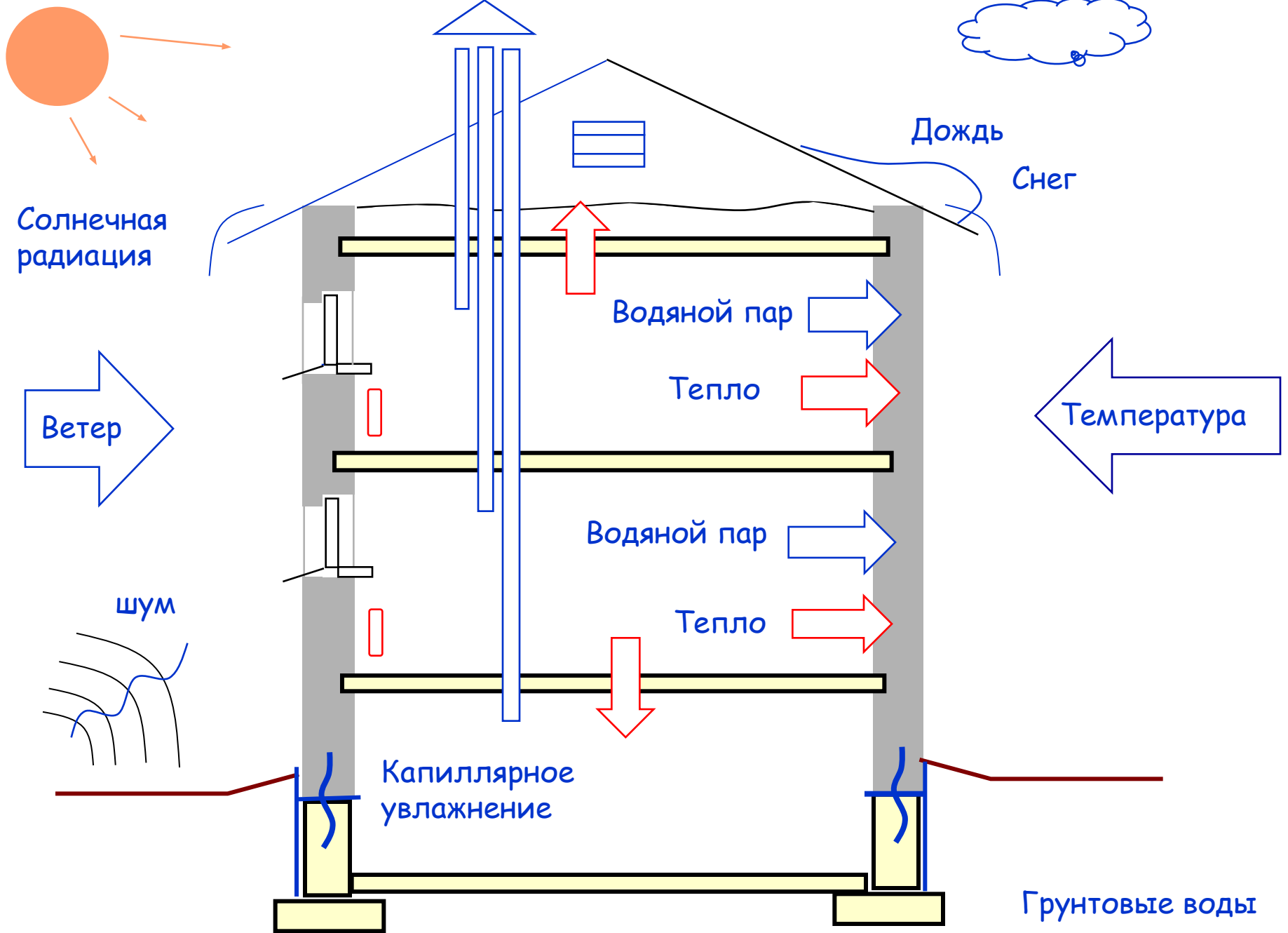




# МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЙ



**Тема 1.  
МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЙ.  
Основные понятия и  
определения.**






**Микроклиматом помещений** называют совокупность параметров внутренней среды помещений, оказывающих воздействие на человека.

