров микроклимата, которая дает возможность характеризовать любое сочетание температуры, влажности и скорости движения воздуха в помещении одним числом (комплексным показателем).

Установлено, что хорошее самочувствие – ощущение комфорта – наблюдается при эффективных температурах от 17 °С до 22 °С. Эта область эффективных температур называется «зоной комфорта». Градусы эффективной температуры не определяют физического состояния, они выражают лишь действие, которое данные метеорологические условия оказывают на организм.

В приложении Г приведена номограмма, на которой нанесена «зона комфорта» или «зона хорошего самочувствия» и по которой может быть определена эффективная и эффективно-эквивалентная температура.

С помощью номограммы можно определить предельные значения факторов метеорологических условий, соответствующих наиболее благоприятным условиям воздушной среды (зоне хорошего самочувствия).

Как можно видеть из номограммы, одному и тому же значению эффективно-эквивалентной температуре может соответствовать огромное количество (теоретически – бесконечно большое) число комбинаций (сочетаний) температуры, влажности и скорости движения воздуха, определяющих микроклимат помещения.

Так, человек воспринимает как одинаковые воздушные среды, имеющие соответственно: $t_1$ = 21 °С, $W_1$ = 75 %, $v_1$= 0,7 м/с и $t_2$ = 23 °С, $W_2$= 36 %, $v_2$= 1 м/с. При этом действие метеоусловий с приведенными параметрами определяется как 18,5 °С эффективно-эквивалентной температуры и 20 °С эффективной температуры.

Напротив, одному конкретному сочетанию этих параметров соответствует только одно вполне конкретное значение ЭЭТ.

Номограмма позволяет не только оценить воздействие метеорологических условий на организм человека конкретной производственной среды, но и определить способы их рационального применения.

Этот метод оценки относителен и имеет ограниченное применение.

### 2.5 Мероприятия по нормализации параметров микроклимата

Поскольку микроклиматические условия играют исключительно важную роль в тепловом самочувствии человека, используется комплекс методов и средств для нормализации микроклимата. Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяют следующие основные мероприятия: механизацию и автоматизацию технологических процессов, защиту от источников теплового излучения, устройство системы вентиляции, кондиционирования воздуха и отопления.

Кроме того, важное значение имеет правильная организация труда и отдыха работников, выполняющих трудоемкие работы и работы в горячих цехах. Для этих категорий работников устанавливают специальные места отдыха в помещениях с нормальной температурой, оснащенных системой вентиляции и снабжения питьевой водой.

## 3 Методика измерений и применяемые приборы

Для экспериментального исследования метеорологических характеристик при выполнении лабораторной работы применяется комплекс приборов для измерения температуры, относительной влажности, подвижности воздуха и атмосферного давления.

### 3.1 Измерение атмосферного давления

Величина атмосферного давления не входит в число параметров, нормируемых санитарными правилами и нормами [1,2]. Однако, его численное значение необходимо знать для точного расчета относительной влажности воздуха. Поэтому при исследовании метеорологических условий обычно оно также определяется экспериментально.

Для измерения атмосферного давления в практике используют металлический барометр, называемый анероидом (анероид в переводе с греческого - безжидкостный, так как он не содержит ртути). Внешний вид анероида изображен на рисунке 1.

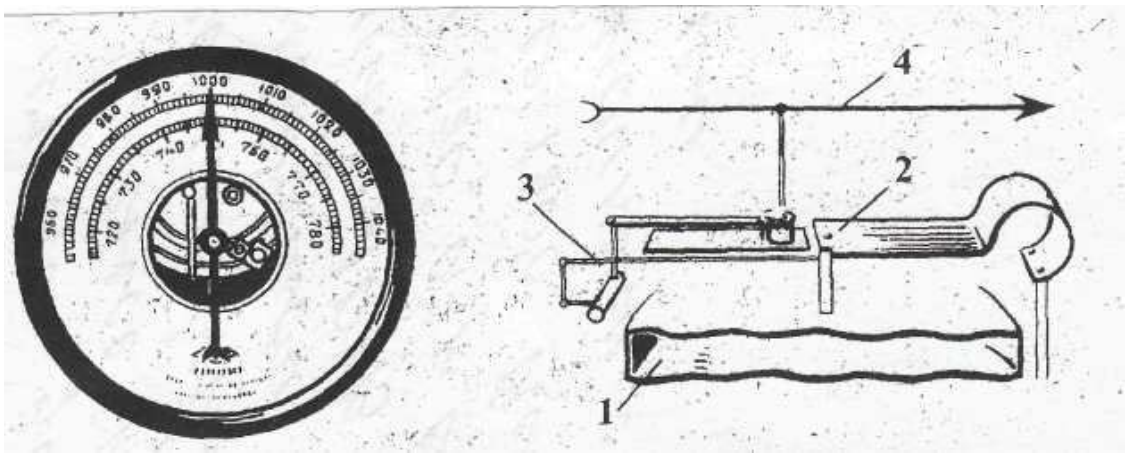



Рисунок 1 - Барометр (анероид)

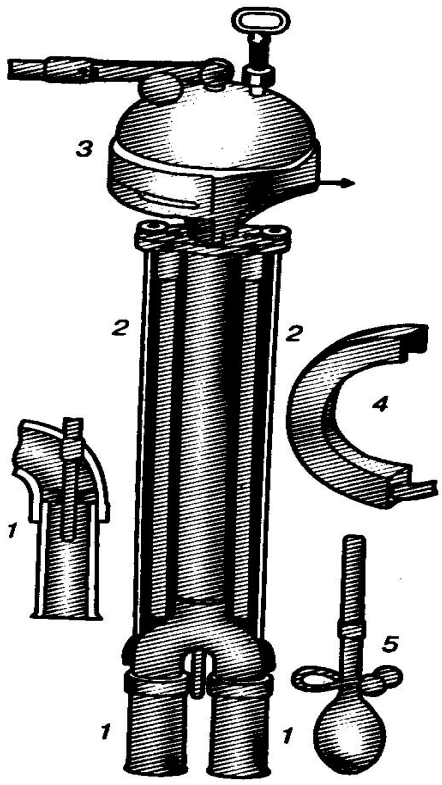
Главная часть его – металлическая коробочка 1 с волнистой (гофрированной) поверхностью. Из этой коробочки выкачан воздух, а чтобы атмосферное давление не раздавило коробочку, ее крышку пружинкой 2 оттягивают вверх. При увеличении атмосферного давления крышка прогибается вниз и натягивает пружину. При уменьшении давления атмосферы пружина выпрямляет крышку. К пружине с помощью передаточного механизма 3 прикреплена стрелка-указатель 4 , которая передвигается вправо или влево при изменении атмосферного давления. Под стрелкой укреплена шкала, деления которой нанесены по показаниям ртутного барометра. Так, число 750, против которой стоит стрелка анероида, показывает, что в данный момент в ртутном барометре высота ртутного столба 750 мм. Следовательно, атмосферное давление равно 750 мм рт. ст., или 1000 гПа.

