

**МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ
МЕТЕОФАКТОРОВ НА ОРГАНИЗМ**

Постоянство температуры тела



Комплексные показатели теплообмена

*Физическая
оценка
факторов*

Приборы:

- влажный шаровой термометр Холдена
- кататермометры Хилла
- шаровой термометр Вернона

*Оценка
тепловых
нагрузок и
физиологическог
о напряжения*

**Формулы, шкалы,
номограммы:**

- метод эффективных температур

- метод результирующих температур

*Оценка теплового
обмена между
телом человека и
окружающей
средой*

Клинико-физиологические исследования:

- температура тела, вес, ЧСС, АД, газообмена и др.

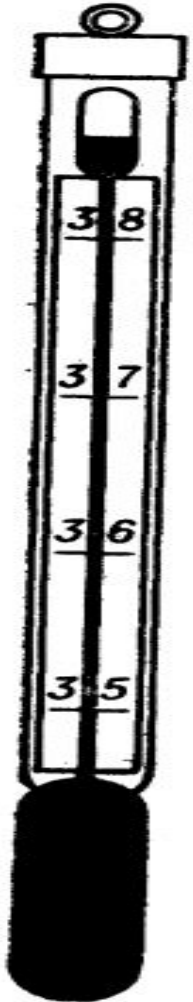
- холодовая проба

- йодокрахмальная проба Минора

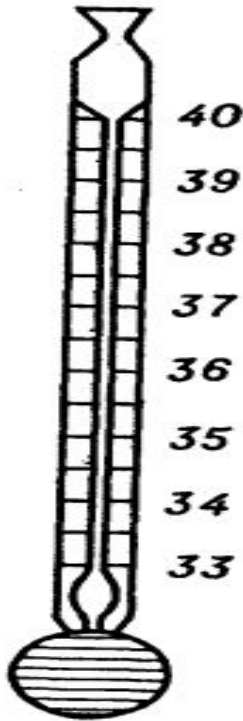
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОХЛАЖДАЮЩИХ СВОЙСТВ И ПОДВИЖНОСТИ ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ КАТАТЕРМОМЕТРА

- Одним из способов **оценки величины теплопотерь организма человека** является *метод кататермометрии*, позволяющий определить величину **потери тепла физическим телом в зависимости от температуры и скорости движения воздуха.**

Кататермометр Хилла
(1) и шаровой
кататермометр (2)



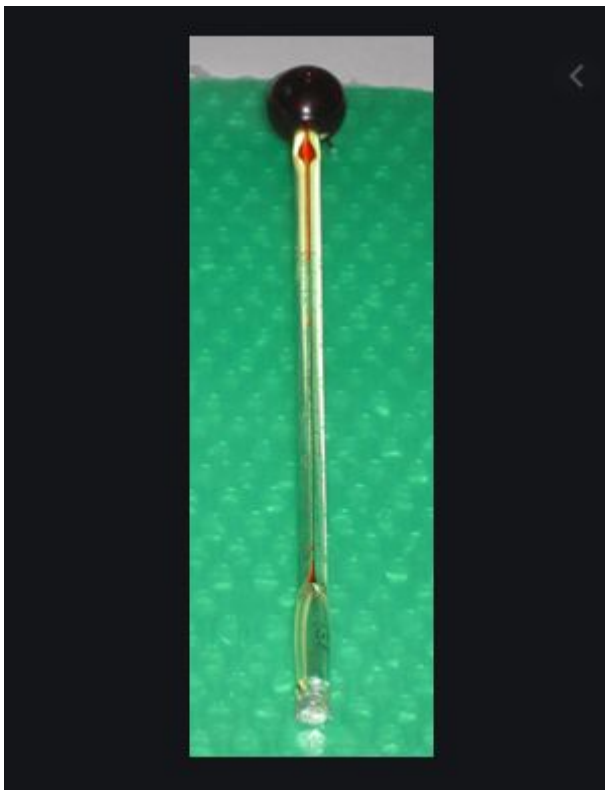
1



2

- У кататермометра Хилла шкала термометра разделена на градусы от 35 до 38 °С.
- Шаровой кататермометр в отличие от цилиндрического имеет температурную шкалу от 33 до 40 °С. Измерение по нему проводится так же, как и по цилиндрическому, с тем лишь различием, что наблюдение за охлаждением прибора проводят в диапазоне 40-33°С, 39-34°С, 38-35°С, т.е. при условии, когда **среднеарифметическое значение высшей (T_1) и низшей (T_2) температуры должно составлять 36,5 °С.**

Кататермометр шаровой



- При охлаждении кататермометра с 38 до 35° он отдает с 1 см^2 своей поверхности определенное количество тепла, которое точно устанавливают в милликалориях при изготовлении прибора и обозначают на его стенке как **фактор F прибора**; каждый кататермометр обладает своим определенным *постоянным* фактором. Величина фактора (F) прибора определяется и проставляется на кататермометре в заводских условиях при изготовлении.