**Основные параметры микроклимата:**

- температура воздуха;
- скорость движения воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- результирующая температура помещения;
- локальная асимметрия результирующей температуры.

**Требования к параметрам микроклимата** устанавливаются ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», а также рядом санитарными норм и правил для помещений различного назначения. В частности СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям», СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и др.

При проектировании зданий и систем их инженерного оборудования расчетные параметры микроклимата принимаются по требованиям строительных норм и правил. В частности СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные», СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», СНиП 31-03-2001 «Здания промышленных предприятий», СНиП 2.10.03-84 «Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения» и др.



Требуемые параметры микроклимата должны обеспечиваться системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в обслуживаемой (рабочей) зоне помещений.

**Обслуживаемая зона помещения** (зона обитания) — пространство в помещении, ограниченное плоскостями, параллельными полу и стенам: на высоте 0,1 и 2,0 м над уровнем пола (но не ближе чем 1 м от потолка при потолочном отоплении), на расстоянии 0,5 м от внутренних поверхностей наружных и внутренних стен, окон и отопительных приборов.

Различают оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

В соответствии с терминологией ГОСТ 30494-96, **оптимальные параметры микроклимата** - сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении.



**Допустимые параметры микроклимата** - сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции и не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья.

Требуемые параметры микроклимата: оптимальные, допустимые или их сочетания - устанавливаются в нормативных документах в зависимости от назначения помещения и периода года.

**Помещение с постоянным пребыванием людей** — помещение, в котором люди находятся не менее 2 ч непрерывно или 6 ч суммарно в течение суток.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результуирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
Холодный	Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)	45-30	60	0,15	0,2
	То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21-23	20-24 (22-24)	20-22	19-23 (21-23)	45-30	60	0,15	0,2
	Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	НН*	НН	0,15	0,2
	Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	НН	НН	0,15	0,2
	Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	НН	НН	0,15	0,2
Холодный	Помещения для отдыха и учебных занятий	20-22	18-24	19-21	17-23	45-30	60	0,15	0,2
	Межквартирный коридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60	0,15	0,2
	Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	НН	НН	0,2	0,3
	Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	НН	НН	НН	НН
Теплый	Жилая комната	22-25	20—28	22-24	18-27	60-30	65	0,2	0,3

\* НН — не нормируется

Примечание — Значения в скобках относятся к домам для престарелых и инвалидов



## Относительная влажность воздуха

В воздухе помещений всегда содержится определенное количество влаги в виде водяного пара. Пар поступает в воздух за счет испарения с открытых и смоченных водных поверхностей (ванная, аквариумы, влажная уборка помещений, испарения с поверхности тела человека), с выдыхаемым воздухом, при приготовлении пищи, поступает с атмосферным воздухом через открытые форточки или систему вентиляции и пр.

Количество влаги в граммах, содержащееся в  $1 \text{ м}^3$  воздуха характеризует его **абсолютную влажность** (действительное влагосодержание) и обозначается  $f$ ,  $\text{г/м}^3$ .


Количество влаги (водяного пара), которое может быть воспринято воздухом имеет конечный предел, который зависит от температуры воздуха  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$  и его барометрического давления  $B$ , Па (это связано с энергией теплового движения молекул). Максимальное количество водяного пара, которое может содержаться в воздухе при заданной температуре и барометрическом давлении называется **максимальной абсолютной влажностью** (максимальным влагосодержанием)  $F$ ,  $\text{г/м}^3$ .

Чем ниже температура воздуха и ниже барометрическое давление, тем меньшее количество водяного пара может содержаться в воздухе, то есть тем меньше величина  $F$ .

Для оценки степени насыщения воздуха водяным паром используется понятие относительной влажности воздуха  $\phi$ .







**Относительная влажность воздуха** выражается в процентах и определяется отношением действительного влагосодержания  $f$  к максимально возможному влагосодержанию  $F$  при заданной температуре

$$\phi = \frac{f}{F} \cdot 100\% . \quad (2.1)$$


В теплотехнических расчетах удобнее пользоваться понятием **парциальное давление водяного пара  $e$** , Па. Величина парциального давления характеризует давление водяного пара, который он производил бы в условном объеме, если бы все другие газы, входящие в состав атмосферного воздуха, отсутствовали («парцио» - часть).