### 3.2 Измерение температуры и относительной влажности

Измерение температуры воздуха в производственных помещениях производится ртутными (для измерения температуры выше 0 °С) и спиртовыми (для измерения температуры ниже 0 °С) термометрами. При наличии в помещении источников теплового излучения следует применять специальные термометры. В частности, для этого можно использовать сухой термометр аспирационного психрометра (рисунок 2), так как ртутные резервуары термометров у этого прибора защищены двойными металлическими гильзами, что позволяет использовать прибор и в условиях теплового излучения.

Для измерения влажности воздуха используются психрометры различных конструкций. Наиболее удобным является аспирационный психрометр Ассмана (рисунок 2), который состоит из двух ртутных термометров 2, укрепленных в металлической оправе и закрепленных в защитные металлические трубки 1, сообщающиеся общим воздуховодом с вентилятором, с пружинным или электрическим приводом, который находится в головке прибора 3. У одного из термометров ртутный резервуар покрыт тканью, он называется влажным. Через трубку под действием вентилятора с равномерной скоростью (от 3 до 4 м/с) протягивается исследуемый воздух, что позволяет исключить зависимость результатов измерений от подвижности воздуха. Металлическая (двойная) оправа ртутных резервуаров в таком психрометре, как уже отмечалось выше, позволяет устранить влияние возможного теплового облучения в помещении на показания термометров.

При замерах аспирационный психрометр подвешивается в зоне измерения, с помощью пипетки увлажняется ткань «влажного» термометра, заводится механизм вентилятора. Спустя 5 минут после пуска вентилятора, когда показания устанавливаются на определенном уровне, фиксируют показания обоих термометров. Эти данные, то есть показания «сухого» ($t_{СУХ}$) и «влажного» ($t_{ВЛ}$) термометров, записывают.




1- металлические трубки, в которых помещены резервуары термометров; 2 - термометры; 3 - аспиратор; 4 - предохранитель от ветра; 5 - пипетка для смачивания влажного термометра.

Рисунок 2 - Аспирационный психрометр

Сухой термометр показывает температуру воздуха. Показания влажного термометра зависят от влажности воздуха: температура его тем меньше, чем ниже влажность, поскольку с уменьшением влаги в воздухе возрастает испарение воды с увлажненной ткани и поверхность ртутного резервуара охлаждается в большей мере.

По этой информации можно также определить относительную влажность по психрометрическому графику, прилагаемому к прибору (приложение Д), либо по психрометрической таблице (приложение Е).

Влага, пропитывающая ткань «влажного» термометра, которой обвернут его ртутный резервуар, испаряется с интенсивностью, зависящей от влажности воздуха в помещении, отнимает тепло от термометра, поэтому показания «влажного» термометра обычно бывают ниже показаний «сухого» термометра.

Только при относительной влажности 100 % показания «сухого» и «влажного» термометров будут одинаковы, так как в этом случае испарения происходить не будет, а следовательно, не будет и отниматься тепло от резервуара на испарение.

Точное значение относительной влажности воздуха с учетом барометрического (атмосферного) давления определяют расчетным путем.

Относительная влажность воздуха $W$, % - это процентное отношение абсолютной влажности к максимальной

$$W = \frac{R_{АБС}}{R_{МАК}} \cdot 100\ \%, \tag{3}$$

где $W$ - относительная влажность воздуха, %;

$R_{АБС}$ - абсолютна влажность воздуха, мм рт. ст; .

$R_{МАК}$ - максимальная влажность воздуха, мм рт. ст;

Относительная влажность показывает степень насыщения воздуха парами влаги в процентах

Если для измерения температуры воздуха применить психрометр Ассмана, где скорость движения воздуха постоянна, абсолютную влажность можно вычислить по формуле Шпрунга

$$R_{АБС} = R_{ВЛ} - 0{,}5(t_{СУХ} - t_{ВЛ}) \cdot \frac{B}{755}, \tag{4}$$

где $R_{АБС}$ - абсолютная влажность, мм рт. ст.

$R_{ВЛ}$ - упругость насыщенных водяных паров при температуре «влажного» термометра психрометра;

$t_{СУХ}$ - показания «сухого» термометра (температура воздуха в помещении), °С;

$t_{ВЛ}$ - показания «влажного» термометра, °С ;

$B$ - атмосферное давление в момент измерения влажности, мм рт. ст.;

755 – среднее барометрическое давление, мм рт. ст.

Значения упругости водяных паров при различных температурах приведены в приложении Ж.

По психрометрической таблице относительная влажность воздуха определяется следующим образом.

По вертикальному столбцу отмечают показание «сухого» термометра ($t_{СУХ}$), далее определяют разность показаний «сухого» и «влажного» термометров, на пересечении этих значений получают величину относительной влажности в процентах.

**Пример 1 -** Определить относительную влажность воздуха, если показания «сухого» термометра $t_{СУХ}$ = 22 °С, «влажного» $t_{ВЛ}$ = 15 °С.

**Решение.** Определяем разность температур «сухого» и «влажного» термометров ($\Delta t = t_{СУХ} - t_{ВЛ}$ = 22 °С – 15 °С = 7 °С). Находим точку пересечения линии по вертикали столбца, соответствующей этому значению разности температур с горизонтальной линией, соответствующей значению показания «сухого» термометра. Получает значение относительной влажности 47 %.

По психрометрическому графику относительная влажность определяется следующим образом.

По вертикальным линиям графика отметить показания «сухого» термометра, а по наклонным – показания смоченного термометра; на пересечении этих линий получают значение относительной влажности ($W$, %.).

**Пример 2 -** Определить относительную влажность воздуха, если показания «сухого» термометра $t_{СУХ}$ = 21 °С, «влажного» $t_{ВЛ}$ = 14,5 °С.

**Решение.** На психрометрическом графике находим пересечение вертикальной ($t_{СУХ}$ = 21 °С) и наклонной ($t_{ВЛ}$ = 14,5 °С) линий; определяем, что этой точке соответствует относительная влажность воздуха $W$ = 50 %.

### 3.3 Измерение скорости движения воздуха

Скорость движения воздуха в производственных помещениях может изменяться практически от нуля (при чрезвычайно малой подвижности воздуха) до нескольких метров в секунду (на сквозняках, вблизи приточных отверстий вентиляционных систем – особенно при сосредоточенной раздаче воздуха и т.п.). При относительно высокой скорости подвижности воздуха для измерения скоростей воздушных потоков применяют анемометры вращательного действия: крыльчатые (рисунок 3) и чашечные (рисунок 4).

