



**ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

Лекция № 7

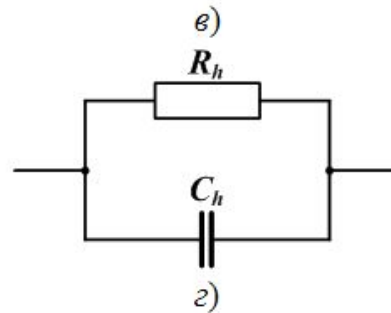
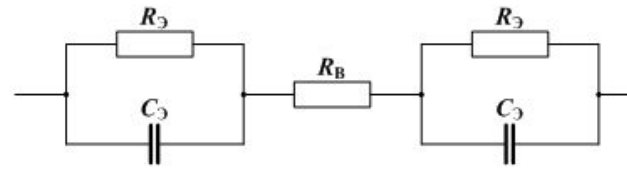
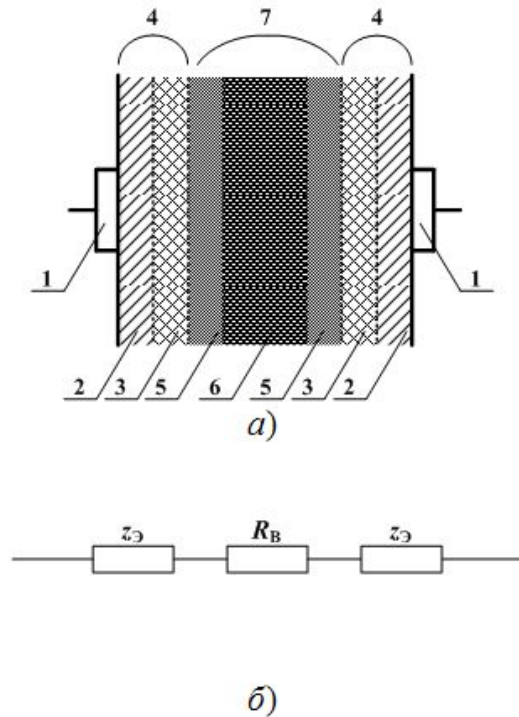
Электрическое сопротивление тела человека

1. Удельное сопротивление тела человека

При токе частотой 50 Гц удельное сопротивление составляет, Ом·м:

- сухой кожи..... $3 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4$
 - кости (без надкостницы)..... $10^4 - 2 \cdot 10^6$
 - жировой ткани.....30–60
 - мышечной ткани.....1,5 – 3
 - крови.....1 – 2
 - спинномозговой жидкости.....0,5 – 0,6
-

2. Факторы, влияющие на электрическое сопротивление тела человека



Выражение полного сопротивления тела человека запишется как

$$z_h = \frac{R_h}{\sqrt{1 + R_h^2 \omega^2 C_h^2}}, \text{ Ом,}$$

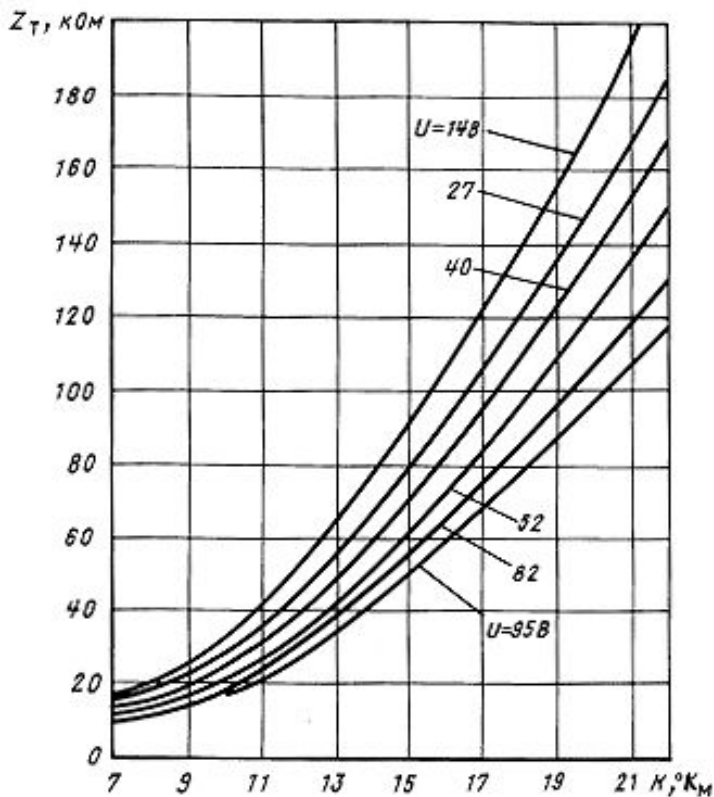
где $\omega = 2\pi f$ – угловая частота, с^{-1} ,

$C_h = 0,5 \cdot C_э$ – емкость тела человека.

