

Научно – практическая конференция школьников «Эврика»

Приближенные тепловые расчеты одежды

Научно – исследовательский проект

Выполнен учеником 9 «Б» класса
СОШ № 74 г. Краснодара
Кочергой Егором Романовичем

Научный руководитель –
учитель математики СОШ № 74
Забашта Елена Георгиевна

Цель:

произвести приближенные тепловые
расчеты одежды
с учетом жизнедеятельности
организма

Задачи:

- ✓ изучить виды теплоотдачи;
- ✓ ознакомиться с системой терморегуляции организма;
- ✓ используя уравнения теплового баланса, произвести приближенные тепловые расчеты одежды.

Закон Фурье

$$Q_{\text{конд.}} = K \cdot F (t_1 - t_2) \cdot [\text{ккал/ч}],$$

- $Q_{\text{конд.}}$ – отдача тепла кондукцией;
- F – поверхность соприкосновения человека с предметом, м^2 ;
- t_1 – температура поверхности тела, $^{\circ}\text{C}$;
- t_2 – температура поверхности тела соприкосновения, $^{\circ}\text{C}$;
- K – коэффициент теплопередачи, зависящий от коэффициента теплопроводности и толщины пакета одежды.

Формула Витте

$$Q_p = 0,093 \cdot P \cdot (T_{ст} - T_T) \cdot [\text{ккал/мин}],$$

где

Q_p – теплоотдача радиацией, *ккал/мин*;

P – поверхность тела человека, м^2 ;

$T_{ст}$ – температура стен;

T_T – средневзвешенная температура тела.

Закон Стефана - Больцмана

$$Q_{рад} = C \cdot F_{изл} \cdot [(273-t_n/100)^4 - (273+t_o/100)^4] \cdot [\text{ккал/ч}].$$

Испарение с поверхности тела человека

- $Q_n = \alpha_B \cdot W \cdot F (P_K - P_B) \cdot [\text{ккал/ч}]$, где
- WF – часть поверхности тела, покрытая потом, м^2 ;
- W – коэффициент увлажнения кожи $\approx 0,2-1$;
- P_K – парциальное давление водяного пара в насыщенном воздухе, мм рт.ст. над кожей;
- P_B – парциальное давление водяного пара в окружающем воздухе, мм рт. ст. ;
- α_B – коэффициент перехода тепла во внешнюю среду при испарении пота ($\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм}$), для одетого человека $\alpha_B = 1,25K$, где K – коэффициент теплопередачи, для неодетого $\alpha_B = 10,45 + 8,7v$, где v – скорость воздуха.

$$Q = 0,001 \text{ тр},$$

где

p – удельная теплота испарения воды, *ккал/ч*;

m – количество влаги, испаренной в легких за 1ч, *ккал/ч*, определяемое разностью содержания влаги во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе.

Уравнение энергетического баланса организма человека:

$$M + J = Q_{\text{рад.}} + Q_{\text{конв.}} + Q_{\text{исп.}} + Q_{\text{дых.}} + Z,$$

где

M – энергия, вырабатываемая в организме человека (теплопродукция),
ккал/час;

Z – тепло, которое расходуется на механическую работу;