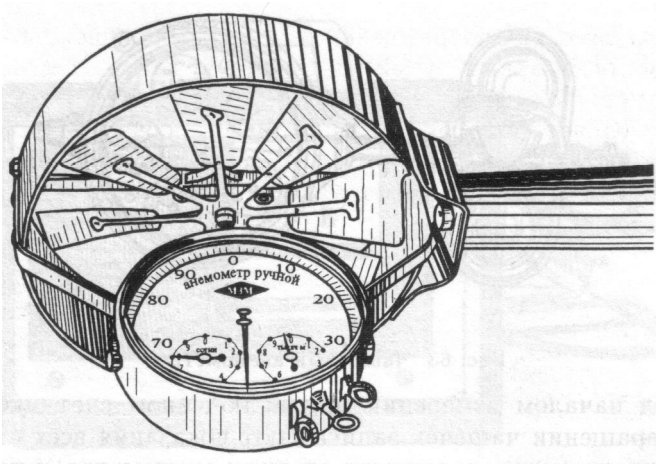



Рисунок 3 – Крыльчатый анемометр

Крыльчатые анемометры позволяют проводить измерения в пределах от 0,3 до 5,0 м/с, чашечные – от 1,0 до 20 м/с. Эти анемометры чаще всего применяются для оценки работы вентиляционных систем.

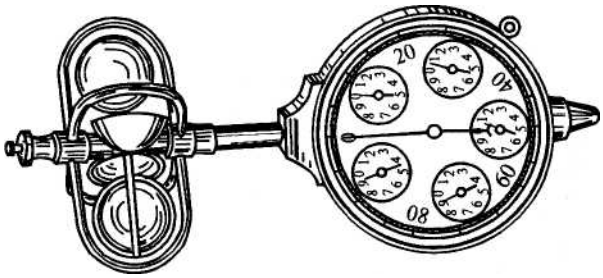



Рисунок 4 – Чашечный анемометр

Принцип действия прибора механический: под давлением движущегося воздуха ось прибора с закрепленными на ней пластинками (крыльями) или чашечками начинает вращаться и тем быстрее, чем больше скорость движения воздуха. Системой зубчатых колес ось соединена со счетчиком оборотов, имеющим несколько стрелок. Центральная стрелка показывает единицы и десятки, стрелки мелких циферблатов - сотни и тысячи делений. С помощью расположенного сбоку рычажка можно отключить ось от механизма зубчатых колес или подключить ее.

Перед измерением записывают показания всех циферблатов при отключенной оси.

Прибор устанавливают в точке измерения и ось с закрепленными на ней крыльями (чашечками) начинает вращаться. По секундомеру засекают время и включают прибор. Через минуту движения рычажком ось отключают и снова записывают показания.

Разность между конечным и начальным отсчетом делят на время экспозиции и определяют число делений шкалы, приходящихся на одну секунду. Далее по прилагаемому к прибору тарировочному графику (приложение И) определяют скорость движения воздуха в метрах в секунду.

Существуют и другие приборы для измерения скорости движения воздуха: шаровые или цилиндрические кататермометры (рисунок 5).

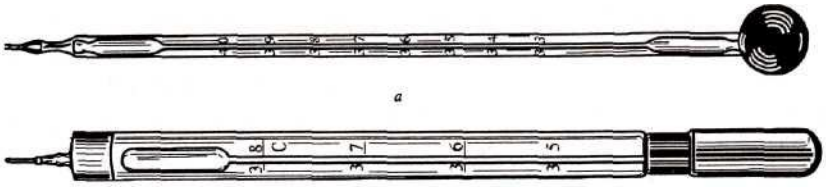


Рисунок 5 – Шаровой и цилиндрический кататермометры

Они позволяют измерять малые скорости движения воздуха до 0,5 м /с, что чаще всего требуется на производстве.

Кататермометр представляет собой спиртовой термометр с шаровым или цилиндрическим резервуаром для спирта в нижней части, который переходит в

капилляр, закачивающийся расширением в верхней части. Шкала кататермометра проградуирована от 35 °С до 38 °С в цилиндрическом приборе и от 33 °С до 40 °С в шаровом приборе.

Средняя точка шкалы в том и другом приборе равна 36,5 °С – средней температуре тела человека.

Действие кататермометра в данном случае основано на зависимости скорости охлаждения прибора в заданном интервале температур от метеорологических условий в заданном помещении, в частности, от скорости движения воздуха. Количество тепла, теряемое конкретным кататермометром при его охлаждении от 38 °С до 35 °С (цилиндрический прибор) или от 40 °С до 38 °С (шаровый прибор) всегда при любых метеорологических условиях будет одинаковым. Последние будут влиять лишь на скорость его охлаждения.

Постоянное для данного кататермометра количество тепла, теряемое 1 см² поверхности спиртового резервуара прибора при охлаждении его в указанном интервале температур, выраженное в милликалориях, называется фактором кататермометра. Его определяют на заводе-изготовителе, обозначают буквой $F$ и указывают на стержне прибора.

Для измерения скорости движения воздуха спиртовой резервуар кататермометра опускают в сосуд с водой, нагретой до температуры от 60 °С до 80 °С и выдерживают там до тех пор, пока спирт не заполнит примерно половину верхнего расширения капилляра. При этом следят за тем, чтобы в капиллярной трубке не оставалось пузырьков воздуха. После этого прибор вынимают из воды, насухо обтирают и устанавливают (подвешивают) в то место, где требуется определить подвижность воздуха. По секундомеру отмечают время $\tau$ (с) в течение которого кататермометр охлаждается в заданном интервале температур: цилиндрический прибор – от $T_1$ = 38 °С до $T_2$ = 35 °С, а шаровый – от $T_1$ = 40 °С до $T_2$ = 33 °С.

Температуры $T_1$ и $T_2$ обязательно нужно выбирать так, чтобы средняя температура составляла $(T_1 + T_2)/2$ = 36,5 °С, то есть можно наблюдать охлаждение

кататермометра в одном из следующих диапазонов – от 40 °С до 33 °С; - от 39 °С до 34 °С; - от 38 °С до 35 °С.

Затем повторяют три раза и по трем замерам определяют среднее время охлаждения прибора ($\tau_{CP}$).