К определению электрического сопротивления тела человека:

а – схема измерения сопротивления; б, в – эквивалентные схемы сопротивления тела человека; г – упрощенная эквивалентная схема; 1 – электроды; 2 – роговой слой кожи; 3 – ростковый слой кожи; 4 – наружный слой кожи – эпидермис (роговой и ростковый слои); 5 – внутренний слой кожи (дерма); 6 – подкожные ткани тела; 7 – внутренние ткани тела (внутренние слои кожи и подкожные ткани); $z_э$ – полное сопротивление эпидермиса; $R_в$ – сопротивление внутренних тканей; $R_э$ – активное сопротивление эпидермиса; $C_э$ – емкость образовавшегося конденсатора; R_h – активное сопротивление тела; C_h – емкость тела

2.1. Зависимость электрического сопротивления тела человека Z от параметров шахтного микроклимата



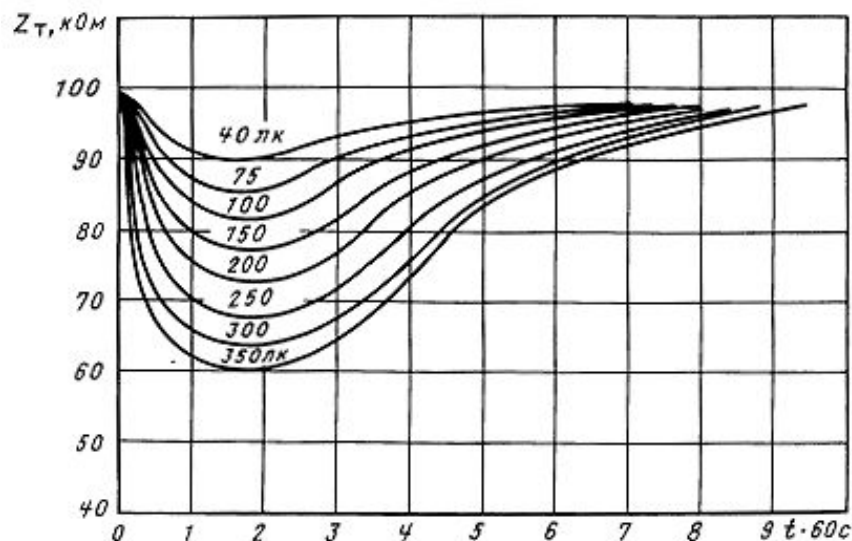
В зависимость сопротивления тела человека от параметров шахтного микроклимата можно представить в виде формулы:

$$Z = \frac{Z_T}{\xi} = \frac{0,45 \cdot K^{2,3}}{\sqrt[3]{U \cdot \xi}},$$

где Z – действительное сопротивление тела человека; Z_T – эмпирическое сопротивление тела человека на отрезке поражения от подушечки среднего пальца до подушечки большого пальца той же руки; ξ – коэффициент, зависящий от фактического пути тока: $\xi = 6$ для пути тока «рука-рука»; $\xi = 10$ для пути тока «рука-ноги»; $\xi = 9$ для пути тока «рука-спина»; K – шахтный микроклимат, K_M ; U – напряжение, приложенное к телу человека, В.

Шахтный микроклимат существенно влияет на условия поражения и электрофизиологию человеческого организма. При увеличении температуры и относительной влажности воздуха, определенных в «мокрых» катаградах, а также при снижении скорости движения воздуха в выработках, электрическое сопротивление тела человека не остается постоянным и также возрастает.

2.2. Зависимость электрического сопротивления тела Z человека от светового раздражителя