- Использование **кататермометра** при гигиенических исследованиях основано на том, что **поверхность его резервуара условно уподобляется в отношении потери тепла коже человека**. Считают, что теплопотери кожи человека со средней температурой **36,5°**, чему соответствует и средняя температура кататермометра
- **, пропорциональны потере тепла с поверхности резервуара кататермометра.**

Охлаждающей способностью воздуха (Н)

- Кататермометр регистрирует совместное тепловое действие метеорологических факторов, влияющих на теплоотдачу, за исключением влажности воздуха. Это действие, выраженное единой цифрой, называют **охлаждающей способностью воздуха** и обозначают через **Н**. Данный показатель, называемый также **катавеличиной**, может быть использован для суммарной оценки теплового

Виды работы	Состояние покоя	Легкая	Средней тяжести	Тяжелая
Катавеличина (Н)	4,5	6	8	10

Величину охлаждающей способности воздуха H определяют:

– Для кататермометра с цилиндрическим резервуаром и шкалой от 35 до 38⁰С по формуле:

$$H = \frac{F}{t}$$

- где F – фактор кататермометра с цилиндрическим резервуаром, (обозначен на тыльной стороне кататермометра);
- t – среднее время, за которое столбик спирта опустится от верхнего деления до нижнего, в секундах;

Величину охлаждающей способности воздуха H определяют:

Для кататермометра с шаровым резервуаром и шкалами от 33 до 40⁰С величина охлаждения рассчитывается по формуле

$$H = \frac{K(T_1 - T_2)}{t}$$

- ,
- где K - константа шарового кататермометра;
- F - фактор кататермометра с шаровым резервуаром, (обозначен на обратной стороне кататермометра);
- T_1 - верхний предел шкалы, ⁰С;
- T_2 - нижний предел шкалы, ⁰С;
- t – среднее время, за которое столбик спирта опуститься от T_1 до T_2 ⁰С, в секундах.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКВИВАЛЕНТНО-ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕМПЕРАТУР

- **Определение эффективных температур (ЭТ и ЭЭТ), как и кататермометрия, является методом оценки комплексного воздействия климатических условий, т.е. позволяет косвенным путем определить суммарное воздействие на организм трех метеорологических факторов: температуры, влажности и движения воздуха**

ЭЭТ

- **Эквивалентно-эффективная температура показывает эффект теплоощущения от одновременного воздействия на организм температуры, влажности и движении воздуха в определенных их сочетаниях между собой. Она выражается в градусах эквивалентно-эффективных температур ($^{\circ}$ ЭЭТ).**

ЭТ

- **Эффективная температура** – это условная температура, показывающая эффект теплоощущения, зависящий от **одновременного воздействия температуры и влажности в условиях неподвижного воздуха** .
Эффективной температурой называется эквивалентно-эффективная температура при скорости движения воздуха **равной 0**.



- Установление **градусов эффективной температуры**, соответствующих определенному самочувствию человека, было произведено следующим образом: были устроены **две камеры**, в которых создавались **разные метеорологические условия**. В первой камере поддерживались **постоянные условия**: определенная температура при **влажности - 100%** и **скорости движения воздуха - 0 м/сек**, во второй камере **все метеорологические**

- Например, человек испытывает теплоощущение при температуре $17,7^{\circ}\text{C}$; 100% относительной влажности и скорости движения воздуха 0 м/сек, такое же, как и при $22,4^{\circ}\text{C}$, при 70% относительной влажности и скорости движения воздуха 0,5 м/сек. При этом **эффективная температура равна $17,7^{\circ}$ ЭТ.**

- **Эффективная температура** есть характеристика метеорологических условий, производящих тот же **тепловой эффект, что и неподвижный воздух при 100% влажности и определенной температуре.**

Недостатки метода ЭТ

- Существенным недостатком является то, что он ориентирован на изучение условий теплоотдачи в зависимости от физических свойств внешней среды и **не учитывает тех физиологических реакций, которые компенсируют теплопотери и обеспечивают поддержание теплового баланса.**
- В основу построения графиков эффективной температуры положены совершенно **нефизиологические условия - неподвижный воздух при 100% влажности.**

«Зона комфорта»

- Все эффективные температуры, при которых **50% испытуемых лиц** чувствовали себя хорошо, были отнесены к так называемой "**зоне комфорта**".
- «Зона комфорта» **обычно одетых людей, находящихся в покое, лежит в пределах 17,2 - 21,7 градусов эффективной температуры;**

«Линия комфорта»

- В пределах ее была установлена **линия комфорта**, при которой **90%** лиц чувствовали себя комфортно.
- **Линия комфорта находится в пределах 18,1 - 18,9° ЭТ.**

Определение эффективной температуры по таблицам

- Существуют две таблицы-шкалы эффективных температур:
- **нормальная шкала** для обычно одетых людей в условиях выполнения легкой работы
- **основная**, применяемая для определения эффективной температуры для полубнаженных лиц.