При использовании шарового кататермометра скорость движения воздуха определяют по таблице, приведенной в приложении К, предварительно определив отношение (5)

$$\frac{H}{Q}, \tag{5}$$

где $H$ - величина охлаждения («охлаждающая сила») кататермометра в секунду, мкал/см²·с;

$Q$ – величина между средней температурой прибора (36,5 °С) и средней температурой воздуха в помещении ($t_{СУХ}$), °С.

$$Q = 36{,}5 - t_{СУХ}, \tag{6}$$

где $t_{СУХ}$ - температура воздуха в помещении, которую определяют по показанию «сухого» термометра аспирационного психрометра.

Величина охлаждения кататермометра $H$ вычисляется эмпирически.

В том случае, когда наблюдают охлаждение кататермометра от $T_1$ = 38 °С до $T_2$ = 35 °С величина $H$ вычисляется по формуле

$$H = \frac{F}{\tau_{CP}}, \tag{7}$$

где $F$ - фактор кататермометра, мкал/см²;

$\tau_{CP}$ - время, с.

Если наблюдают охлаждение кататермометра от $T_1$ = 40 °С до $T_2$ = 33 °С (или от $T_1$ = 39 °С до $T_2$ = 34 °С, то величина $H$ вычисляется по формуле

$$H = \frac{F(T_1 - T_2)}{3 \cdot \tau_{CP}}, \tag{8}$$

**Пример 3 -** Допустим, что наблюдается спадание спиртового столбика от деления $T_1$= 40 °С до деления $T_2$= 33 °С. Время спадания равно 3 мин. 40 с., следовательно $\tau$ = 220 с. Температура воздуха в помещении по показанию «сухого» термометра психрометра. $t_{СУХ}$ = 20 ° С.

**Решение.** Пусть фактор кататермометра $F$ = 645. Вычислим величину охлаждения $H$ по формуле (8)

$$H = \frac{645(40 - 33)}{3 \cdot 220} = 6{,}85 \text{ (мкал/см}^2\text{·с)}. \tag{9}$$

Вычислим величину $Q$ по формуле (6)

$$Q = 36{,}5 - 20 = 16{,}5 \text{ (град)}. \tag{10}$$

Определим отношение

$$\frac{H}{Q} = \frac{6{,}85}{16{,}5} = 0{,}41 \text{ (мкал/см}^2\text{·с· град)}. \tag{11}$$

Из таблицы (приложение К) находим скорость движения воздуха $v = 0{,}18$ м/с.

**Пример 4 -** Допустим, что наблюдается спадание спиртового столбика кататермометра от деления $T_1$ = 38 °С до деления $T_2$ = 35 °С. Время спадания 1 мин 15 с, следовательно $\tau$ = 75 с. Температура воздуха в помещении $t_{СУХ}$ = 22 °С.

**Решение.** Пусть фактор кататермометра $F$ = 576, определим величину охлаждения $H$ по формуле (8)

$$H = \frac{576(38-35)}{3 \cdot 75} = 7{,}68 \text{ (мкал/ см}^2\text{·с).} \qquad (12)$$

Вычислим величину $Q$ по формуле (6)

$$Q = 36{,}5 - 22 = 14{,}5 \text{ (град).} \qquad (13)$$

Определим отношение

$$\frac{H}{Q} = \frac{7{,}68}{14{,}5} = 0{,}53 \text{ (мкал/ см}^2\text{·с· град).} \qquad (14)$$

Из таблицы (приложение К) находим скорость движения воздуха $v = 0{,}57$ м/с.

При выполнении лабораторной работы для имитации подвижности воздуха в помещении используется обычный вентилятор, установленный на определенном расстоянии от кататермометра.

### 3.4 Определение эффективно-эквивалентной температуры в помещении

В приложении Г приведен график (номограмма) эффективных и эффективно-эквивалентных температур.

Левая сторона графика представляет шкалу температур «сухого» термометра, правая – шкалу температур «влажного» термометра. Сходящиеся кривые скоростей

воздушного потока (от 0 до 3,5 м/с) определяют на графике климатическую зону в диапазоне эффективных температур от 0 °С до 36,5 °С.

При температуре воздуха 36,5 °С любая скорость движения воздуха и любая относительная влажность не оказывают охлаждающего действия на организм человека вследствие равенства нормальной температуры тела человека (36,5 °С) с температурой окружающей среды.

В этой точке (36,5 °С) все кривые различных скоростей воздушного потока сходятся. При дальнейшем повышении температуры воздуха (выше 36,5 °С) происходит нагревание организма. Эффективно-эквивалентные температуры, вызывающие хорошее самочувствие на графике ограничены линиями «зона хорошего самочувствия».

Эта зона определяется таким сочетанием микроклиматических параметров, которые обеспечивают минимальную нагрузку на сердечнососудистую систему и выделение минимального количества внутренней энергии организма на терморегуляцию, что, в свою очередь, стимулирует повышение работоспособности.

При пользовании номограммой откладывают на ее соответствующих шкалах показания «сухого» и «влажного» термометров психрометра и соединяют полученные точки прямой линий.

Точка пересечения этой линии с кривой, соответствующей подвижности воздуха в помещении, определяет субъективную, т. е. эффективно-эквивалентную температуру и ее положение относительно зоны хорошего самочувствия (величины ЭЭТ проставлены вверху и внизу пучка кривых скоростей воздушного потока).

**Пример 5 -** Определить эффективную температуру, если на рабочем месте неподвижный воздух имеет температуру 24,5 °С, это температура «сухого» термометра, температура «влажного» термометра составляет 14 °С.

**Решение.** На графике ЭЭТ точки, соответствующие показаниям «сухого» термометра ($t_{СУХ}$ = 24,5 °С) и «влажного» ($t_{ВЛ}$ = 14 °С) соединяем прямой линией. По пересечениям этой линии с изогнутыми линиями разных скоростей движения воздуха устанавливаем, что эффективная температура при неподвижном воздухе

будет 20,5 °С. Из графика видно, что найденная эффективная температура находится в «зоне хорошего самочувствия».

Эффективно-эквивалентная температура при скорости движения воздуха 1,5 м/с составит 18,5 °С.

## 4 Задание

1 Внимательно ознакомиться с данными методическими указаниями (как с общими сведениями о теплообмене тела человека с окружающей средой в помещении, нормированием параметров микроклимата в производственных помещения, так и непосредственно с методами и экспериментального определения нормируемых параметров).

2 Провести экспериментальные исследования:

а) определить атмосферное давление - барометром;

б) определить температуру и относительную влажность воздуха - аспирационным психрометром; относительную влажность воздуха определить по психрометрическому графику, психрометрической таблице и расчетом;

в) определить скорость движения воздуха в помещении – кататермометром;

г) определить эффективно-эквивалентную температуру (ЭЭТ) в помещении – по номограмме на основании проведенных измерений и оценить условия комфорта;

д) установить температуру (среднесуточную) наружного воздуха по данным метеорологической службы и установить период года.