Взаимосвязь между парциальным давлением  $e$  и абсолютным влагосодержанием  $f$  водяного пара описывается формулой

$$f = \frac{1,058 \cdot e}{(1+t / 273)} , \quad (2.2)$$

где  $t$  - температура воздуха, °С.

Соответственно, максимальное влагосодержание воздуха характеризуется максимальным парциальным давлением водяного пара  $E$ , Па. Это давление называют еще **парциальным давлением насыщенного водяного пара**, исходя из состояния воздуха максимально



насыщенного водяным паром. В таблице 1 приведены справочные значения максимального парциального давления насыщенного водяного пара при различных температурах наружного воздуха и барометрическом давлении  $B = 100,7$  кПа (755 мм рт.ст.).

Относительная влажность воздуха также может быть определена через отношение парциальных давлений

$$\phi = \frac{e}{E} \cdot 100\% . \quad (2.3)$$

Таким образом, для оценки влажностного состояния воздуха используется ряд понятий, позволяющих охарактеризовать как абсолютное содержание влаги в воздухе, так и относительную степень его насыщения.

Параметры воздуха (температура, относительная влажность, парциальное давление водяного пара) тесно связаны между собой. При поступлении в воздух водяного пара (например, при влажной уборке помещений) увеличивается его влагосодержание  $f$ , соответственно увеличивается величина парциального давления  $e$ , и как следствие, увеличивается относительная влажность  $\phi$ . То есть, при неизменной температуре воздуха его относительная влажность может возрастать или уменьшаться при поступлении или удалении влаги.



Изменение относительной влажности воздуха может происходить и за счет изменении его температуры. Так, при снижении температуры воздуха в помещении (например, в холодный период года при отключении в помещении системы отопления) влагосодержание воздуха  $f$  и соответственно величина парциального давления  $e$  не изменяются, но величина парциального давления насыщенного водяного пара  $E$ , начинает уменьшаться. Соответственно начинает возрастать относительная влажность  $\phi$ . При какой-то температуре воздуха  $t_d$ , величина  $e$  станет равна  $E$ . То есть наступит состояние полного насыщения воздуха водяным паром. Величина относительной влажности в этом случае будет равняться 100%. Молекулы водяного пара начнут собираться в капли (конденсироваться), в помещении появится туман или конденсат. Температура  $t_d$ , при которой наступает полное насыщение воздуха водяным паром ( $\phi = 100\%$ ) и называется **температурой точки росы**.

Процессы выпадения конденсата часто наблюдаются в природе. Например, образование тумана утром над рекой - воздух, насыщенный влагой, за ночь охлаждается до температуры точки росы, что и сопровождается появлением тумана. Или обмерзание остекления оконных блоков зимой - воздух из помещения соприкасается с холодным остеклением, температура слоев воздуха, соприкасающихся со стеклом понижается, из воздуха выпадает конденсат, замерзающий в виде инея или наледей.

Аналогичные процессы происходят и при образовании капель конденсата на поверхности стеклянной бутылки летом, вынутой из холодильника.



## Температура воздуха

Для характеристики температурного режима помещений при оценке микроклимата используют следующие понятия:

- температура воздуха;
- радиационная температура помещения;
- результирующая температура помещения;
- локальная асимметрия результирующей температуры.

Ведение нескольких понятий обусловлено тем, что ощущения человека с точки зрения теплового комфорта зависит не только от температуры окружающего воздуха, но еще и от температуры ограждающих конструкций. Даже при высокой температуре воздуха человек может чувствовать себя дискомфортно, если стены, окна, потолок или перегородки, ограждающие помещение, будут иметь низкую температуру. Это обусловлено радиационными (лучистыми) потерями тепла с поверхности тела человека. В этой связи ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» устанавливает определенные требования не только по температуре воздуха помещения, но и по результирующей температуре, локальной асимметрии результирующей температуры.



**Радиационная температура помещения** - осредненная по площади температура внутренних поверхностей ограждений помещения и отопительных приборов.

Радиационная температура  $t_r$  определяется по результатам замеров шаровым термометром или рассчитывается по данным замеров температур и площадей ограждающих конструкций и отопительных приборов (устройство шарового термометра - см. ниже в разд.1.2).

