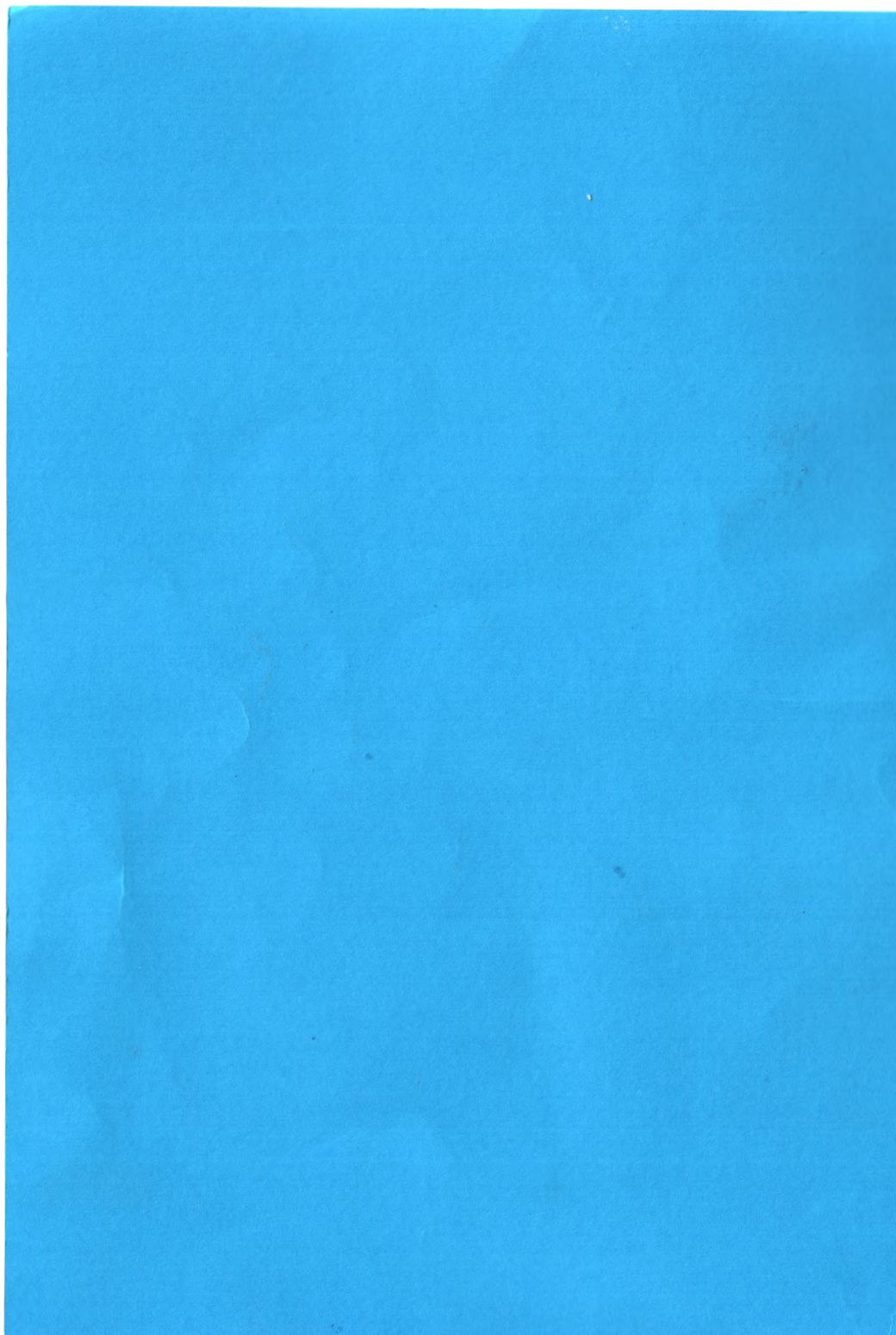




ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Ивановская государственная текстильная академия»
(ИГТА)

Кафедра безопасности жизнедеятельности

Методические указания
для выполнения для выполнения лабораторной работы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИИ

(для студентов всех специальностей)

Иваново 2005

Цель работы

1. Ознакомиться с устройством и работой контрольно-измерительных приборов для определения параметров микроклимата в помещении.
2. Освоить методы определения относительной влажности и подвижности воздуха.
3. Определить метеорологические условия в рабочей зоне помещения.
4. Сделать выводы по состоянию параметров микроклимата в помещении.