3 Установить допустимую тяжесть работы (категорию), учитывая результаты измерений метеорологических параметров и руководствуясь нормами (СанПиН 2.2.4.548-96).

4 Составить отчет по выполненной работе по приложению Л и сделать вывод по полученным результатам.

## 5 Вопросы для самоконтроля

5.1 Какими параметрами характеризуются метеорологические условия в производственных помещениях?

5.2 Что такое оптимальные и допустимые условия микроклимата в рабочей зоне?

5.3 С учетом каких факторов определяются нормируемые значения параметров, определяющих метеорологические условия в помещениях?

5.4 Что такое абсолютная влажность воздуха?

5.5 Что такое относительная влажность воздуха?

5.6 Что такое парциальное давление водяного пара?

5.7 Могут ли «сухой» и «влажный» термометры аспирационного психрометра показывать одинаковую температуру?

5.8 Какими приборами могут измеряться скорость движения воздуха в помещении?

5.9 На каком принципе основан способ измерения скорости движения воздуха кататермометром?

5.10 Что такое эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ)?

5.11 Какие виды теплоотдачи участвуют в теплообмене тела человека с окружающей средой в помещении?

5.12 Что такое терморегуляция организма человека и чем она обеспечивается?

5.13 Какой период года считается теплым?

5.14 Какой период года считается холодным?

5.15 Какие существуют категории работ по тяжести и чем они характеризуются?

# Список использованных источников

1 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие требования к воздуху рабочей зоны. – Изд. янв. 2008 с Изм. 1. - Введ. 01. 01. 89. – М . : Стандартинформ, 2008. – 49 с.

2 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – Введ. 01. 10. 96. – М . : Иформационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996. – 21 с.

3 Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценки факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2006. – С. 186.

4 Белов, С, В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник для бакалавров / С. В. Белов. – 4-е издание испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт ; ИД Юрайт, 2012. – 682 с.

# Приложение А

*(справочное)*

## Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Таблица А.1

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

# Приложение Б

***(справочное)***

## Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Таблица Б.1

| Период года | Категории работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °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 | Iа (до 139) | 20,0-21,9 | 54,1-25,0 | 15-75 | 0,1 | 0,1 |
| | Iб (140-174) | 19,0-20,9 | 23,1-24 | 15-75 | 0,1 | 0,2 |
| | IIа (175-232) | 17,0-18,9 | 21,1-23,0 | 15-75 | 0,1 | 0,3 |
| | IIб (233-290) | 15,0-16,9 | 19,1-22,0 | 15-75 | 0,2 | 0,4 |
| | III (более 290) | 13,0-15,9 | 18,1-21,0 | 15-75 | 0,2 | 0,4 |
| Теплый | Iа (до 139) | 21,0-22,9 | 25,1-28,0 | 15-75 | 0,1 | 0,2 |
| | Iб (140-174) | 20,-21,9 | 24,1-28,0 | 15-75 | 0,1 | 0,3 |
| | IIа (175-232) | 18,0-19,9 | 22,1-27,0 | 15-75 | 0,1 | 0,4 |
| | IIб (233-290) | 16,0-18,9 | 21,1-27,0 | 15-75 | 0,2 | 0,5 |
| | III (более 290) | 15,0-17,9 | 20,1-26,0 | 15-75 | 0,2 | 0,5 |

# Приложение В
*(справочное)*

## Характеристика отдельных категорий работ

1 Категории работ разграничиваются на основе интенсивности энерготрат организма в ккал/ч (Вт).

2 К категории I а относятся работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо– и машиностроения, на часовом, швейном производстве, в сфере управления и т. п.).

3 К категории I б относятся работы, с интенсивностью энерготрат от 121 до 150 ккал/ч (от 140 до 174 Вт), 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.).

4 К категории II а относятся работы с интенсивностью энерготрат от 151 до 200 ккал/ч (от 175 до 232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положение стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.).

5 К категории II б относятся работы с интенсивностью энерготрат от 201 до 250 ккал/ч (от 233 до 290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физически напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

6 К категории III относятся работы с интенсивностью энерготрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянным передвижением, перемещнием 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..).

# Приложение Г

***(справочное)***

## Номограмма для определения зоны комфорта и эффективно-эквивалентных температур

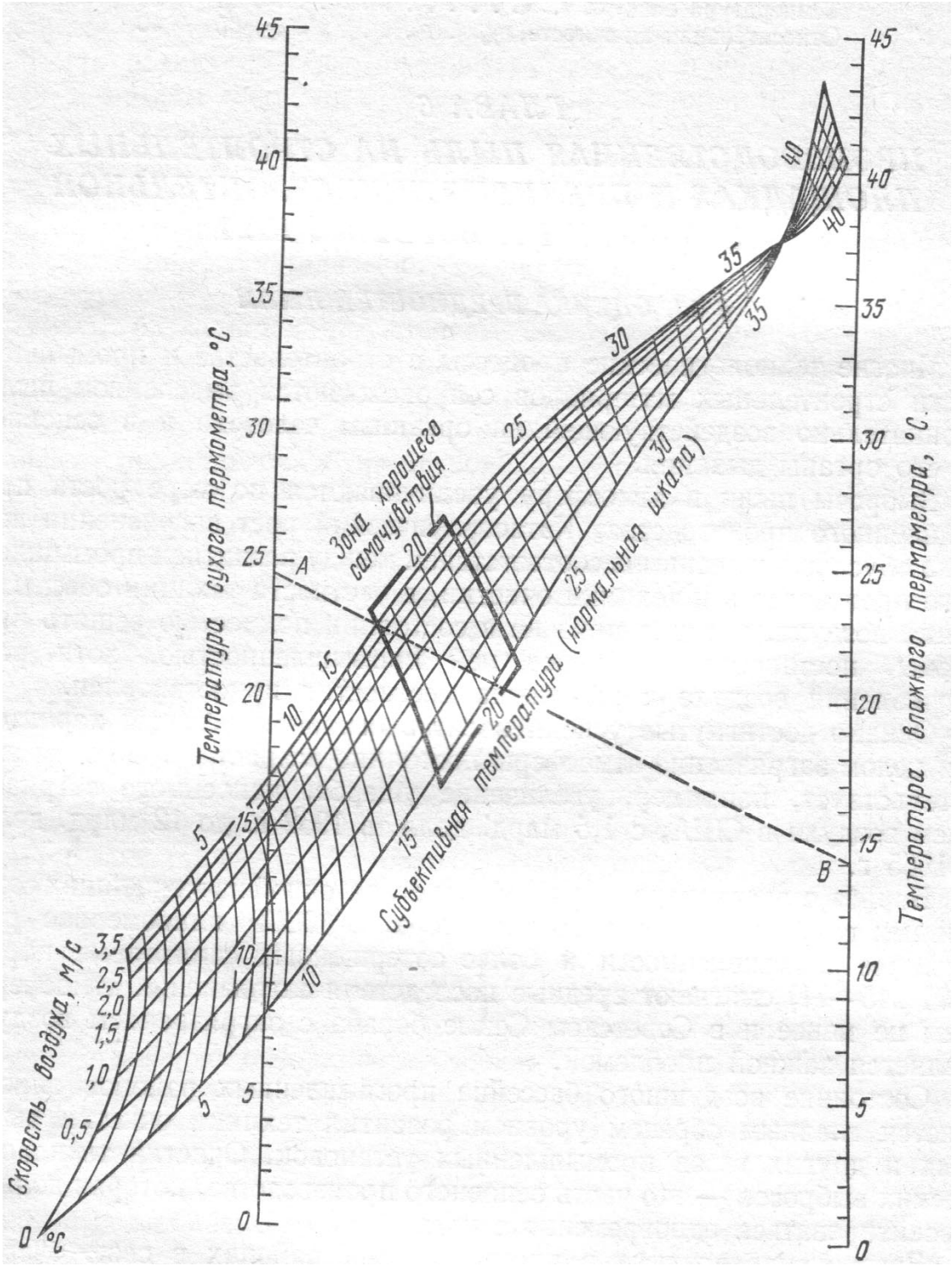



Рисунок Г.1

# Приложение Д

*(справочное)*

**График для вычисления относительной влажности по аспирационному психрометру**

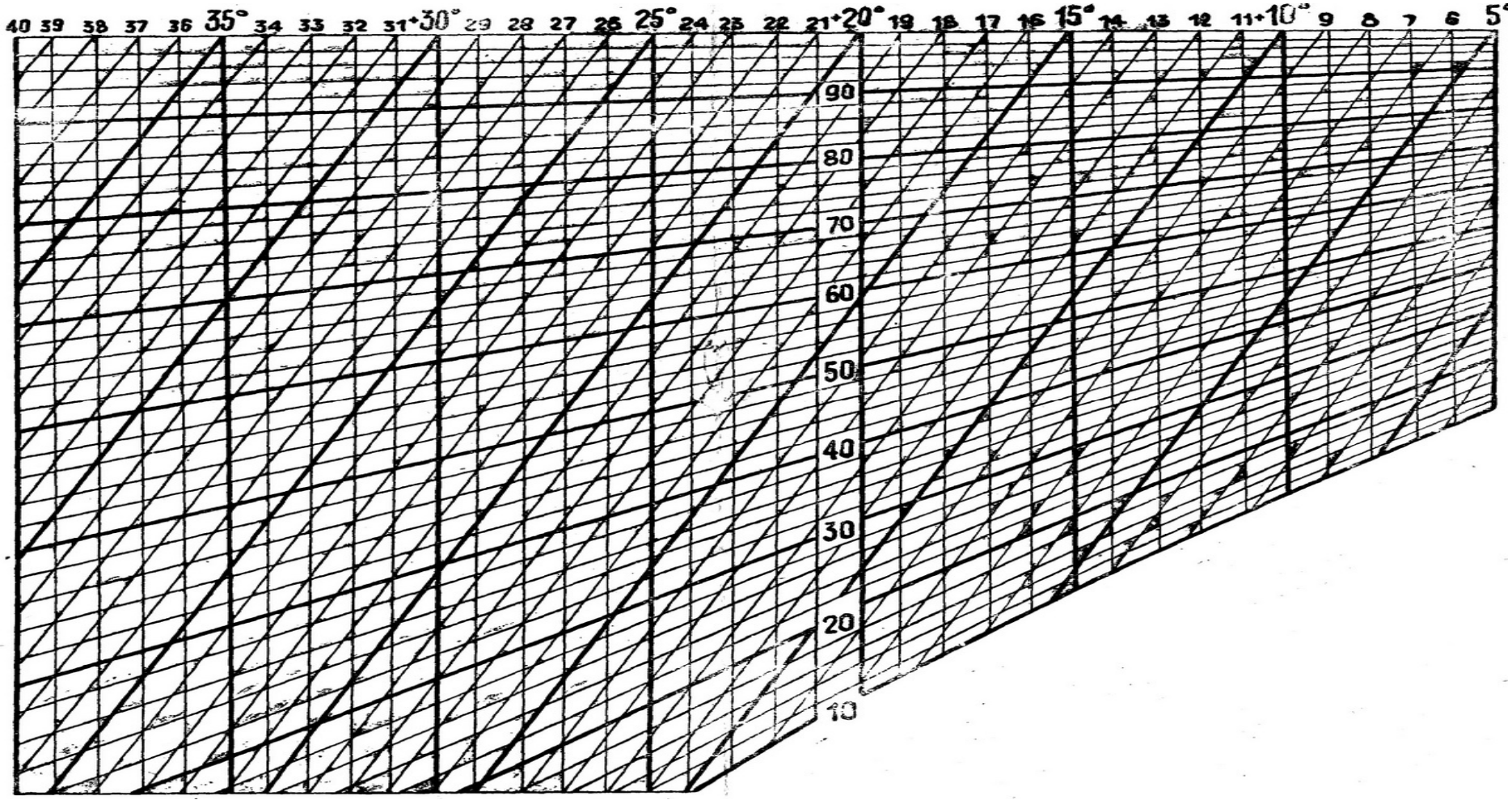



Рисунок Д.1

## Приложение Е
*(справочное)*

## Таблица для вычисления относительной влажности по аспирационному психрометру

Таблица Е.1 - Относительная влажность, $W$ , %

| Показания сухого термометра, °С | Разность показаний сухого и влажного термометров, °С | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 15 | 16 | 18 | 20 |
| 0 | 100 | 82 | 65 | 48 | 31 | 14 | | | | | | | | | | | |
| 2 | 100 | 84 | 68 | 52 | 37 | 22 | | | | | | | | | | | |
| 4 | 100 | 85 | 70 | 56 | 42 | 29 | 16 | | | | | | | | | | |
| 6 | 100 | 86 | 73 | 60 | 47 | 35 | 23 | 10 | | | | | | | | | |
| 8 | 100 | 87 | 75 | 63 | 51 | 40 | 29 | 18 | 7 | | | | | | | | |
| 10 | 100 | 88 | 76 | 65 | 54 | 44 | 34 | 24 | 14 | 4 | | | | | | | |
| 11 | 100 | 88 | 77 | 66 | 56 | 46 | 36 | 26 | 17 | 8 | | | | | | | |
| 12 | 100 | 89 | 78 | 68 | 57 | 48 | 38 | 29 | 20 | 11 | | | | | | | |
| 13 | 100 | 89 | 79 | 69 | 59 | 49 | 40 | 31 | 23 | 14 | 6 | | | | | | |
| 14 | 100 | 89 | 79 | 70 | 60 | 51 | 42 | 34 | 25 | 17 | 9 | | | | | | |
| 15 | 100 | 90 | 80 | 71 | 61 | 52 | 44 | 36 | 27 | 20 | 12 | | | | | | |
| 16 | 100 | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 46 | 37 | 30 | 22 | 15 | | | | | | |
| 17 | 100 | 90 | 81 | 72 | 64 | 55 | 47 | 39 | 32 | 24 | 17 | | | | | | |
| 18 | 100 | 91 | 82 | 73 | 65 | 56 | 48 | 41 | 34 | 27 | 20 | | | | | | |
| 19 | 100 | 91 | 82 | 74 | 65 | 58 | 50 | 43 | 35 | 29 | 22 | | | | | | |
| 20 | 100 | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 | 30 | 24 | 12 | | | | | |
| 21 | 100 | 91 | 83 | 75 | 67 | 60 | 52 | 46 | 39 | 32 | 26 | 14 | | | | | |
| 22 | 100 | 92 | 83 | 76 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 | 34 | 28 | 16 | | | | | |
| 23 | 100 | 92 | 84 | 76 | 69 | 61 | 55 | 48 | 42 | 36 | 30 | 18 | | | | | |
