

НОКСОЛОГИЯ

**Доцент кафедры
авиатопливообеспечения**

**кандидат технических наук, доцент
КАЛЯКИН АЛЕКСЕЙ ВИТАЛЬЕВИЧ**

УВАУ ГА - 2016

Занятие № 2/1 – Лекция № 3

Взаимодействие человека с окружающей средой

Учебные вопросы:

- 1. Энергообмен человека**
- 2. Теплообразование и температура тела человека**
- 3. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека**
- 4. Массообмен человека**
- 5. Информационный обмен человека**

Литература

- **Ноксология : учебник для бакалавров** : учеб. для студ. вузов, обуч. по напр. подгот. 280700 "Техносферная безопасность" / Белов, Сергей Викторович, Симакова, Елена Николаевна ; под общ. ред. С. В. Белова. - М. : Юрайт, 2012. - 429 с.
стр. 86-100.

Вопрос 1. Энергообмен человека

Совокупность всех химических реакций в организме, необходимых для обеспечения его веществом и энергией, называется **обменом веществ.**

В науке используют понятия:

□ Основного обмена

□ обмена при различных видах деятельности.

Основной обмен характеризуется величиной всех затрат энергии в организме **при полном мышечном покое, в стандартных условиях** (при комфортной температуре окружающей среды, спустя 12...16 ч после приема пищи, в положении лежа).

Эта энергия тратится **только на поддержание жизни в теле человека**. Ее расход составляет **4,2 кДж/ч на 1 кг массы тела**.

Справочно: Для человека массой 70 кг общие затраты энергии при основном обмене составляют 294 кДж/ч, что соответствует мощности 81,7 Вт.

Суточные энергозатраты (МДж)

зависят от вида деятельности человека:

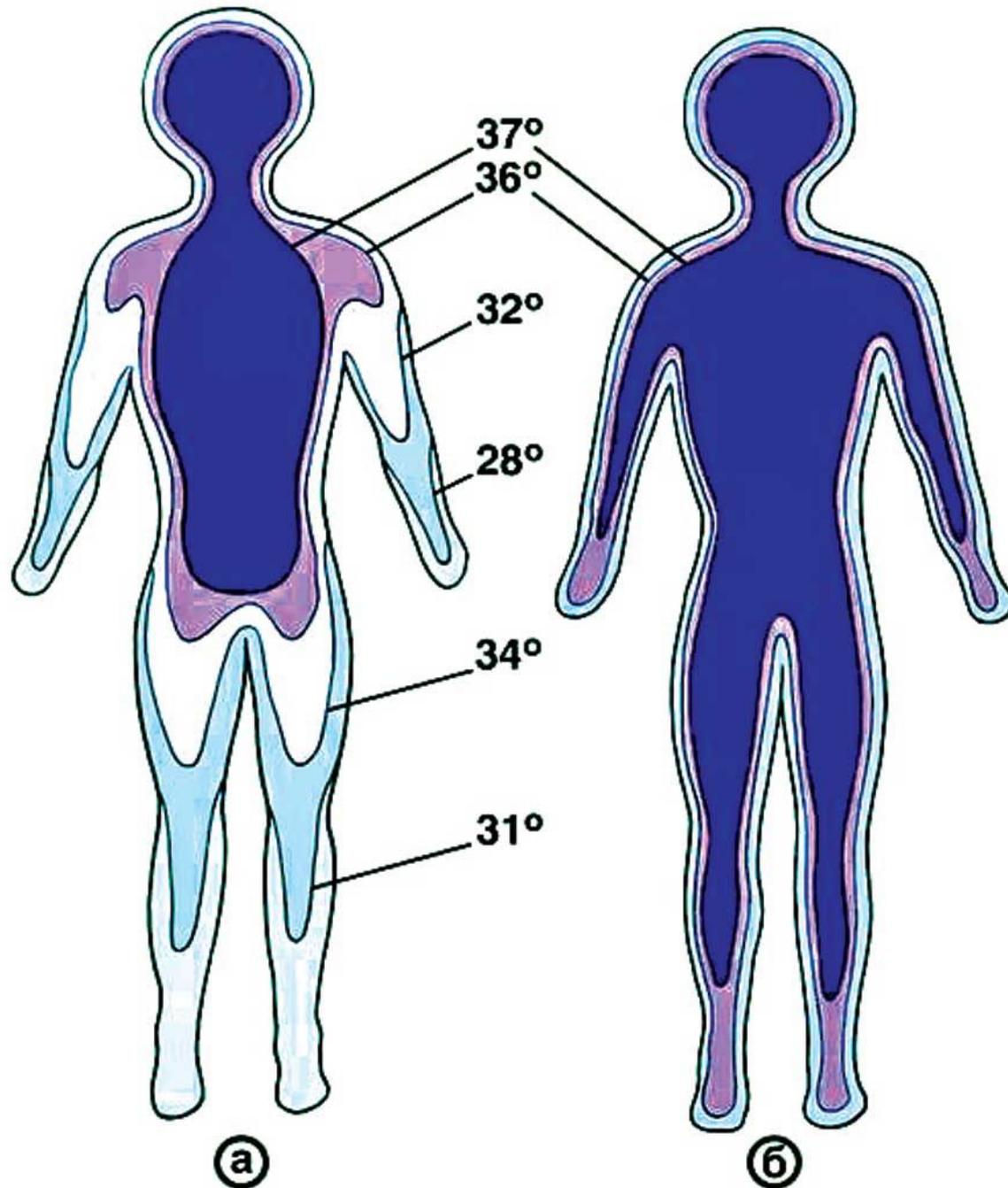
- **Работники умственного труда** (врачи, педагоги, диспетчеры и др.) **10,5...11,7**
- **Работники механизированного труда и сферы обслуживания** (медсестры, продавцы, рабочие, обслуживающие автоматы) **11,3...12,5**
- **Работники, выполняющие работу средней тяжести** (станочники, шоферы, хирурги, полиграфисты, тейщики, сельскохозяйственные рабочие и др.) **12,5...15,5**
- **Работники, выполняющие тяжелую работу** (лесорубы, грузчики, горнорабочие, металлурги) **16,3...18**