Общие сведения

1. Нормирование метеоусловий в помещении

Понятие «метеорологические условия» или «микроклимат» производственных помещений включает те физические факторы окружающей среды, которые влияют на состояние здоровья человека. Это температура, относительная влажность, скорость движения воздуха и тепловое излучение.

Метеоусловия производственной среды могут быть весьма динамичны во времени исследования вследствие наличия возможных тепловых и влажностных процессов. Возможны колебания метеоусловий в пространстве как по горизонтали, так и по вертикали. Вследствие особенностей промышленного строительства (наличие боковых, дверных проемов, окон и др.) на микроклимат рабочих помещений резко влияют внешние метеоусловия.

Измерение параметров микроклимата на производстве производится:

1. При аттестации рабочих мест для характеристики санитарных условий труда и последующего его оздоровления.

2. Для оценки эффективности систем вентиляции и других оздоровительных устройств и мероприятий.

3. Организация исследования в каждом отдельном случае имеет некоторые особенности, однако, во всех случаях необходимо соблюдать ряд общих правил:

1. Производить замеры в нескольких точках помещения в рабочей зоне на уровне $1,25 \div 1,5$ м от пола.

2. Повторять замеры в разное время года.

3. Одновременно с измерениями внутри помещения определять метеорологические условия на открытом воздухе (т.е. измерять наружные параметры воздуха).

4. Отмечать все особенности производственного процесса, состояние работы вентиляции, систем доувлажнения в момент измерения.

Во время инструментальных измерений необходимо соблюдать следующие общие правила:

а) измерительные приборы необходимо устанавливать на специальном штативе, не следует размещать их вблизи холодных или нагретых поверхностей;

б) приборы, работающие в вертикальном положении (анемометры, аспирационные психрометры) не следует класть до полной остановки движущихся частей;

в) при подвешивании приборов необходимо следить, чтобы они со всех сторон обдувались воздухом (не прислонять их к стенке или штативу).

В рабочей зоне производственных помещений метеорологические условия регламентируются ГОСТ 12.1.005-88 [1]. При этом рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2-х метров над уровнем пола или площадки, на которых находятся рабочие места.

В таблицах 1 и 2 приведены оптимальные и допустимые параметры микроклимата в зависимости от категории выполняемых работ (легкая, средней тяжести, тяжелая).

47

Таблица 1

Оптимальные параметры микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	Легкая-I	21-24	40-60	0,1
	Средней тяжести IIа	18-20	40-60	0,2
	Средней тяжести IIб	17-19	40-60	0,2
	Тяжелая – III	16-18	40-60	0,3

Таблица 2

Допустимые параметры микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %, не более	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Легкая-I	17-25	75	0,2
Средней тяжести IIа	15-23	75	0,3
Средней тяжести IIб	13-21	75	0,3
Тяжелая – III	13-26	75	0,4

Для создания нормальных метеорологических условий в производственных помещениях устанавливается вентиляция. Вентиляция – это организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения нагретого загрязненного воздуха и подачу чистого воздуха.

1.1. Температура воздуха

Температура воздуха показывает степень его нагрева. Измеряется температура воздуха термометрами расширения (спиртовым или ртутным).

В практике температура измеряется сухим и влажным термометрами. Влажный или мокрый термометр представляет собой обычный термометр, резервуар которого свернут гигроскопичной тканью, смоченной дистиллированной водой. Отсюда различают температуру по сухому (T_c) и температуру по мокрому (T_m) термометрам. Температура T_c показывает степень нагрева ненасыщенного воздуха. Температура T_m показывает степень нагрева воздуха, насыщенного водяными парами. Для насыщенного воздуха $T_c = T_m$, для ненасыщенного воздуха $T_c > T_m$.

1.2. Влажность воздуха

Атмосферный воздух представляет собой смесь сухого воздуха и водяного пара. При определенных количествах пара воздух становится насыщенным, т.е. таким, когда он не может больше поглощать влаги.

Основные понятия, характеризующие влажность воздуха.

1. Абсолютная влажность (ρ_n , г/м³) — это количество водяного пара, содержащегося в 1 м³ влажного воздуха. Иногда абсолютную влажность выражают парциальным давлением водяного пара P_n мм. рт. ст.

2. Влагоемкость воздуха (ρ_n , г/м³) — это количество водяного пара в 1 м³ насыщенного воздуха. Она также может быть выражена парциальным давлением водяного пара насыщенного воздуха P_n мм. рт. ст.