При проведении замеров шаровым термометром:

$$t_r = t_b + m \sqrt{V (t_b - t_p)} \quad , \quad (1.4)$$

где  $t_b$  — температура по шаровому термометру, °C;  $m$  — константа, равная 2,2 при диаметре сферы до 150 мм;  $V$  - скорость движения воздуха, м/с;  $t_p$  — температура воздуха в помещении, °C;

При замерах температур поверхностей ограждений и отопительных приборов

$$t_r = \Sigma (A_i t_i) / \Sigma A_i \quad , \quad (1.5)$$


где  $A_i$  — площадь внутренней поверхности ограждений и отопительных приборов, м<sup>2</sup>;  $t_i$  — температура внутренней поверхности ограждений и отопительных приборов, °C.

**Результирующая температура помещения** - комплексный показатель радиационной температуры и температуры воздуха помещения.

Результирующую температуру помещения  $t_{su}$  при скорости движения воздуха до 0,2 м/с следует определять по формуле

$$t_{su} = \frac{t_p + t_r}{2} \quad , \quad (1.6)$$

$t_r$  — радиационная температура помещения, °C.



При скорости движения воздуха от 0,2 до 0,6 м/с  $t_{su}$  следует определять по формуле

$$t_{su} = 0,6 t_p + 0,4 t_r \quad . \quad (1.7)$$

**Локальная асимметрия результирующей температуры** - разность результирующих температур в точке помещения, определенных шаровым термометром для двух противоположных направлений

$$t_{asu} = t_{su1} - t_{su2} \quad , \quad (1.8)$$

где  $t_{su1}$  и  $t_{su2}$  — температуры, °С, измеренные в двух противоположных направлениях шаровым термометром.

### **Скорость движения воздуха**

При оценке параметров микроклимата помещений скорость движения воздуха  $V$ , м/с, определяется как осредненная по объему обслуживаемой зоны скорость движения воздуха .

Скорость воздуха измеряется крыльчатыми анемометрами. Малые величины скорости движения воздуха (менее 0,5 м/с), особенно при наличии разнонаправленных потоков, измеряется термоэлектроданемометрами, а также цилиндрическими и шаровыми кататермометрами при защищенности их от теплового излучения.

## Измерение температуры воздуха

Наиболее простым способом измерения температуры является использование физического свойства тел изменять первоначальный объем с изменением температуры. Большинство веществ с повышением температуры увеличивается в объеме, а с понижением уменьшается. На этом принципе основано действие жидкостных термометров. Объем резервуара и измерительного капилляра может быть заполнен ртутью, подкрашенным спиртом, толуолом и другими веществами.

Помимо жидкостных термометров для измерения температуры могут быть использованы:

- термопары, действие которых основано на возникновении слабого электрического тока в цепи разнородных металлов, при помещении двух спаев этих металлов в среды с различными температурами; сила тока (величина ЭДС) пропорциональна разности температур на противоположных спаях и изменяется по линейному закону;

- термометры сопротивления, в которых используется свойство проводников изменять электрическое сопротивление с изменением температуры;

- биметаллические датчики, принцип действия которых основан на различной степени удлинения двух разнородных металлов.

В настоящее время, приборы для измерения температуры воздуха включают датчик (термопару или термометр сопротивления) и электронный блок с цифровым выводом измеренных значений.

Для непрерывного длительного контроля и записи изменений температуры могут применяться:

- метеорологические термографы с биметаллическими датчиками температуры (принцип действия прибора основан на свойстве биметаллической пластины менять радиус изгиба с изменением температуры окружающей среды, и передавать эти изменения посредством передаточного механизма на стрелку с пером, записывающую температуру на ленте барабанного часового механизма);

- самопишущие автоматические приборы КСТТ, позволяющие подключать несколько термопар и вести запись на бумажную ленту;





- электронные блоки с датчиками температуры (термопары или термометры сопротивления), позволяющими вести запись на встроенный блок памяти или передавать информацию на ПК.