Нормальная шкала ЭЭТ

Показания сухого термо- метра, °C	Скорость движения воздуха в м/мин														
	0			15			30			60			90		
	Относительная влажность воздуха в %														
	100	50	20	100	50	20	100	50	20	100	50	20	100	50	20
12	12	11,3	11,1	10,8	10,5	10,2	9,9	9,6	9,4	7,9	8,0	8,0	6,1	6,3	6,4
13	13	12,1	11,8	12,0	11,4	11,1	11,0	10,3	10,3	9,1	8,9	8,7	7,3	7,4	7,4
14	14	13,0	12,5	13,1	12,3	12,0	12,1	11,2	11,2	10,3	10,0	9,7	8,6	8,4	8,4
15	15	13,9	13,3	14,1	13,2	12,8	13,1	12,4	12,0	11,5	11,0	10,6	10,0	9,8	9,5
16	16	14,7	14,1	15,2	14,1	13,5	14,3	13,4	12,8	12,7	12,0	11,6	11,3	10,5	10,5
17	17	15,5	14,8	16,2	15,2	14,2	15,3	14,3	13,6	13,9	13,0	12,5	12,5	11,4	11,4
18	18	16,3	15,5	17,3	16,2	15,0	16,4	15,2	14,4	15,1	14	13,3	13,7	12,7	12,4
19	19	17,2	16,3	18,4	17,3	15,7	17,5	16,1	15,3	16,2	14,9	14,2	15,0	13,8	13,4
20	20	18,0	17,0	19,4	18,4	16,6	18,7	17,0	16,0	17,4	15,9	15,1	16,2	14,8	14,4
21	21	18,8	17,7	20,4	19,4	17,4	19,8	17,8	16,7	18,5	16,7	15,8	17,4	15,9	15,1
22	22	19,5	18,3	21,4	20,4	18,3	20,9	18,6	17,5	19,6	17,6	16,7	18,6	18,9	16,0
23	23	20,3	19,0	22,5	21,4	19,1	21,9	19,4	18,3	20,9	18,6	17,5	19,9	17,9	16,7
24	24	21,1	19,7	23,5	22,5	19,9	23,0	20,3	19,0	22,0	19,5	18,3	21,1	18,8	17,6
25	25	22,0	20,4	24,5	23,5	20,6	24,0	21,2	19,6	23,1	20,5	19,0	22,3	19,6	18,5
26	26	22,8	21,2	25,5	22,3	20,7	25,1	22,0	20,4	24,2	20,4	19,8	23,4	20,6	19,3
27	27	23,5	21,8	26,6	23,0	21,3	26,1	22,8	21,1	25,3	21,1	20,5	24,5	21,5	20,1
28	28	24,2	22,5	27,6	23,9	22,0	27,2	23,5	21,8	26,5	21,8	21,2	25,7	22,4	20,8

- Нормальная шкала эффективной температуры представлена в таблице по которой можно определить **эффективную температуру для различных сочетаний** величины температуры воздуха от 12 до 30⁰С, относительной влажности 100, 50, 20% и скорости движения воздуха 0; 15; 30; 60 и 90 м/мин.

Метод интерполяции

Требуется определить ЭЭТ для следующей комбинации трех факторов:
температура - 18,3⁰С,
относительная влажность - 56%,
скорость движения воздуха - 25 м/мин (0,41 м/с).

- Сначала находят ЭЭТ для 18⁰ С, т.е. ближайшую меньшую ЭЭТ, и для 19⁰ С, т.е. ближайшую большую ЭЭТ, беря для влажности и движения воздуха ближайшие меньшие величины - 50% и 15 м/мин.
- Получаем: для 19⁰ - 16,6⁰ ЭЭТ; для 18⁰ - 15,7⁰ ЭЭТ.
- Рассчитываем ЭЭТ, соответствующую данной температуре (18,3⁰). Для этого находим разность между полученными ЭЭТ, т.е. $16,6 - 15,7 = 0,9^0$ ЭЭТ. Эта разность соответствует разности температур в таблице: $19 - 18 = 1^0$. Следовательно, для разности $18,3 - 18,0 = 0,30$ соответствующая разность в ЭЭТ будет $0,9 \times 0,3 = 0,27^0$ ЭЭТ.
- Если прибавить эту величину к ЭЭТ для 18⁰ (15,7⁰ ЭЭТ), то полученная ЭЭТ, т.е. $15,7 + 0,27 = 15,97^0$ ЭЭТ, будет соответствовать комплексу из температуры 18,3⁰, влажности 50% и скорости движения воздуха 15 м/мин.

Интерполяция влажности

- Находим ЭЭТ для **50% влажности**, т.е. ближайшую меньшую ЭЭТ, и для **100% влажности**, т.е. ближайшую большую ЭЭТ, беря для температуры и движения воздуха ближайшие меньшие величины - **18^0 и 15 м/мин**.
- Получаем: для 100% влажности - $17,3^0$ ЭЭТ; для 50% влажности – $15,7^0$ ЭЭТ. Разность **$17,3-15,7 = 1,6^0$ ЭЭТ** соответствует разности влажности в таблице ($100-50 = 50\%$). Для 1% влажности это составит $1,6:50 = 0,032$; для разности $56 - 50 = 6$ это составит $0,032 \cdot 6 = 0,19^0$ ЭЭТ. Прибавив эту величину к ЭЭТ для 50% влажности, т.е. **$15,7+0,19 = 15,89^0$ ЭЭТ**, получим ЭЭТ для комплекса из температуры 18^0 , влажности 56% и движения воздуха 15 м/мин.
- Интерполируя далее аналогичным образом скорость движения воздуха (25 м/мин) получим **$15,37^0$ ЭЭТ**.

**Находим среднее
арифметическое значение ЭЭТ**

$$\frac{15,97 + 15,89 + 15,37}{3} = 15,74^0$$

Расчет по формуле (для температуры)

$$X = A + \frac{B - A}{b - a} \cdot (c - a)$$

- где: X - искомая ЭЭТ, относящаяся к данному интерполируемому фактору;
- A - ЭЭТ, соответствующая "условиям A", т.е. ближайшим меньшим величинам температуры, влажности и движения; в нашем примере 180 температуры, 50% влажности и 15 м/мин движения дают A=15,70;
- B - ЭЭТ, соответствующая измененным "условиям A", в которых интерполируемый фактор, например температура, увеличен на ближайшую ступень по таблице, т.е. для 18⁰ температуры это будет 19⁰, B =16,6⁰ ЭЭТ;
- a - величина интерполируемого фактора в "условиях A";
- b - величина интерполируемого фактора в "условиях B", т.е. увеличенная на одну ступень;
- c - фактическая данная величина интерполируемого фактора.

Вспомогательная таблица

Величины, входящие в формулу	Интерполируемые факторы		
	температура X_1	температура X_2	температура X_3
A	15,7	15,7	15,7
a	18,0	50	15,0
b	19,0	100	25,0
c	18,3	56,0	15,0
B	16,6	17,3	15,2

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО НОМОГРАММЕ

Шаровой
термометр



- Результирующая температура (РТ) – суммарный показатель, позволяющий оценить одновременно тепловое действие на человека всех четырех основных метеорологических факторов: температуры, влажности, скорости движения воздуха и лучистого тепла, а также *отчасти* влияние *физической нагрузки и одежды*.
- Для определения *результирующей температуры* измеряют *температуру, абсолютную влажность и скорость движения воздуха, а также среднюю радиационную температуру.*

Шаровой термометр



- представляет собой шар диаметром 15 см, в центре которого находится резервуар **точного ртутного термометра для измерения температуры воздуха**. Шар изготовлен из тонкой листовой меди, латуни или другого материала (можно применять стеклянные круглодонные колбы, резиновые шары и др.) и покрыт равномерным **черным матовым слоем (копотью)**. Полость шара герметично закрыта.

РАДИАЦИОННАЯ ТЕМПЕРАТУРА

- Радиационная температура определяется как температура абсолютно черного тела, имеющего такую же энергетическую светимость, что и реальное тело.
- Радиационная температура всегда меньше истинной температуры тела.
- Средняя радиационная температура (СРТ) – это мера оценки уровня лучистого тепла. Определяют с помощью прибора - шарового термометра Вернона.