3. Относительная влажность воздуха (φ , %) — это отношение абсолютной влажности воздуха к его влагоемкости:

$$\varphi = \frac{P_n}{P_n} \cdot 100\%, \quad (1)$$

или — отношение парциального давления водяного пара в действительном (ненасыщенном) состоянии к парциальному давлению водяного пара в насыщенном состоянии при той же температуре:

$$\varphi = \frac{P_n}{P_n} \cdot 100\% \quad (2)$$

Определяется относительная влажность воздуха при помощи психрометров.

1.3. Подвижность воздуха

Скорость перемещения воздуха в производственном помещении необходимо учитывать при оценке метеорологических условий, т.к. движение воздуха оказывает существенное влияние на теплоотдачу человеческого тела.

Для рабочей зоны производственных помещений характерны малые скорости движения воздуха. Нормируемая подвижность воздуха зависит от категории работ по уровню энергозатрат и составляет от 0,3 до 1 м/с.

2. Определение подвижности воздуха

Для измерения малых скоростей движения воздуха (до 1 м/с) служит прибор – кататермометр Хилла (рис.1). Он имеет форму термометра, у которого два резервуара: нижний с подкрашенным спиртом и верхний пустой, соединенных между собой капиллярной трубкой со шкалой от 33 до 40°C. Принцип действия кататермометра основан на зависимости скорости охлаждения предварительно нагретого спирта от скорости движения воздуха.

Скорость движения воздуха (v , м/с) рассчитывают по замеренному времени охлаждения спирта (τ , с) в следующем порядке:

1) Находят отношение H/Q , где H – величина охлаждения кататермометра. Определяется как отношение фактора прибора F ко времени охлаждения τ : $H = \frac{F}{\tau}$; F – фактор кататермометра (мкал/см³). Характеризует количество тепла, теряемого с единицы поверхности резервуара кататермометра при его охлаждении. Фактор – величина постоянная для данного прибора, гравирована на обратной стороне корпуса; τ – время охлаждения прибора с 38 до 35°C (с); Q – разность температур: средней прибора и средней окружающего воздуха $Q = 36,5 - T_a$.



Рис. 1. Кататермометр Хилла

2) По отношению H/Q находится скорость движения воздуха по таблице 3 или рассчитывается по формуле:

$$v = \left(\frac{\frac{H}{Q} - 0,2}{0,4} \right)^2 \quad (3)$$

При замерах скорости воздуха более 1 м/с расчет производится по формуле:

$$v = \left(\frac{\frac{H}{Q} - 0,16}{0,47} \right)^2 \quad (4)$$

Определение скорости воздуха при замере кататермометром

H/Q	$v, \text{ м/с}$	H/Q	$v, \text{ м/с}$
0,28	0,040	0,39	0,226
0,29	0,051	0,40	0,250
0,30	0,063	0,41	0,276
0,31	0,076	0,42	0,303
0,32	0,090	0,43	0,331
0,33	0,106	0,44	0,360
0,34	0,122	0,45	0,391
0,35	0,141	0,46	0,423
0,36	0,160	0,47	0,456
0,37	0,181	0,48	0,490
0,38	0,203	0,49	0,526

3. Определение относительной влажности воздуха

Относительная влажность воздуха чаще всего определяется стационарным психрометром Августа и аспирационным Ассмана рис.2 и 3. Принцип действия психрометров основан на измерении разности показаний сухого и мокрого термометров. Резервуар мокрого термометра обернут батиновой тканью (можно марлей), постоянно смачиваемой водой. Чем суше окружающий воздух, тем интенсивнее испарение влаги с ткани, тем больше охлаждается термометр. По разности температур сухого и мокрого термометров, называемой психрометрической разностью, определяется относительная влажность воздуха:

- аналитический (по формуле 5);
- по психрометрическим таблицам;
- по диаграммам влажного воздуха.

3.1. Аналитический способ определения влажности

Если известны температура воздуха по сухому T_c и мокрому T_m термометрам при барометрическом давлении $P_{бар}$, то по Приложению 1 определяется парциальное давление водяного пара в воздухе при этих температурах и полном насыщении $P_{с нас}$ и $P_{м нас}$ и далее находится относительная влажность воздуха по формуле:

$$\varphi = \frac{P_{м нас} - AP_{бар}(T_c - T_m)}{P_{с нас}} \cdot 100\% \quad (5)$$

где A — психрометрический коэффициент. Зависит от скорости движения воздуха (v , м/с) около резервуара мокрого термометра.

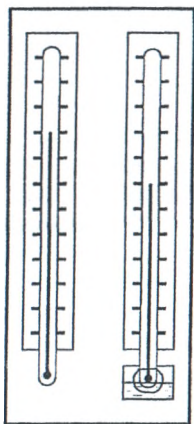


Рис. 2. Психрометр Августа



Рис. 3. Психрометр Ассмана

Значение коэффициента A определяется по формуле:

$$A = 10^{-5} (65 + 6,75/v) \quad (6)$$

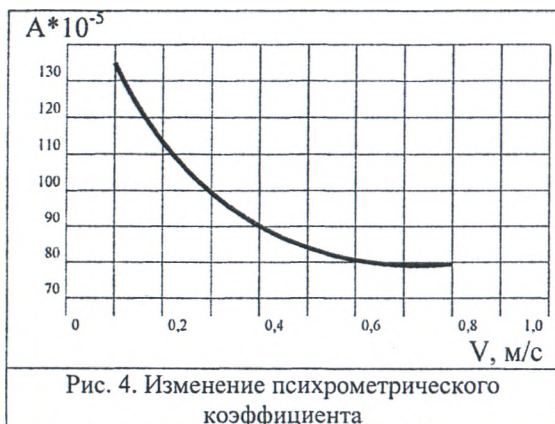
На рис. 4 представлена зависимость изменения психрометрического коэффициента A от скорости движения воздуха.

Как видно из графика, коэффициент A при малых скоростях воздуха резко изменяется, а при скорости 2,5 м/с и более приближается к постоянному значению. Таким образом, измерения при малых скоростях движения воздуха всегда будут менее точны, чем при больших скоростях из-за неустойчивого значения коэффициента A .

Относительная влажность воздуха на текстильных предприятиях определяется обычно по показаниям открытых термометров Августа, которые устанавливаются стационарно, в нескольких точках помещения.

При этом скорость движения воздуха является величиной малой и может колебаться от 0,1 до 1 м/с в разных точках в зависимости от организованного вентиляции движения воздушных потоков. Следует учитывать также, что на показание открытого сухого термометра кроме степени нагрева воздуха влияет лучистое тепло от теплых и холодных поверхностей различных окружающих предметов (стены, здания, машины и т.д.). Поэтому для получения более точно-

го значения относительной влажности воздуха следует учитывать вышеуказанные факторы.



Относительную влажность воздуха, близкую к действительной, можно определить только аспирационным психрометром Ассмана. Сухой и мокрый термометры этого прибора находятся в металлических футлярах, поэтому они не подвергаются действию лучистого тепла от окружающих предметов. Кроме того, оба термометра всегда находятся в потоке воздуха, движущегося около резервуаров

с постоянной скоростью 2,5 м/с, создаваемой вентилятором прибора.

Поставив значение психрометрического коэффициента $A=0,000677$ для психрометра Ассмана в формулу (6) и приняв $P_{бар} = 746$ мм.рт.ст., получим формулу для определения относительной влажности по аспирационному психрометру:

$$\varphi = \frac{P_{м\ пас} - 0,5(T_c - T_m)}{P_{с\ пас}} 100\% \quad (7)$$

3.2. Определение влажности по психрометрическим таблицам

Для вычисления относительной влажности по показаниям сухого и мокрого термометров пользуются различными таблицами, составленными для определения скорости воздуха.

При замерах T_c и T_m психрометром Августа в производственных помещениях применяется таблица для скорости движения воздуха 0,3 м/с (Приложение 2). Такой же таблицей снабжены стационарные психрометры Августа.

Для аспирационного психрометра Ассмана влажность определяется по психрометрической таблице, приведенной в Приложении 3.

3.3. Определение влажности по i-d диаграмме

Относительную влажность воздуха с достаточной точностью можно определить по i-d диаграмме, если известны T_c и T_m .

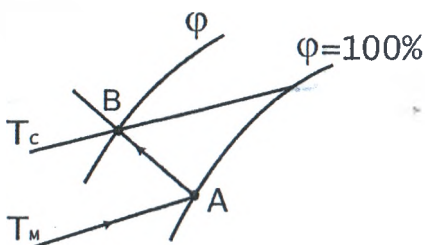


Рис. 5. Определение влажности по i - d диаграмме

Можно принять, что воздух около шарика мокрого термометра имеет влажность 100% и температуру T_m , что соответствует на i - d диаграмме точке A (рис. 5). Влага с поверхности шарика термометра испаряется за счет теплосодержания воздуха, поэтому процесс изменения состояния воздуха можно считать адиабатическим, т.е. проходящим по линии $i=\text{const}$. Точку B получим, ведя из точки A линию $i=\text{const}$ до пересечения с изотермой T_c . Линия постоянной относительной влажности, проходящая через точку B даст искомую влажность.