### **Измерение влажности воздуха**

Измерение влажности воздуха производят на основе следующих физических эффектов:

- психрометрического эффекта, состоящего в том, что увлажненный термодатчик (термометр) показывает более низкую температуру по сравнению с сухим, так как на испарение влаги с поверхности увлажненного термодатчика расходуется определенное количество тепла; разность температур сухого и влажного датчиков тем больше, чем ниже влажность воздуха, и чем следовательно интенсивнее протекает процесс испарения;

- свойстве обезжиренного волоса (или специальной ткани) изменять длину в зависимости от влажности воздуха.

Одним из простейших приборов для измерения относительной влажности воздуха является гигрометр. Основным рабочим элементом гигрометра является обезжиренный человеческий волос, закрепленный одним концом в винте установочного устройства, другим концом - в передаточном механизме, жестко связанном с осью стрелки. Под действием небольшого грузика волос всегда находится в натянутом состоянии. Изменение длины волоса, зависящее от изменения относительной влажности воздуха, передается шкале гигрометра, которая перемещаясь относительно шкалы, указывает относительную влажность воздуха в %. Цена деления шкалы прибора -1%. Прибор требует периодической проверки и настройки.





Более точные и устойчивые показания дает аспирационный психрометр Ассмана. Принцип действия прибора основан на замере психрометрической разности показаний двух термометров (сухого и влажного) при обдуве их воздухом с одинаковой скоростью и защищенных от лучистого тепла и воздействия ветра. Психрометр Ассмана состоит из двух одинаковых ртутных термометров, закрепленных в специальной оправе. Резервуар правого термометра обернут батистом в один слой и перед работой смачивается водой при помощи пипетки. Резервуары термометров вставлены во всасывающие трубки и объединены воздухопроводной трубкой, которая крепится к аспирационной головке. В аспирационной головке размещен вентилятор с приводом, который протягивает воздух со скоростью  $\sim 2$  м/с. Выпускаются модификации психрометров с механическим и электрическим приводом. От механических повреждений и лучистого нагрева термометры защищены специальными колпачками.

Относительная влажность воздуха определяется по специальным таблицам (см. табл.2.5) на основании показаний сухого термометра и психрометрической разности между показаниями сухого и влажного термометров.

### **Измерение радиационной температуры воздуха**

Измерение радиационной температуры воздуха, а также локальной асимметрии результирующей температуры производится с помощью шаровых термометров.

Шаровой термометр представляет собой зачерненную снаружи (степень черноты поверхности не ниже 0,95) полую сферу, изготовленную из меди или другого теплопроводного материала, внутри которой помещен либо стеклянный термометр, либо термоэлектрический преобразователь.

Шаровой термометр для определения локальной асимметрии результирующей температуры представляет собой полую сферу, у которой одна половина шара имеет зеркальную поверхность (степень черноты поверхности не выше 0,05), а другая — зачерненную поверхность (степень черноты поверхности не ниже 0,95).

Измеряемая в центре шара температура шарового термометра является равновесной температурой от радиационного и конвективного теплообмена между шаром и окружающей средой.

### Измерение скорости движения воздуха

Скорость воздуха измеряется крыльчатками анемометрами. Малые величины скорости движения воздуха (менее 0,5 м/с), особенно при наличии разнонаправленных потоков, могут измеряться термоэлектроанемометрами, а также цилиндрическими и шаровыми кататермометрами при защищенности их от теплового излучения.



#### ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ И СКОРОСТИ ВОЗДУХА ИСП-МГ4

Прибор ИСП-МГ4 предназначен для измерения средней скорости направленных воздушных потоков и их температуры в вентиляционных системах (воздуховодах, каналах, коробах) промышленных и гражданских зданий, а также для измерения средней скорости ветра и температуры окружающего воздуха.

Прибор имеет энергонезависимую память результатов измерений.

#### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Наименование характеристик	ИСП-МГ4
Диапазон измерения скорости воздушного потока, м/сек	0,3...30
Диапазон измерения температуры воздуха, С	-10...+100
Основная погрешность измерения:	
- скорости потока, м/сек	+0,1+0,05·V
- температуры, С	+0,5
Питание от батареи типа "Корунд" (6F22), В	6...9
Габаритные размеры, мм:	
- электронного блока	177х90х30
- датчика	диам. 60х260
Масса прибора с преобразователем скорости потока, не более, кг	0,4

#### КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ:

- электронный блок: