

**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.

**Виды  
теплоотда  
чи**

**Теплопроводнос  
ть  
(кондукция)**

**Конвекция  
( проведение)**

**Радиация  
(излучение)**

**Дыхание и  
испарение пота  
и  
влаги в легких**

# 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,  $\text{м}^2$ ;
- $t_1$  – 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,  $\text{м}^2$ ;

$T_{ст}$  – 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

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

***Q*<sub>конв.</sub>** – потеря тепла теплопроводностью и конвекцией;

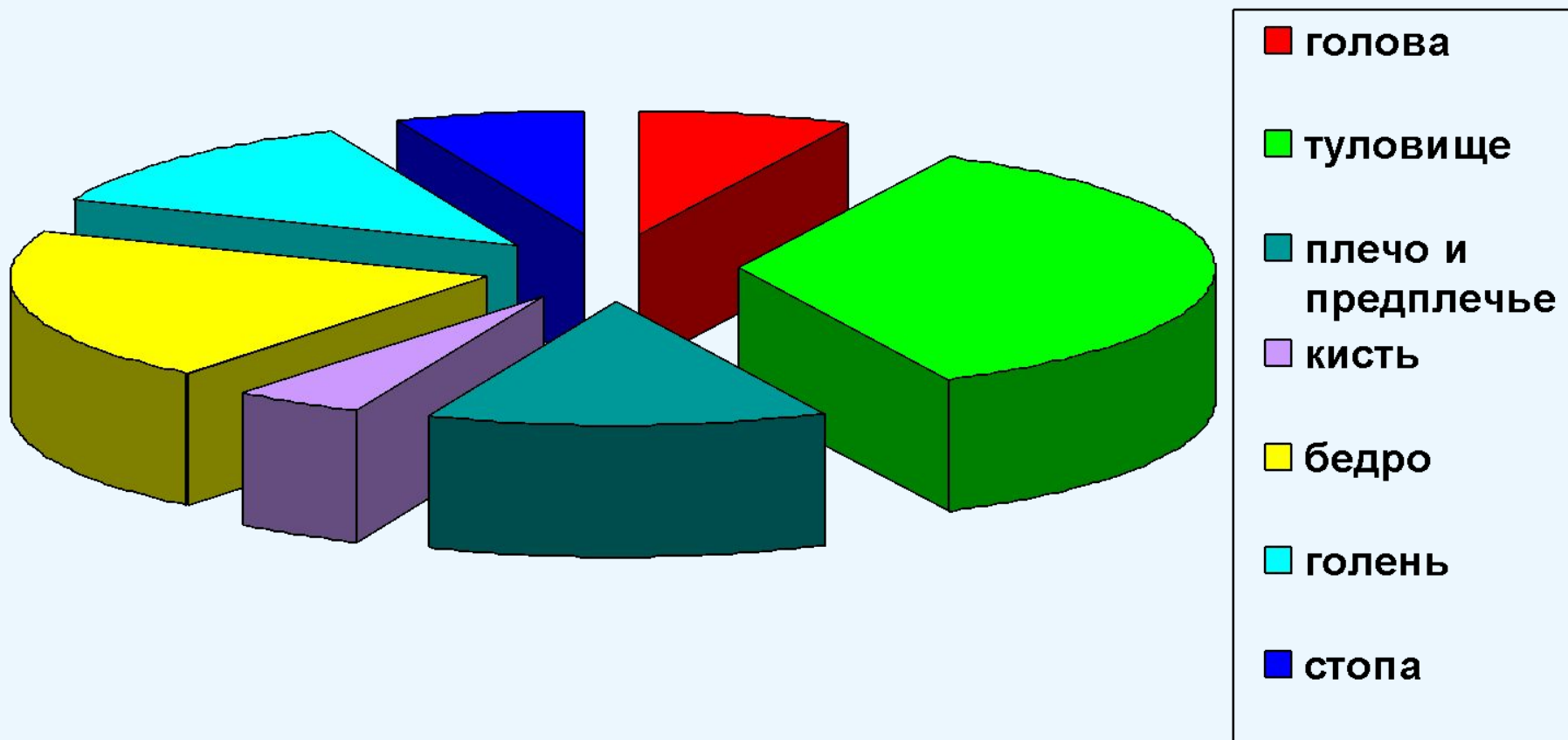
***Q*<sub>исп.</sub>** – потеря тепла испарением влаги с кожи и верхних дыхательных  
путей, *ккал/ч*;

***Q*<sub>дых.</sub>** – 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