***Q*_{рад.}** – потери тепла радиацией (излучение), *ккал/ч*;

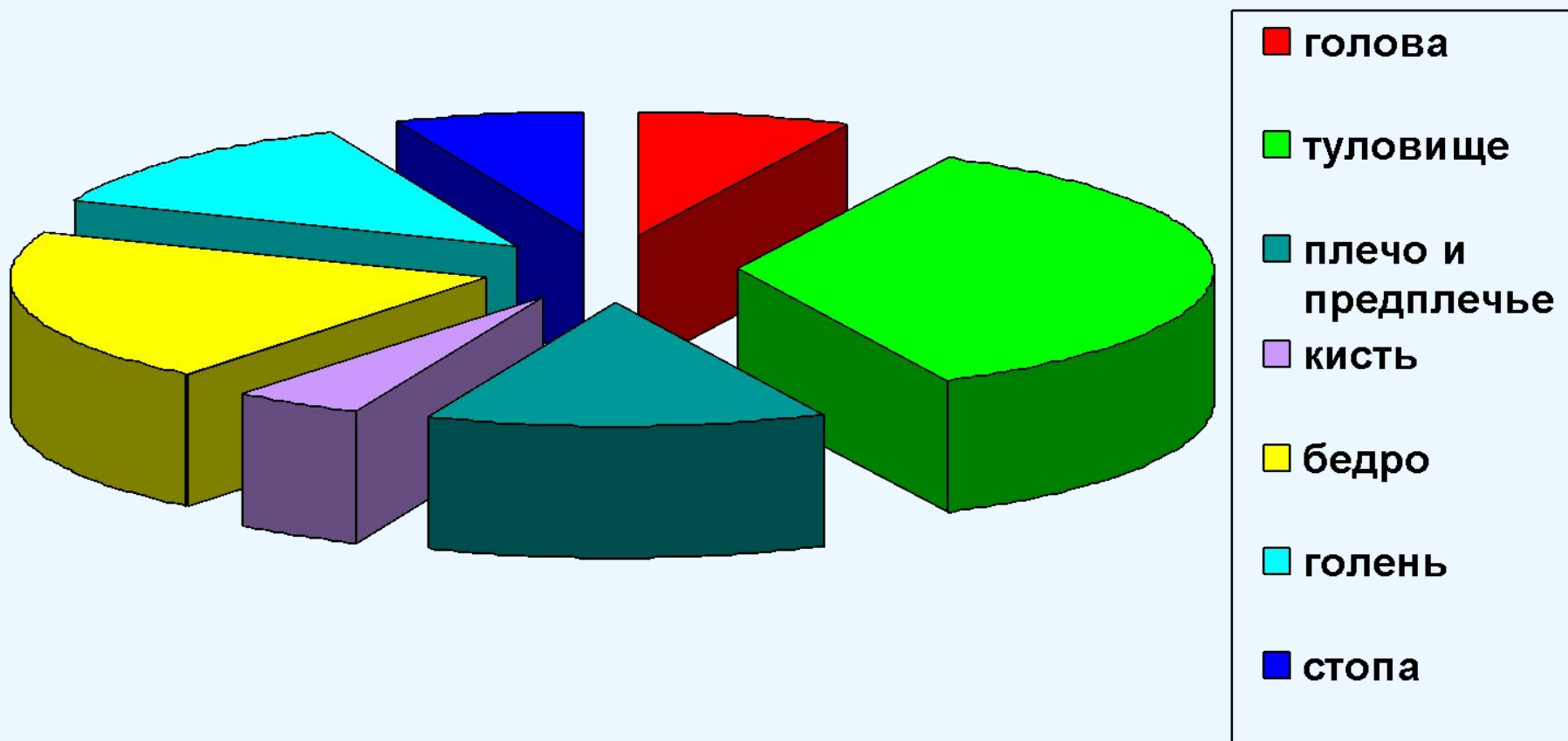
***Q*_{конв.}** – потеря тепла теплопроводностью и конвекцией;

***Q*_{исп.}** – потеря тепла испарением влаги с кожи и верхних дыхательных
путей, *ккал/ч*;

***Q*_{дых.}** – потеря тепла на нагрев вдыхаемого воздуха, *ккал/ч*;

J – адсорбция тепла радиацией, *ккал/ч*.

Соотношение поверхности частей к общей поверхности тела:





Резерв тепла организма

- $D = CP (0,7t_T + 0,3t_K)$
- D – дефицит тепла в организме, *ккал*;
- C – удельная теплоемкость тела человека, равная в среднем $0,83$ *ккал/кг • град*;
- P – вес тела человека, *кг*;
- t_T – температура тела в $^{\circ}\text{C}$;
- t_K – температура кожи в $^{\circ}\text{C}$.



1. $Z = (M - M_{\text{осн.}}) \cdot 10\% / 100\%;$

2. $Q_{\text{исп.}} = [(M + D/t) - Z] \cdot 20/100\% \cdot [(H + D/t) \cdot (M - M_{\text{осн.}}) \cdot 10\% / 100\%] \cdot 20/100\%$

3. $Q_{\text{исп.}} = (M + D/t) - Z - Q_{\text{исп.}} - Q_{\text{дых.}} = Q_{72M} + 0,028M_{\text{осн.}} + 0,8D/t - Q_{\text{дых.}}$

4. $q = Q_{\text{рад-конв.}} / S_{\text{общ.}}$

Суммарное тепловое сопротивление одежды

$$R_{\text{сум.}} = t_{\text{ср.взв.}} - t_{\text{в}} / q$$

Спасибо за внимание