| 24 | 100 | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 | 31 | 20 | | | | | |
| 25 | 100 | 92 | 84 | 77 | 70 | 63 | 57 | 50 | 44 | 38 | 33 | 22 | 12 | 7 | | | |
| 30 | 100 | 93 | 86 | 79 | 73 | 67 | 61 | 55 | 50 | 44 | 39 | 30 | 21 | 17 | 13 | 5 | |
| 35 | 100 | 93 | 87 | 81 | 75 | 69 | 64 | 58 | 53 | 48 | 44 | 35 | 27 | 23 | 20 | 13 | 7 |
| 40 | 100 | 93 | 87 | 81 | 76 | 71 | 66 | 61 | 56 | 51 | 47 | 39 | 32 | 28 | 25 | 18 | 12 |
| 45 | 100 | 94 | 88 | 82 | 77 | 72 | 67 | 63 | 59 | 55 | 51 | 43 | 36 | 32 | 29 | 24 | 19 |
| 50 | 100 | 94 | 88 | 84 | 79 | 74 | 70 | 65 | 61 | 57 | 53 | 46 | 40 | 37 | 34 | 28 | 23 |

## Приложение Ж
*(справочное)*

## Упругость насыщенных водяных паров в зависимости от температуры воздуха

Таблица Ж.1

| Температура воздуха, $^{o}$С | Упругость насыщенных водяных паров, мм рт. ст. | Температура воздуха, $^{o}$С | Упругость насыщенных водяных паров, мм рт. ст. |
|---|---|---|---|
| 5,0 | 6,543 | 18,0 | 15,477 |
| 5,5 | 6,775 | 18,5 | 15,971 |
| 6,0 | 7,103 | 19,0 | 16,477 |
| 6,5 | 7,308 | 19,5 | 16,999 |
| 7,0 | 7,513 | 20,0 | 17,735 |
| 7,5 | 7,775 | 20,5 | 18,085 |
| 8,0 | 8,045 | 21,0 | 18,630 |
| 8,5 | 8,323 | 21,5 | 19,231 |
| 9,0 | 8,609 | 22,0 | 19,827 |
| 9,5 | 8,905 | 22,5 | 20,440 |
| 10,0 | 9,209 | 23,0 | 21,068 |
| 10,5 | 9,521 | 23,5 | 21,714 |
| 11,0 | 9,844 | 24,0 | 22,377 |
| 11,5 | 10,176 | 24,5 | 23,060 |
| 12,0 | 10,518 | 25,0 | 23,756 |
| 12,5 | 10,870 | 25,5 | 24,471 |
| 13,0 | 11,231 | 26,0 | 25,209 |
| 13,5 | 11,604 | 26,5 | 25,964 |
| 14,0 | 11,987 | 27,0 | 26,739 |
| 14,5 | 12,382 | 27,5 | 27,539 |
| 15,0 | 12,788 | 28,0 | 28,344 |
| 15,5 | 13,205 | 28,5 | 29,183 |
| 16,0 | 13,634 | 29,0 | 30,043 |
| 16,5 | 14,076 | 29,5 | 30,929 |
| 17,0 | 14,530 | 30,0 | 31,842 |
| 17,5 | 14,997 | | |

# Приложение И

*(справочное)*

## Тарировочные графики для определения скорости движения воздуха

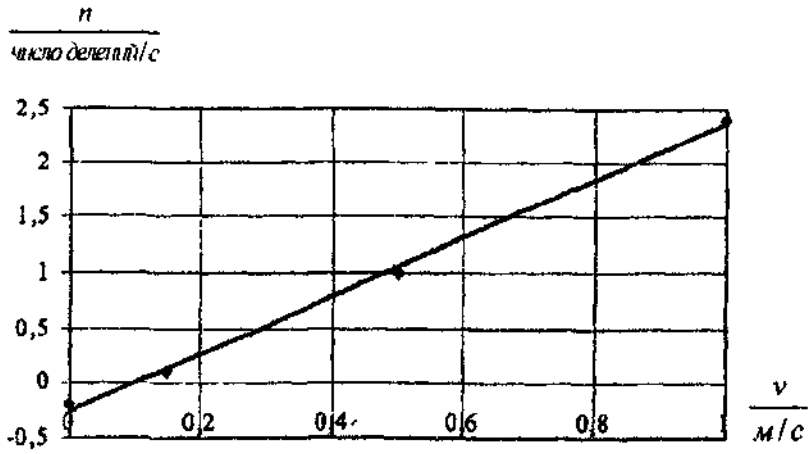



Рисунок И.1 – Зависимость числа делений шкалы в секунду от скорости направленного воздушного потока (анемометр крыльчатый АСО-3)