Радиационный баланс

- При $T_x > T_2$ – радиационный баланс отрицательный (человек теряет тепла больше, чем получает)
- При $T_x < T_2$ - радиационный баланс положительный (человек получает тепла больше, чем отдает).
- T_x — абсолютная температура кожи человека;
- T_2 — абсолютная температура окружающих поверхностей
- На потерю тепла излучением не влияют температура воздуха, его подвижность, относительная влажность, а только температура окружающих предметов

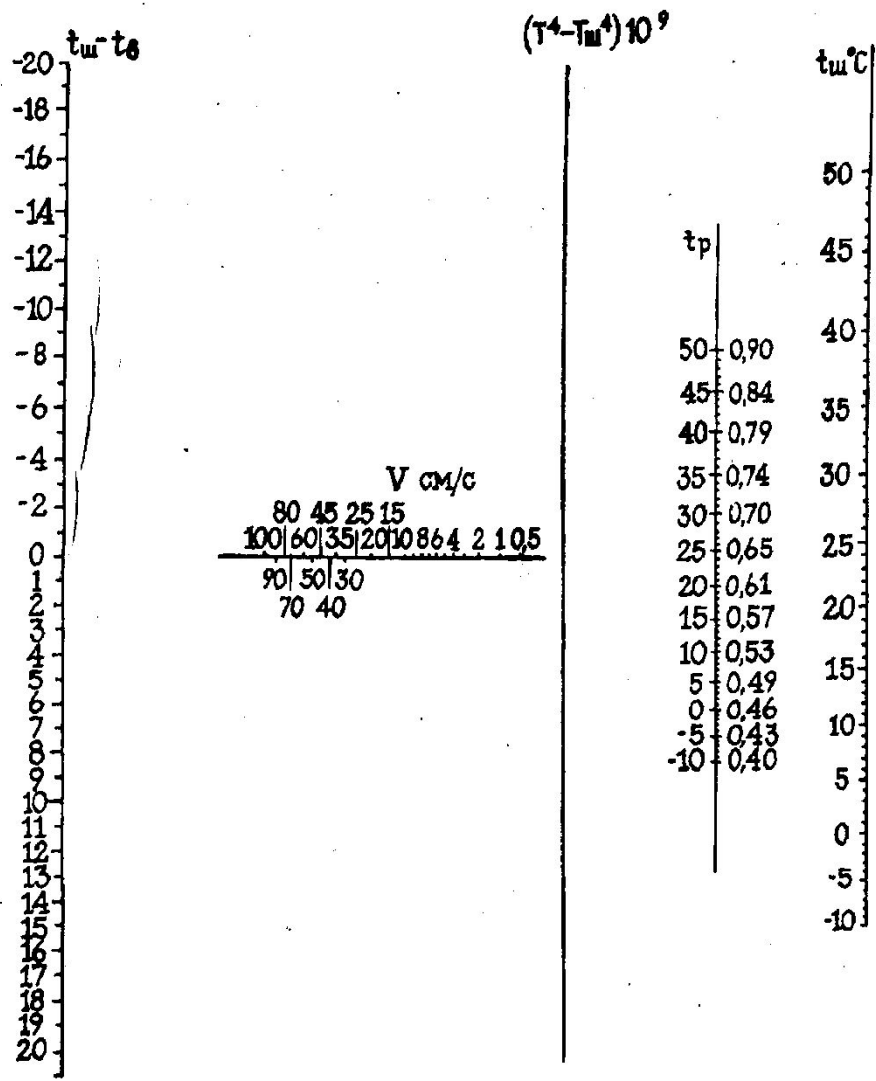
Порядок проведения измерений

измерений



- В намеченной точке шаровой термометр укрепляется на штативе, рядом подвешивается обыкновенный термометр, защищенный от влияния лучистой энергии (например, сухой термометр психрометра Ассмана). Показания обоих термометров записываются не ранее, чем через 15 мин. Одновременно здесь же измеряется скорость движения воздуха. Средняя радиационная температура определяется по результатам измерений с помощью номограммы