ПРИМЕЧАНИЕ: указанным способом можно определить влажность и при замерах психрометром Августа, но перед снятием показаний прибора следует обмахивать его при помощи листа бумаги.

4. Порядок выполнения работы

1. Подготовить психрометры Августа и Ассмана к проведению замеров:

а) в точке замера установить стойку для подвешивания психрометров;
б) смочить ткань мокрого термометра при помощи пипетки. Чашечку психрометра Августа наполнить водой, обратив внимание на расстояние между шариком мокрого термометра и поверхностью воды, которое должно быть не менее 20 мм;

в) повесить термометры на кронштейн стойки;

г) завести до отказа пружину психрометра Ассмана.

2. Через 3-5 минут списать установившиеся показания психрометров T_c и T_m в протокол замеров.

Произвести 3 замера через 10-15 мин. При этом следует помнить, что дыхание человека на термометры или взятие термометров руками вблизи шариков искажает показание прибора и, следовательно, влияет на точность определения влажности.

3. По средним значениям T_c и T_m вычислить относительную влажность воздуха (формула 5) и оформить протокол № 2.

4. Произвести замер подвижности воздуха в исследуемой точке помещения при помощи кататермометра и секундомера. Для этого необходимо:

а) нагреть кататермометр в горячей воде ($T_0 \approx 70^\circ\text{C}$), наблюдая за спиртом, который должен подняться по капилляру (без пузырьков) в верхний резервуар прибора;

б) протереть прибор сухой тряпкой и повесить его на стойку;

в) наблюдая за спиртом, при помощи секундомера измерить время падения столбика спирта по шкале с 38°C до 35°C . Данные свести в протокол № 3.

г) произвести соответствующие расчеты для определения v м/с.

5. Результаты работы свести в протокол № 4.

5. Оформление работы

Протокол №1

Данные замеров

Тип психрометра	Замер №1		Замер №2		Замер №3		Средние значения	
	$T_c, ^\circ\text{C}$	$T_m, ^\circ\text{C}$	$T_c, ^\circ\text{C}$	$T_m, ^\circ\text{C}$	$T_c, ^\circ\text{C}$	$T_m, ^\circ\text{C}$	$T_c, ^\circ\text{C}$	$T_m, ^\circ\text{C}$
Простой (Августа)								
Аспирационный (Ассмана)								

Протокол №2

Данные расчетов

Тип психрометра	Температура, $^\circ\text{C}$		Парциальное давление, мм.рт. ст.		Относительная влажность, %		
	T_c	T_m	$P_{c \text{ нас}}$	$P_{m \text{ нас}}$	$\varphi_{\text{ан}}$	$\varphi_{\text{табл}}$	$i-d$
Простой (Августа)							
Аспирационный (Ассмана)							

Протокол №3

Определение подвижности воздуха по кататермометру
Фактор прибора $F=612 \text{ мкал/см}^2$

№	Температура воздуха, $^\circ\text{C}$	Время охлаждения, τ , сек.	$H=F/\tau$	$Q=36,5-T_c$	H/Q	$v=f(H/Q)$
Замер 1						
Замер 2						
Среднее значение						

Оценка метеоусловий для холодного периода года
в помещении для категории работ _____

Параметры	Оптимальные	Допустимые	Фактические
$T, ^\circ\text{C}$			
$\varphi, \%$			
$v, \text{м/с}$			

Записать краткое заключение с выводами, в которых сравнить замеры относительной влажности воздуха разными психрометрами и разными способами, указать наиболее точную величину, обосновав ее точность.

Сравнить исследуемые условия с нормируемыми параметрами.

6. Контрольные вопросы

1. Что входит в понятие микроклимат?
2. С какой целью проводится обследование метеоусловий на производстве?
3. Как организуют исследования параметров микроклимата в помещении?
4. Какие приборы используются для измерения температуры, относительной влажности и подвижности воздуха?
5. Способы определения относительной влажности воздуха?