Вопрос 2. Теплообразование и температура тела человека

Жизнедеятельность организма человека возможна лишь при температуре тела не ниже $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и не выше $+43\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Теплопродукция организма зависит от:

- интенсивности мышечной работы,
- температуры ОС



Количество теплоты (Вт), выделяющейся в теле человека при различных физических нагрузках и T воздуха в помещении

Интенсивность работы	Температура воздуха в помещении, °C					
	10	15	20	25	30	35
Состояние покоя	163	145	116	93	93	93
Легкая работа	180	157	151	145	145	145
Работа средней тяжести	215	210	204	198	198	198
Тяжелая работа	291	291	291	291	291	291

Теплообмен тела человека с окружающей средой **осуществляется:**

- через **кожные покровы**,
- в **процессе дыхания** за счет нагрева вдыхаемого в легкие воздуха
- путём **испарения воды с поверхности кожи** (пот).

При этом организм использует все существующие в природе **механизмы теплообмена:**

- **радиационный** (лучистый),
- **конвективный**,
- **транспирационный** (посредством испарения влаги)

Количество отводимой в окружающую среду теплоты $Q_{\text{отв}}$

можно представить в виде суммы:

$$Q_{\text{отв}} = Q_{\text{к}} + Q_{\text{т}} + Q_{\text{ти}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{д}},$$

где $Q_{\text{к}}$, $Q_{\text{т}}$, $Q_{\text{ти}}$, $Q_{\text{п}}$, $Q_{\text{д}}$ — количество теплоты, Вт, отводимой за счет:

- конвекции ($Q_{\text{к}}$)
- теплопроводности ($Q_{\text{т}}$),
- теплового излучения ($Q_{\text{ти}}$)
- испарения пота ($Q_{\text{п}}$)
- дыхания ($Q_{\text{д}}$)

Конвективный теплообмен (его интенсивность и направление) зависит в основном от температуры и подвижности окружающего воздуха.

Определяется законом Ньютона:

$$Q_k = a_k F_{\text{э}} (t_k - t_{\text{ос}})$$

где a_k - коэффициент теплоотдачи конвекцией, при норм. температуре $a_k = 4,06 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$;

t_k - температура кожи тела человека (зимой среднее значение температуры кожи около $27,7^\circ\text{С}$, летом около $31,5^\circ\text{С}$);

$T_{\text{ос}}$ - температура окр. воздушной среды, $^\circ\text{С}$;

$F_{\text{э}}$ - площадь эффективной поверхности тела человека (для практических расчетов эту площадь принимают равной $1,8 \text{ м}^2$).

Значение **коэффициента теплоотдачи конвекцией** можно приближенно определять как

$$A_k = \lambda / \delta,$$

где λ — коэффициент теплопроводности пограничного слоя воздуха, $\text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$ (при нормальной температуре воздуха - $0,025 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$);

δ — толщина пограничного слоя воздуха, м.

Толщина пограничного слоя воздуха зависит от скорости движения воздуха. Так, при отсутствии движения воздуха $\delta = 4\text{--}8$ мм, а при скорости движения воздуха $2 \text{ м}/\text{с}$ толщина пограничного слоя уменьшается до 1 мм.

Передачу теплоты теплопроводностью можно описать уравнением Фурье:

$$Qm = (X_0/A_0) * F_{\text{э}} (t_{\text{пов}} - t_{\text{ос}})$$

где

X_0 — коэффициент теплопроводности тканей одежды человека, Вт/м • °С;

A_0 — толщина одежды человека.

Теплоизлучающий теплообмен
описывается обобщенным законом Стефана – Больцмана:

$$Q_{\text{л}} = C_{\text{пр}} F_{\text{к}} \Phi \{ (t_{\text{к}}/100)^4 - (t_{\text{оп}}/100)^4 \},$$

где

$C_{\text{пр}}$ — приведенный коэффициент излучения, для практических расчетов $C_{\text{пр}} \sim 4,9$ Вт/(м²К⁴);

$F_{\text{к}}$ — площадь поверхности, излучающей лучистый поток, м²;

Φ — коэффициент облучаемости, зависящий от расположения и размеров поверхностей и показывающий долю лучистого потока, излучаемого поверхностью пламени (на практике = 1);

$t_{\text{к}}$ — средняя температура кожи, К;

$t_{\text{оп}}$ — средняя температура окружающих поверхностей, К

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

- температуры среды,
- относительной влажности
- скорости движения воздуха.

определяется уравнением:

$$Q_g = M_{\text{п}} r,$$

где $M_{\text{п}}$ — масса испарившегося пота, г/с;
 r — скрытая теплота испарения пота, Дж/г (для воды $r = 2450$ Дж/г).

Количество теплоты, расходуемой на нагревание **вдыхаемого воздуха, определяется по формуле**

$$Q_{\partial} = V_{\text{лв}} R_{\text{вд}} C_p (t_{\text{выд}} - t_{\text{вд}})$$

где

$V_{\text{лв}}$ — **объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени, «легочная вентиляция», $\text{м}^3/\text{с}$;**

$R_{\text{вд}}$ — **плотность вдыхаемого воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;**

C_p — **удельная теплоемкость вдыхаемого воздуха, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;**