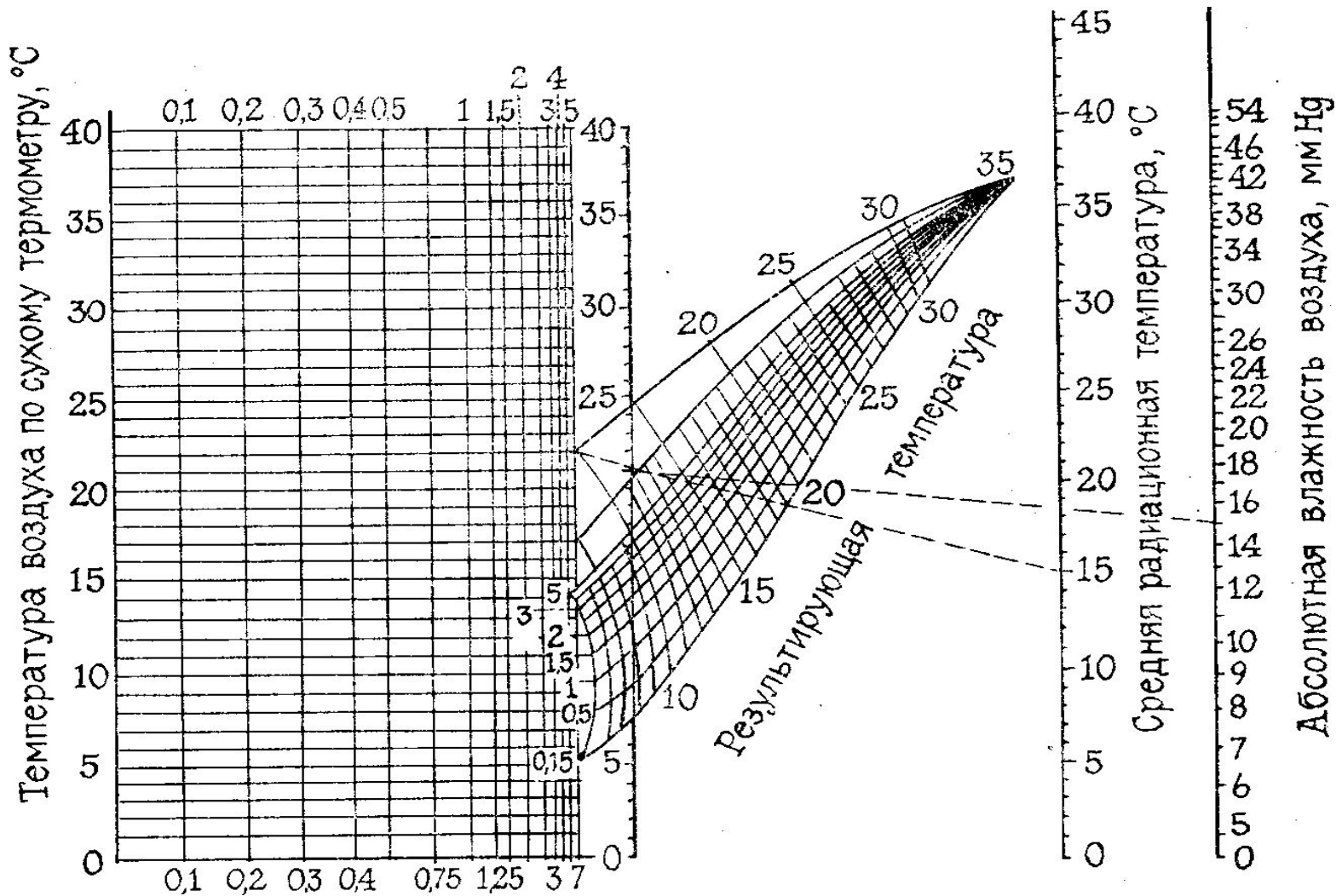
НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕЙ РАДИАЦИОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ



Допустим, что температура шарового термометра ($t_{\text{ш}}$) равна 25° , температура воздуха ($t_{\text{в}}$) $=20^\circ$, $V=0,1$ м/с (10 см/с). Найти среднюю радиационную температуру t_p .

- На **левой вертикальной шкале номограммы находят точку**, соответствующую разнице в показаниях шарового ($t_{\text{ш}}$) и сухого ($t_{\text{в}}$) термометров ($t_{\text{ш}} - t_{\text{в}}$). В нашем примере разница $25 - 20 = 5^\circ$. Если температура шара выше, чем температура воздуха, то отсчет ведут по нижней шкале (от нуля), при обратных соотношениях - по верхней ее части.
- На **горизонтальной шкале находят вторую точку, соответствующую скорости движения воздуха ($V=10$ см/с). Соединив обе точки прямой линией и продолжив последнюю до пересечения со второй вертикальной шкалой, находят поправку** к показаниям шара на нагревающее или охлаждающее действие подвижности воздуха.
- **Соединив точку, найденную на второй (слева) вертикальной шкале, с величиной температуры по шаровому термометру ($t_{\text{ш}}$), обозначенной на четвертой вертикальной шкале, производят отсчет средней радиационной температуры (t_p) в $^\circ\text{C}$ на третьей слева вертикальной шкале, а если необходимо, и соответствующую ей интенсивность излучения в $[\text{кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})]$. Полученным значением t_p (в нашем примере $t_p = 28,7^\circ$) пользуются при вычислении результирующей температуры**