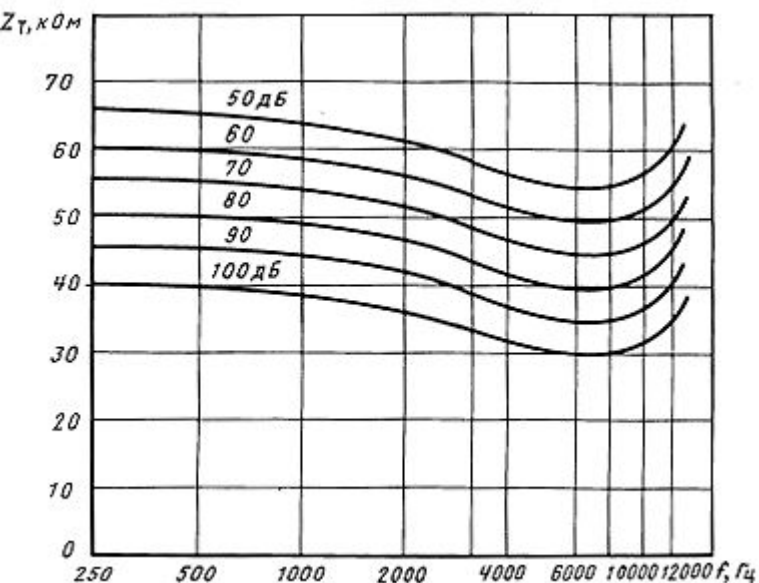
Зависимость сопротивления тела человека от уровня освещённости рабочего места:

$$Z = \frac{0,45 \cdot K^{2,3} - 0,05 \cdot E}{\sqrt[3]{U \cdot \xi}},$$

где K – шахтный микроклимат, K_m ; E – освещенность, лк.

Сопротивление тела человека, зрение которого адаптировалось к темноте, уменьшается в течение 1-2 мин с момента начала воздействия света и затем возвращается к норме в течение времени адаптации человека к изменившейся освещённости. Величина изменения сопротивления тела человека и продолжительность адаптации зависят от силы света и параметров микроклимата.

2.3. Зависимость электрического сопротивления тела Z человека от акустических раздражителей



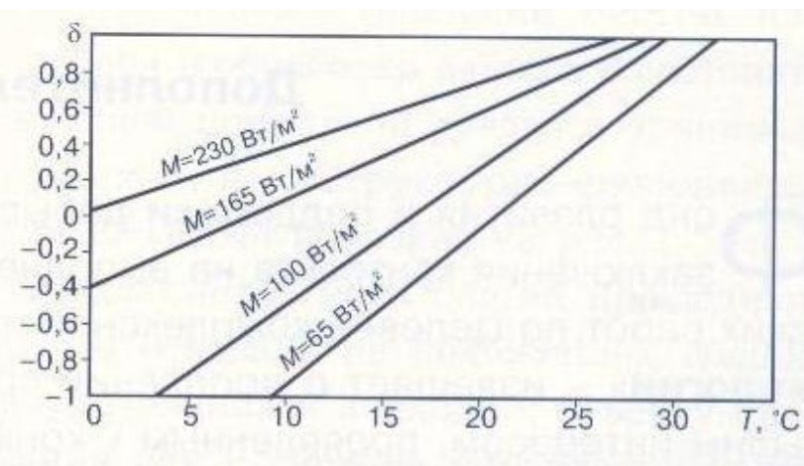
Зависимость сопротивления тела человека от уровня силы звука и частоты акустического раздражителя на рабочем месте:

$$Z = \frac{0,45 \cdot K^{2,3} - 1,3 \cdot L \cdot e^{-0,006 \cdot (f-7)^2}}{\sqrt[3]{U \cdot \xi}},$$

где L – уровень силы звука, дБ; f – частота акустического раздражителя, Гц; e – число Эйлера, $e = 2,718$.

Сопротивление тела человека изменяется под воздействием внешних акустических раздражителей и зависит не только от длительности воздействия, но и от частоты и силы акустического сигнала.

2.4. Зависимость электрического сопротивления тела Z человека от коэффициента теплового дискомфорта

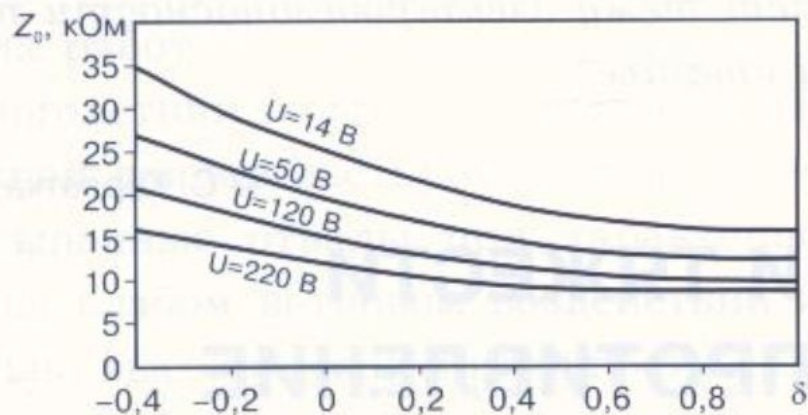


Климатические условия труда оцениваются коэффициентом теплового дискомфорта δ , величина которого безразмерна. Этот показатель определяет, в какой степени климатические условия труда в данной среде отличаются от стандарта теплового комфорта.