Литература

1. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

СОДЕРЖАНИЕ

Цель работы	2
Общие сведения	2
1. Нормирование метеоусловий в помещении	2
1.1. Температура воздуха	4
1.2. Влажность воздуха	4
1.3. Подвижность воздуха	5
2. Определение подвижности воздуха	5
3. Определение относительной влажности воздуха	6
3.1. Аналитический способ определения влажности	6
3.2. Определение влажности по психрометрическим таблицам	8
3.3. Определение влажности по t - d диаграмме	8
4. Порядок выполнения работы	9
5. Оформление работы	10
6. Контрольные вопросы	11
Литература	11

Парциальные давления водяных паров в насыщенном состоянии
при температурах сухого и мокрого термометров, мм.рт.ст.

Температура, °C <i>устье</i>	Разность показаний сухого и мокрого термометров, °C <i>дальше</i>									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	9,21	9,27	9,33	9,4	9,46	9,52	9,58	9,65	9,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,48
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,08	11,16
13	11,23	11,30	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,89	12,95	13,04	13,12	13,20	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,72	13,81	13,90	14,00	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,53	14,63	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,88	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,68	16,79	16,89	17,00	17,10	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,08	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,76	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,56	20,69	20,82	20,94
23	21,20	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,84	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,78	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,64	24,76	24,91	25,05
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58

Психрометрическая таблица для определения относительной влажности воздуха (психрометр Августа)

Температура сухого тер- мометра, °C	Температура мокрого термометра, °C										
	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0
15,0	49	53	58	63	68	73	78	84	89	94	100
15,5	45	50	54	59	64	69	74	79	84	89	95
16,0	41	46	50	55	60	64	69	74	79	84	89
16,5	38	42	47	51	56	60	65	70	75	79	84
17,0	35	39	43	47	52	56	61	66	70	75	80
17,5	32	36	40	44	48	53	57	61	66	71	75
18,0	29	33	37	41	45	49	53	58	62	66	71
18,5	26	30	34	38	42	46	50	54	58	63	67
19,0	23	27	31	35	39	42	46	51	55	59	63
19,5	21	24	28	32	36	39	43	47	51	55	59
20,0	19	22	26	29	33	37	40	44	48	52	56
20,5	16	20	23	27	30	34	37	41	45	49	53
21,0	-	17	21	24	28	31	35	38	42	46	50
21,5	-	-	19	22	25	29	32	36	39	43	46
22,0	-	-	-	20	23	26	30	33	36	40	43
22,5	-	-	-	-	21	24	27	31	34	37	41
23,0	-	-	-	-	19	22	25	28	31	35	38
23,5	-	-	-	-	-	20	23	26	29	32	36
24,0	-	-	-	-	-	-	21	24	27	30	33
24,5	-	-	-	-	-	-	-	22	25	28	31
25,0	-	-	-	-	-	-	-	-	23	26	29

Психрометрическая таблица для определения относительной влажности воздуха (психрометр Ассмана)

Показания мокрого термомет- ра, °C	Разность показаний сухого и мокрого термометров, °C																		
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
8	100	93	86	80	74	69	63	58	54	49	45	42	37	33	30	27	25	21	18
9	100	93	86	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39	35	32	29	27	24	21
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41	38	34	31	28	26	23
11	100	94	88	82	77	72	67	62	58	55	50	47	43	40	36	33	30	28	25
12	100	94	88	83	78	73	68	63	59	56	52	48	44	42	38	35	32	30	27
13	100	94	88	84	78	70	68	63	59	57	53	56	46	43	40	37	34	32	29
14	100	94	89	84	79	74	70	66	62	58	54	51	47	45	41	39	36	34	31
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43	41	37	36	33
16	100	95	90	85	80	75	72	67	64	60	57	53	50	48	44	42	39	37	32
17	100	95	90	85	81	76	73	68	65	61	58	54	52	49	46	44	40	39	36
18	100	95	90	85	81	76	74	69	66	62	59	56	53	50	47	45	42	40	37
19	100	95	91	86	82	77	74	70	66	63	60	57	54	51	48	46	43	41	39
20	100	95	91	86	82	78	75	71	67	64	61	58	55	53	49	47	44	43	40
21	100	95	91	86	83	79	75	71	68	65	62	59	56	54	51	49	46	44	41
22	100	95	91	87	83	79	76	72	69	65	63	60	57	55	52	50	47	45	42
23	100	96	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46	43
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59	56	53	52	49	47	44