$t_{\text{выд}}$ — **температура выдыхаемого воздуха, $^\circ\text{C}$;**

$t_{\text{вд}}$ — **температура вдыхаемого воздуха, $^\circ\text{C}$.**

Нормальное тепловое состояние организма человека, называемое **ТЕПЛОВЫМ комфортом**, наблюдается при условии, когда **вся** вырабатываемая организмом теплота $Q_{\text{выр}}$ передается телом **окружающей среде** $Q_{\text{отв}}$, т.е. выполняется равенство

$$Q_{\text{выр}} = Q_{\text{отв}}$$

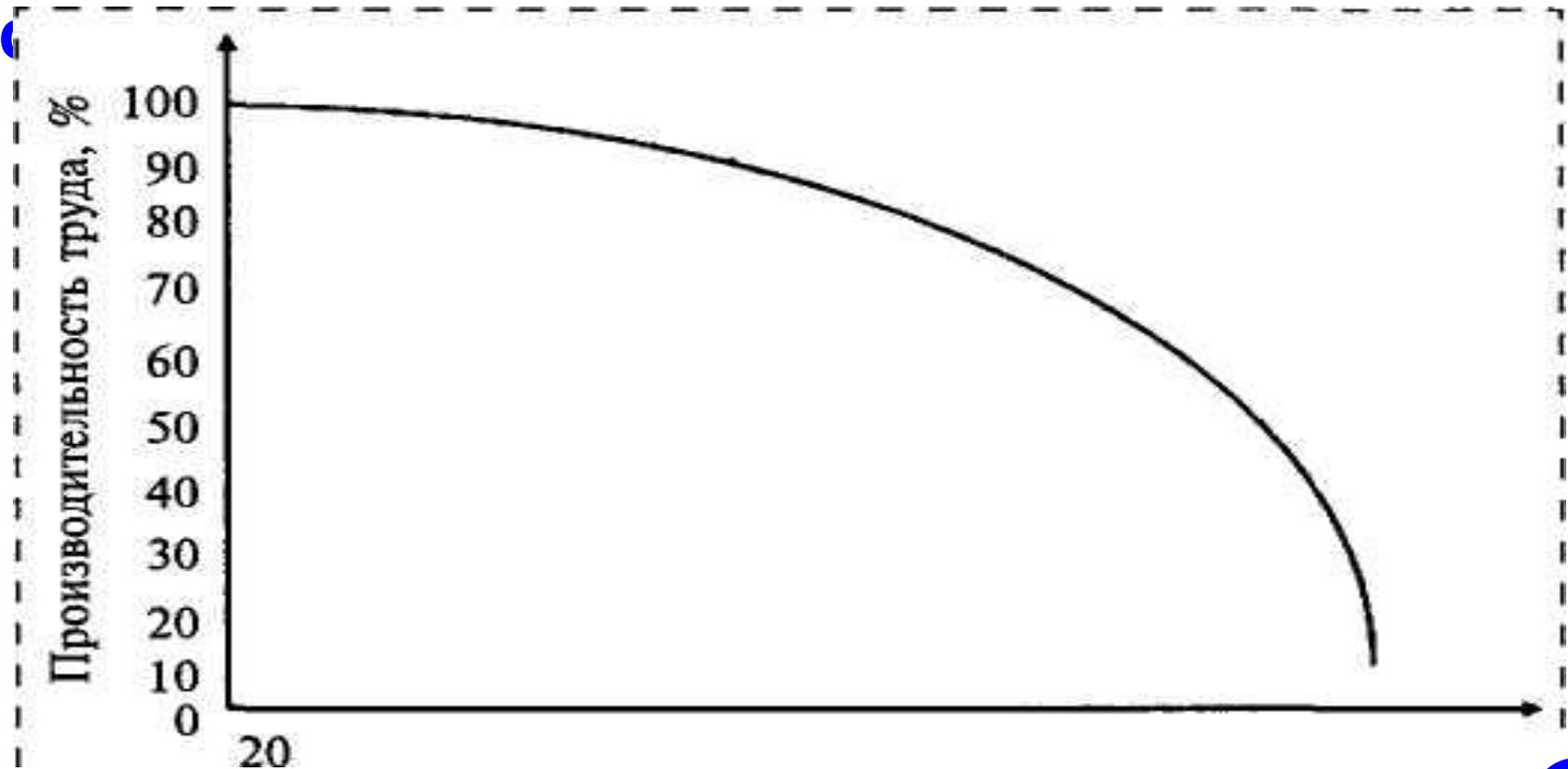
Вопрос 3. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека

Нормальная жизнедеятельность человека может осуществляться только при определенных метеорологических условиях:

- атмосферном давлении (P)
- температуре (T)
- относительной влажности
- скорости движения окр. воздуха (V)

Так, понижение T и повышение V способствуют усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма.