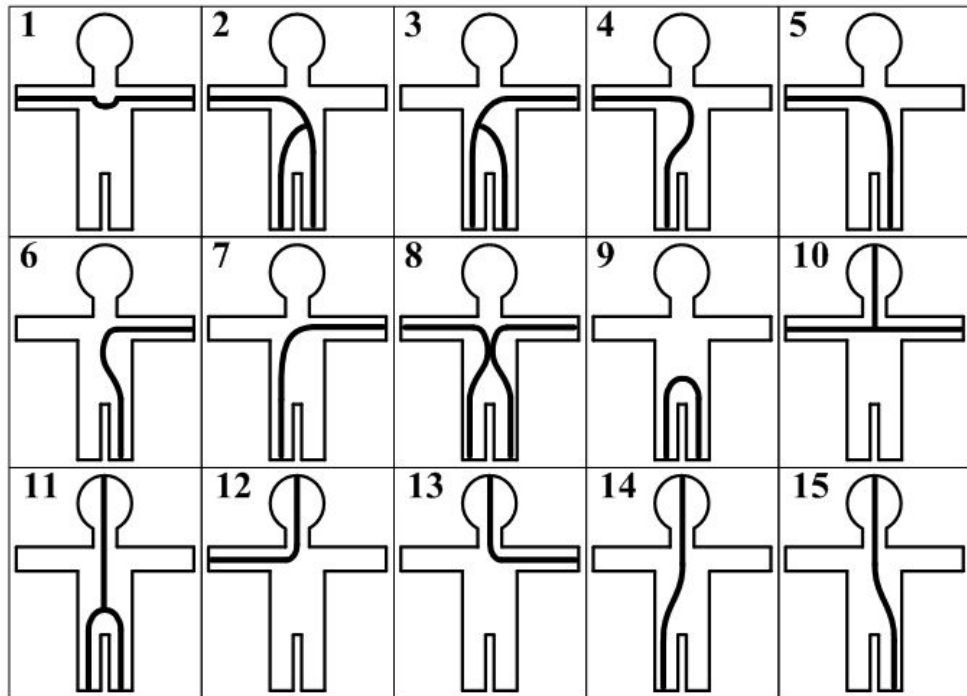
$\delta < 0$ – холодная внешняя среда; $\delta = 0$ – тепловой комфорт; $0 < \delta < 1$ – работа менее комфортна, но в целом безопасна для здоровья; $\delta \geq 1$ – работа некомфортная в тепловом отношении и опасная для здоровья.

Зависимость сопротивления тела человека от δ при известном напряжении поражающего тока:

$$Z = \frac{70(1 + \delta)^{-0,7}}{\sqrt[3]{U}}.$$



3. Влияние пути тока на исход поражения



Характерные пути тока в теле человека («петли тока»)

- 1 – «рука – рука»; 2 – «правая рука – ноги»; 3 – «левая рука – ноги»;
4 – «правая рука – правая нога»; 5 – «правая рука – левая нога»; 6 – «левая
рука – левая нога»; 7 – «левая рука – правая нога»; 8 – «обе руки – обе ноги»;
9 – «нога – нога»; 10 – «голова – руки»; 11 – «голова – ноги»;
12 – «голова – правая нога»; 13 – «голова – левая нога»; 14 – «голова – правая
нога»; 15 – «голова – левая нога»

Ощутимый ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения (пороговый ощутимый ток – наименьшее значение ощутимого тока).

Неотпускающий ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник (пороговый неотпускающий ток – наименьшее значение неотпускающего тока).

Фибрилляционный ток – электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца (пороговый фибрилляционный ток – наименьшее значение фибрилляционного тока).

3.1. Пороговые значения токов

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки

Род тока	Переменный, 50 Гц	Переменный, 400 Гц	Постоянный
Ток, мА, не более	0,3	0,4	1
Напряжение, В	2	3	8

пороговый осязаемый ток – 0,6–1,5 мА переменного с частотой 50 Гц и 5–7 мА – постоянного;

пороговый неотпускающий ток – 10–15 мА и более переменного с частотой 50 Гц и 50–80 мА постоянного (следует отметить, что при постоянном токе, неотпускающих токов нет, так как человек при любых значениях тока может самостоятельно оторваться от токоведущих частей, однако в момент отрыва возникают весьма болезненные сокращения мышц, аналогичные и таких размеров, как и при переменном токе);

пороговый фибрилляционный ток – 100–350 мА переменного с частотой 50 Гц и 300 мА постоянного.