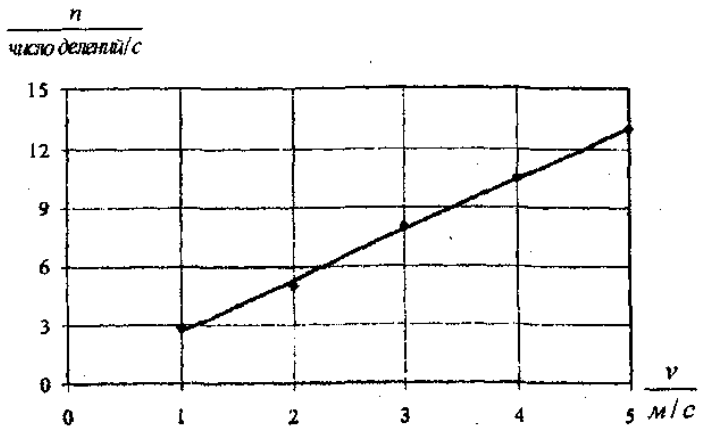



Рисунок И.2 – Зависимость числа делений шкалы в секунду от скорости направленного воздушного потока (анемометр чашечный МС-13)

# Приложение К

*(справочное)*

## Таблица для вычисления скорости движения воздуха по показаниям шарового кататермометра

Таблица К.1

| Отношение $H/Q$ | Скорость, $v$, м/с | Отношение $H/Q$ | Скорость, $v$, м/с | Отношение $H/Q$ | Скорость, $v$, м/с |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.33 | 0.048 | 0.50 | 0.44 | 0.67 | 1.27 |
| 0.34 | 0.062 | 0.51 | 0.48 | 0.68 | 1.31 |
| 0.35 | 0.077 | 0.52 | 0.52 | 0.69 | 1.35 |
| 0.36 | 0.090 | 0.53 | 0.57 | 0.70 | 1.39 |
| 0.37 | 0.11 | 0.54 | 0.62 | 0.71 | 1.43 |
| 0.38 | 0.12 | 0.55 | 0.68 | 0.72 | 1.48 |
| 0.39 | 0.14 | 0.56 | 0.73 | 0.73 | 1.52 |
| 0.40 | 0.16 | 0.57 | 0.80 | 0.74 | 1.57 |
| 0.41 | 0.18 | 0.58 | 0.88 | 0.75 | 1.60 |
| 0.42 | 0.20 | 0.59 | 0.97 | 0.76 | 1.65 |
| 0.43 | 0.22 | 0.60 | 1.00 | 0.77 | 1.70 |
| 0.44 | 0.25 | 0.61 | 1.03 | 0.78 | 1.75 |
| 0.45 | 0.27 | 0.62 | 1.07 | 0.79 | 1.79 |
| 0.46 | 0.30 | 0.63 | 1.11 | 0.80 | 1.84 |
| 0.47 | 0.33 | 0.64 | 1.15 | 0.81 | 1.89 |
| 0.48 | 0.36 | 0.65 | 1.19 | 0.82 | 1.94 |
| 0.49 | 0.40 | 0.66 | 1.22 | 0.83 | 1.98 |
| | | | | 0.84 | 2.03 |

# Приложение Л

***(обязательное)***

**Отчет**

| **Работа принята**<br><br>**«____»_____201__г** | **ОТЧЕТ**<br>**по лабораторной работе**<br>**«Исследование метеорологических условий в производственных помещениях»** |
|---|---|
| **_____**<br>**Подпись преподавателя** | **Студент _____**<br>**Группа_____** |

**Результаты экспериментальных ситуаций**

Таблица Л.1 – Определение температуры и относительной влажности воздуха

| Величина | | Обозначение | Единица измерения | Ссылка | Значение |
|---|---|---|---|---|---|
| Атмосферное давление | | P | мм рт. ст. | п.3.1 | |
| Показания психрометра: | «сухого» термометра | $t_{СУХ}$ | °С | п.3.2 | |
| | «влажного» термометра | $t_{ВЛ}$ | °С | п.3.2 | |
| Температура воздуха в помещении | | $t_{СУХ}$ | °С | п.3.2 | |
| Температура среднесуточная | | $t_{С.С.}$ | °С | п.3.2 | |
| Относительная влажность | по психрометрической таблице | $W$ | % | п.3.2; приложение Е | |
| | по графику | $W$ | % | п.3.2; приложение Д | |
| | по расчету | $W$ | % | п.3.2; формула (3) | |
| Абсолютная влажность | | $R_{АБС}$ | мм рт. ст. | п.3.2; формула (4) | |
| Максимальная влажность | | $R_{МАК}$ | мм рт. ст. | п.3.2; приложение Ж | |

Таблица Л.2 – Определение скорости движения воздуха кататермометром

| Величина | Обозна-чение | Единица измерения | Ссылка | Значение |
|---|---|---|---|---|
| Время охлаждения термометра | $\tau_{CP}$ | с | п.3.3 | |
| Фактор кататермометра | $F$ | мкал/см² | п.3.3 | |
| «Охлаждающая сила» воздуха | $H$ | мкал/см²·с | п.3.3; формула (7) | |
| Разница между средней температурой кататермометра (36,5 °С) и температурой воздуха в помещении | $Q$ | °С | п.3.3; формула (6) | |
| Отношение $\frac{H}{Q}$ | - | - | - | |
| Скорость движения воздуха | $v$ | м/с | п.3.3; приложение К | |

Таблица Л.3 – Определение скорости движения воздуха анемометром

| Показания анемометра | | | Время измерений, $\tau$, с | Число делений, $n = \frac{N_2 - N_1}{\tau}$ | Скорость движения воздуха, $v$, м/с |
|---|---|---|---|---|---|
| Начальные обороты, $N_1$ | Конечные обороты, $N_2$ | Разность показаний оборотов, $N_2 - N_1$ | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Таблица Л.4 – Определение эффективно-эквивалентной температуры

| Величина | | Обозначение | Единица измерения | Ссылка | Значение |
|---|---|---|---|---|---|
| Показания психрометра | «сухого» термометра | $t_{СУХ}$ | °С | п.3.2 | |
| | «влажного» термометра | $t_{ВЛ}$ | °С | п.3.2 | |
| Скорость движения воздуха | | $v$ | м/с | п.3.3 | |
| Эффективная температура | | ЭТ | °С | п.3.4; приложение Г | |
| Эффективно-эквивалентная температура | | ЭЭТ | °С | п.3.4; приложение Г | |

Таблица Л.5 – Определение допустимой тяжести работ

| Период года | Замеренные параметры | | | Допустимая нормами тяжесть работ |
|---|---|---|---|---|
| | Температура, °С | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха, м/с | |
| | | | | |

Таблица Л.6 – Нормируемые значения параметров при условиях, заданных преподавателем (период года, категория работ)

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Нормируемые параметры | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Оптимальные | | | Допустимые | | |
| | | Температура, °С | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха, м/с | Температура, °С | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха, м/с |
| | | | | | | | |

Вывод:_____

_____

_____