Номограмма для определения результирующих температур при легкой работе

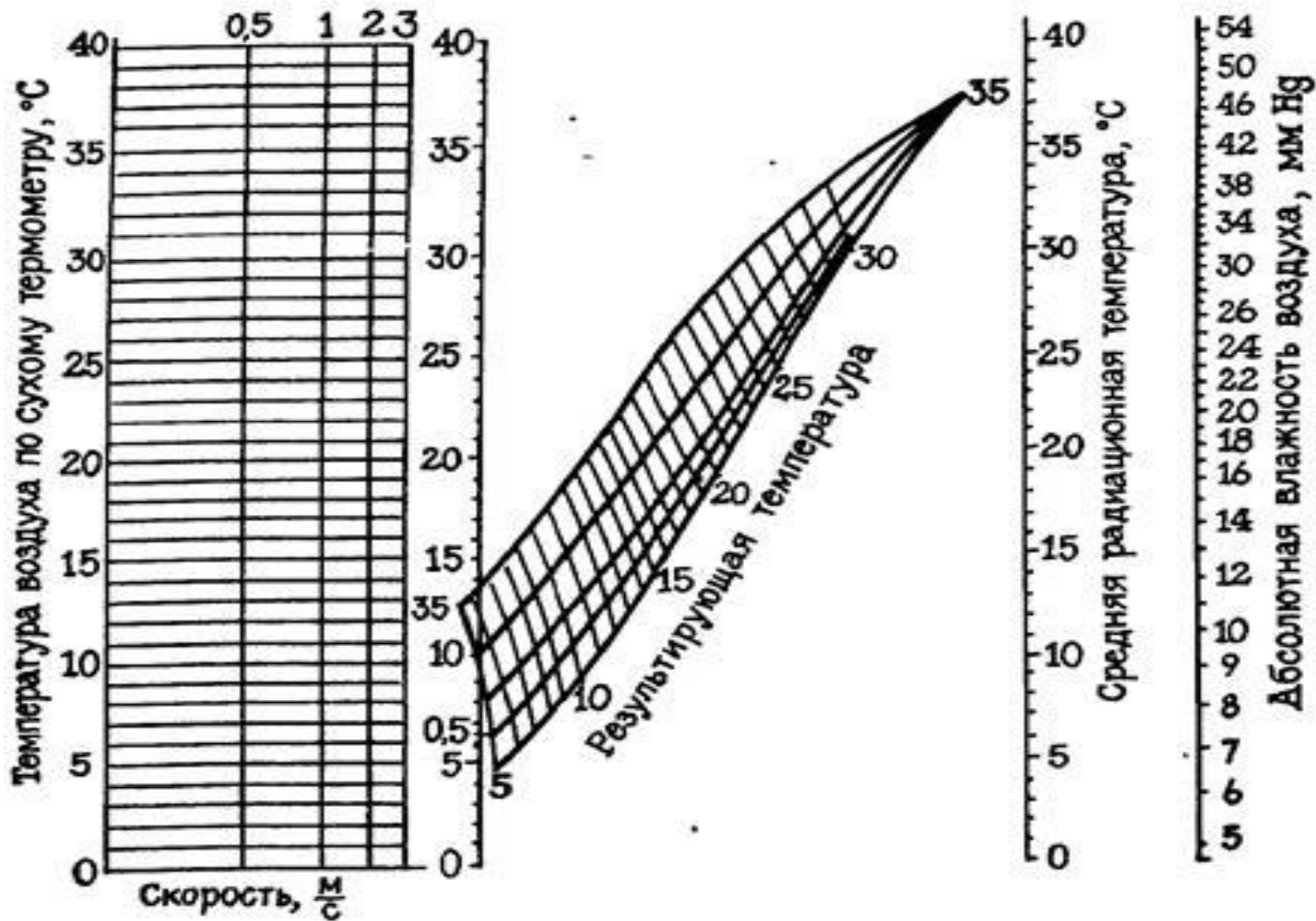


РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ИНДЕКСУ

- Измерение влажностью шаровым термометрами производится одновременно. В процессе измерения «влажный» термометр должен быть защищен от действия прямых солнечных лучей.
- P_T рассчитывается по формуле:
- где P_T - результирующая температура, в °C;
- $t_{вл}$ - температура влажного термометра психрометра Ассмана, °C;
- $t_{ш}$ - температура шарового термометра, °C.

$$P_T = 0,7t_{вл} + 0,3t_{ш}$$

Номограмма для определения результирующих температур при тяжелой работе



Порядок работы с

номограммой

- В левой части номограммы имеется сетчатая шкала. По вертикали на ней обозначена температура воздуха, по горизонтали - скорость движения воздуха. На пересечении линий соответствующих величин (температуры и скорости движения воздуха) устанавливают первую точку. Вторая точка берется на шкале средних радиационных температур, в зависимости от величины радиационной температуры. Точки соединяются прямой, которая пересечет первую вертикальную шкалу. Найденную на этой шкале точку соединяют с правой вертикальной шкалой, на которой нанесены значения абсолютной влажности воздуха.
- На пересечении данной линии с линией соответствующей скорости движения воздуха находят P_T , которую сравнивают с нормируемыми величинами

