



ПРАКТИКА №2

ТЕПЛООБМЕН ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Теплообразование и температура тела человека

Механизмы теплообмена:

- Радиационный (лучистый)
- Конвективный
- Транспирационный (посредством испарения влаги)

Количество отводимой в окружающую среду теплоты:

$$Q_{отв} = Q_k + Q_r + Q_{\Pi} + Q_{Д}$$

Где $Q_k, Q_r, Q_{\Pi}, Q_{Д}$ - количество теплоты, отводимой за счет конвекции, радиации (излучения), испарения пота и дыхания соответственно, Вт.

Конвективный теплообмен

закон Ньютона:

- $Q_K = \alpha_K \cdot F_{\text{Э}}(t_K - t_{\text{ос}})$
- α_K — коэффициент теплоотдачи конвекцией при нормальной температуре (4,06 Вт/м² °С);
- t_K - температура кожи тела человека (зимой среднее значение температуры кожи около 27,7 °С, летом около 31,5 °С);
- $t_{\text{ос}}$ - температура окружающей воздушной среды, °С;
- $F_{\text{Э}}$ — площадь эффективной поверхности тела человека (практически 1,8 м²).

Интенсивность и направление конвективного теплообмена тела человека с окружающей средой определяется в основном температурой $T_{\text{ос}}$ и подвижностью окружающего воздуха W

Радиационный теплообмен

Обобщенный закон Стефана—Больцмана:

$$Q_p = C_{пр} F_k \Psi \left[(T_k / 100)^4 - (T_{он} / 100)^4 \right]$$

где $C_{пр}$ — приведенный коэффициент излучения, для практических расчетов в диапазоне температур окружающих человека предметов 10–60°С составляет $C_{пр} \approx 4,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$;

F_k — площадь поверхности кожи, излучающей лучистый поток, м^2 ;

Ψ — коэффициент облучаемости, зависящий от расположения и размеров поверхностей и показывающий долю лучистого потока, излучаемого поверхностью пламени (на практике применяется равным единице);

T_k — средняя температура кожи, К;

$T_{он}$ — средняя температура окружающих поверхностей, К.

Количество теплоты, отдаваемое телом человека в окружающую среду при испарении пота

$$Q_{\Pi} = M_{\Pi} r$$

- где M_{Π} — количество влаги, выделяемой и испаряемой от человека, кг/с; r — скрытая теплота испарения пота, Дж/кг (для воды r - 2450 Дж/г).

Количество влаги, г/мин, выделяемого телом человека при различных физических нагрузках и температуре воздуха в помещении

Характеристика выполняемой работы	Температура воздуха, °С				
	16	18	28	35	45
Покой, $J=100$ Вт	0,6	0,74	1,69	3,25	6,2
Легкая, $J=200$ Вт	1,8	2,4	3,0	5,2	8,8
Средней тяжести, $J=350$ Вт	2,6	3,0	5,0	7,0	11,3
Тяжелая, $J=490$ Вт	4,9	6,7	8,9	11,4	18,6
Очень тяжелая, $J=695$ Вт	6,4	10,4	11,0	16,0	21,0

Теплота, расходуемая на нагревание вдыхаемого воздуха

$$Q_{Д} = V_{лв} \rho_{вд} C_p (T_{выд} - T_{вд})$$

- V_m — объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени, «легочная вентиляция», м³/с;
- $\rho_{вд}$ — плотность вдыхаемого воздуха, кг/м³;
- C_p — удельная теплоемкость вдыхаемого воздуха, 1005 Дж/(кг·К);
- $T_{выд}$ — температура выдыхаемого воздуха, °К; для расчета принимается средняя температура 37 °С.
- $T_{вд}$ — температура вдыхаемого воздуха, °К

Плотность вдыхаемого человеком воздуха в зависимости от температуры

ρ , кг/м ³	1,247	1,205	1,165	1,128	1,093
t , °С	10	20	30	40	50

«Легочная вентиляция», $V_{\text{ЛВ}}$, м³/с, определяется как произведение объема воздуха, вдыхаемого за один вдох, $V_{\text{ВВ}}$, м³, на частоту дыхания в секунду, n , шт/сек.

$$V_{\text{ЛВ}} = V_{\text{ВВ}} \cdot n$$

Тепловыделения от людей зависят от тяжести работы, температуры и скорости движения окружающего воздуха.

Считается, что женщина выделяет 85%, а ребенок 75% тепловыделения взрослого мужчины.

Таблица – Тепло- и влаговыведения человека

Физическая нагрузка человека	Температура воздуха, t , °С	Тепловыделения		Влаговыведение, г/час	Выделение CO ₂ , г/час
		ккал/ч	Вт		
1	2	3	4	5	6
Спокойное состояние (театры, кино, библиотеки т .д.)	10	110	128	30	30
	15	90	104	40	
	20	70	81	45	
	25	50	58	50	
	30	30	35	75	
	35	10	12	120	

Теплообразование и температура тела человека

- **Тепловой комфорт** - нормальное тепловое состояние организма человека, наблюдается при условии, когда вся вырабатываемая организмом теплота передается телом окружающей среде:

$$Q_{\text{выр}} = Q_{\text{отв}}$$

- При $Q_{\text{выр}} > Q_{\text{отв}}$ теплота накапливается в теле человека, его температура повышается и человеку «жарко»,
- При $Q_{\text{выр}} < Q_{\text{отв}}$ возникает дефицит теплоты в теле человека, его температура падает и человеку «холодно».

Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека

- Для человека определены максимальные значения допустимой температуры в зависимости от длительности их воздействия и используемых средств защиты.
- Переносимость организмом человека высоких температур зависит от:
 1. ***влажности*** - высокая влажность воздуха уменьшает скорость испарения пота, что ухудшает теплосъём с поверхности кожи и ведет к перегреву тела человека.
 2. ***скорости движения воздуха.***

Задача

- По исходным данным провести расчет теплообмена человека с окр.средой. Сделать вывод.

Таблица – Исходные данные

Ва- ри- ант	сезон	$t_{\text{пов}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{ок}}, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$F_1, \text{м}^2$	$J, \text{Вт}$	$n, \text{шт/}$ мин	$V, \text{л}$
1	лето	31,5	28	60	2	115	12	0,7

САМОСТОЯТЕЛЬНО

Вариант	сезон	$t_k, ^\circ\text{C}$	$t_{oc}, ^\circ\text{C}$	$t_{on}, ^\circ\text{C}$	F_k, M^2	J, BT	$n, \text{ШТ/МИН}$	$V_{\text{вв}}, \text{Л}$
0	лето	31,5	28	60	2	115	12	0,7
1	зима	27,7	34	60	1,9	110	13	0,9
2	зима	27,7	22	50	2	360	23	1,5
3	зима	27,7	16	30	1,8	330	20	1,6
4	лето	31,5	33	20	2,2	150	15	0,8
5	лето	31,5	27	10	1,7	250	18	1,9
6	зима	27,7	40	20	1,8	110	12	0,6
7	лето	31,5	17	20	1,9	350	20	1,6
8	лето	31,5	20	20	1,6	150	14	0,6
9	лето	31,5	18	40	1,8	210	16	0,7
10	зима	27,7	28	60	2	215	16	0,7