Оптимальные величины t_{i} для различной деятельности человека

Учебные помещения	18°
Общественные здания	$16^{\circ} - 17^{\circ}$
Плавательные бассейны, ванны, бани	$21^{\circ} - 22^{\circ}$
Палаты для больных	$20^{\circ} - 22^{\circ}$
Операционные	$25^{\circ} - 30^{\circ}$
Коридоры, лестницы, уборные	$12^{\circ} - 15^{\circ}$
Промышленные помещения при: очень легкой работе легкой работе работе средней тяжести тяжелой работе	18° $16^{\circ} - 18^{\circ}$ $13^{\circ} - 16^{\circ}$ $10^{\circ} - 16^{\circ}$

Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»

- Для оценки нагревающего микроклимата в помещении (вне зависимости от сезона года), а так же на открытой территории в теплое время года используется интегральный показатель – тепловая нагрузка среды (**ТНС-индекс**).
- **ТНС-индекс** – эмпирический интегральный показатель (0С), отражающий **сочетанное влияние температуры воздуха, скорости его движения, влажности и инфракрасного излучения на теплообмен человека с окружающей средой.**

Методы оценки комплексного действия метеофакторов на организм человека

<i>Методы оценки метеофакторов</i>	<i>Охлаждающая способность по кататермометру, Н</i>	<i>Эффективные температуры, ЭТ</i>	<i>Результирующие температуры, РТ</i>
Факторы, которые учитываются данным методом	Температура, скорость движения воздуха	Температура, влажность, скорость движения воздуха	Температура, влажность, скорость движения воздуха, интенсивность лучистого тепла
Оценка реакции	Охлаждение кататермометра	Ощущения человека	Ощущения человека
Единицы измерения	Потери тепла кататермометром в мкал/см ² ·с	Условные температуры	Условные температуры
Зона теплового комфорта при различных видах деятельности	Легкий труд – 5,5-7 мкал/см ² ·с Средней тяжести – 8,4-10 мкал/см ² ·с Тяжелый труд 15,4-18,4 мкал/см ² ·с	Легкий труд – 17,2-21,7 ЭТ Средней тяжести – 16,2-20,7 ЭТ Тяжелый труд – 14,7-19,2 ЭТ	Легкий труд – 16-18 РТ Средней тяжести – 13-16 РТ Тяжелый труд – 10-13 РТ
Недостатки метода	Метод не учитывает воздействие лучистого тепла. Охлаждение прибора приравнивается к реакции человека	Метод не учитывает воздействие лучистого тепла	Метод не учитывает индивидуальные особенности состояния здоровья человека

• **Данные методов определения ЭЭТ и РТ используются:**

- **при контроле установок для кондиционирования воздуха и для отопления помещений**
- **в гигиенических исследованиях**
- **в практике промышленно-санитарного надзора**
- **при изучении микроклимата на курортах и пр.**

исследования микроклимата методами комплексной его оценки

- В _____
- (наименование помещения, участка)
- Дата исследования _____
- Особенности отопления и вентиляции в помещении _____
- Источники лучистой энергии _____
-
- 1. Измерение охлаждающей способности воздуха кататермометром
- _____
- (указать его тип)
- Фактор прибора _____
- Температура воздуха _____
- Время опускания спирта по капилляру I _____ сек II _____ сек III _____ сек
- Охлаждающая способность воздуха, рассчитанная по соответствующей типу кататермометра формуле $H = \frac{F}{t}$
-
- 2. Определение ЭЭТ в обследованном помещении (участке) руководствуясь номограммой и замерами:
- Температуры _____
- Относительной влажности _____
- Скорости движения воздуха _____ м/с = _____ м/мин
- ЭЭТ составляет _____
-
- 3. Определение результирующей температуры.
- Показания шарового термометра в °С _____
- Показания обычного термометра в °С _____
- Скорость движения воздуха _____ м/сек = _____ см/сек
- Радиационная температура _____
- Абсолютная влажность _____
- Результирующая температура _____ °С _____
-

- **ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** Дать гигиеническую оценку скорости движения воздуха в помещении на основании сопоставления с соответствующими нормативами. Определив ЭЭТ в данном помещении, сделать вывод о его микроклимате (комфорт, тепловой дискомфорт, холодовой дискомфорт) с указанием, в каком направлении и в какой степени следует изменить по таблице ЭЭТ метеорологические условия (температуру, влажность и движение воздуха), чтобы создать гигиенический комфорт. На основании полученных данных и сопоставлении их с оптимальными величинами РТ дать оценку микроклимату исследуемого помещения.

-
- **Заключение:**

- **Дата**

Подпись преподавателя

-