При повышении T возникают обратные явления. Установлено, что при температуре свыше $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ работоспособность человека начинает



Высокая влажность воздуха уменьшает скорость испарения пота, что ухудшает теплообмен с поверхностью кожи и ведет к **перегреву тела** человека.

Интенсивное потовыделение при высоких T приводит к **обезвоживанию организма**.

Обезвоживание **на 6%** влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения, **на 15...20 %** - приводит к смертельному исходу.

Вместе с потом организм теряет значительное количество минеральных солей, микроэлементов и водорастворимых витаминов.

Длительное воздействие *высокой температуры* особенно в сочетании с *повышенной влажностью* может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию его перегревания выше допустимого уровня - **гипертермии - состоянию, при котором температура тела поднимается до 38...39 °С.**

Справочно: Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты около 116 °С.

Влияние атмосферного давления (P)

Нормальное P на уровне моря в среднем составляет **760 мм рт. ст.**

С высотой P уменьшается и становится опасным для человека на высоте 4-5 км над уровнем моря из-за кислородной недостаточности. **(для Ульяновска?)**

При снижении относительно уровня моря (например, в шахте) P возрастает на каждые 100 м примерно на 9 мм рт. ст.

При погружении в водную среду давление водяного столба растет на одну атмосферу на каждые 10 метров глубины. Поэтому безопасным считается погружение без специальных средств на 2-3 м.

Влияние электромагнитного поля Земли

**Естественными источниками
геомагнитного поля являются:**

- атмосферное электричество,**
- излучение Солнца,**
- электрические и магнитные поля
Земли.**

**Напряженность магнитного поля Земли
при спокойной магнитной обстановке
составляет 70—150 А/м. Во время
магнитных бурь магнитная напряженность
возрастает на порядок.**

**Коэффициент ослабления
интенсивности геомагнитного поля на**

Излучение Солнца,
представляющее собой
электромагнитные волны различной
длины, крайне значимо для живой
природы и человека. Оно является
основным внешним источником
энергии, определяет
продолжительность светового дня,
его видимый диапазон излучения,
обеспечивает непосредственную
связь организма с окружающим
миром, давая **до 90% информации о**

Влияние естественной радиации

Естественные **источники излучения** можно подразделить следующим образом:

- **внешние источники** внеземного происхождения (космическое излучение);
- **источники земного происхождения** (естественные радионуклиды).

С удалением от поверхности земли интенсивность космического излучения возрастает. Поэтому дозовая нагрузка на людей, проживающих в горной местности, в несколько раз больше, она равна примерно 0,7 и 5,0 мЗв в год соответственно на высотах 2 и 4-5 км.

На высоте полетов **современных самолетов** **уровень космического излучения** в несколько

Внешнее облучение обусловлено радионуклидами, содержащимися в почве и горных породах

Внутреннее — радионуклидами, содержащимися в воздухе, воде и продуктах питания.

Средняя доза облучения населения России составляет 3,4 мЗв/чел. в год.

Вопрос 4. Массообмен человека

В процессе жизнедеятельности человек потребляет:

- кислород из атмосферы при дыхании,
- воду питьевую и воду, содержащуюся в продуктах питания,
- пищевые вещества, содержащиеся в продуктах питания, — белки, жиры и углеводы.

А выделяет?

В сутки человеку требуется в среднем:

- **1,75 кг пищи** (из них твердых веществ около 0,6 кг),
- **7,3 л воды** (2,5 л питьевой и 4,8 л технической)
- **0,9 кг кислорода.**

Вместе с питьем и пищей получается около 3,5 л жидкости в день (для климата средней полосы России при минимальной физической нагрузке).

От отравлений пищей в мире ежегодно умирают около 2 млн чел.

Вопрос 5. Информационный обмен

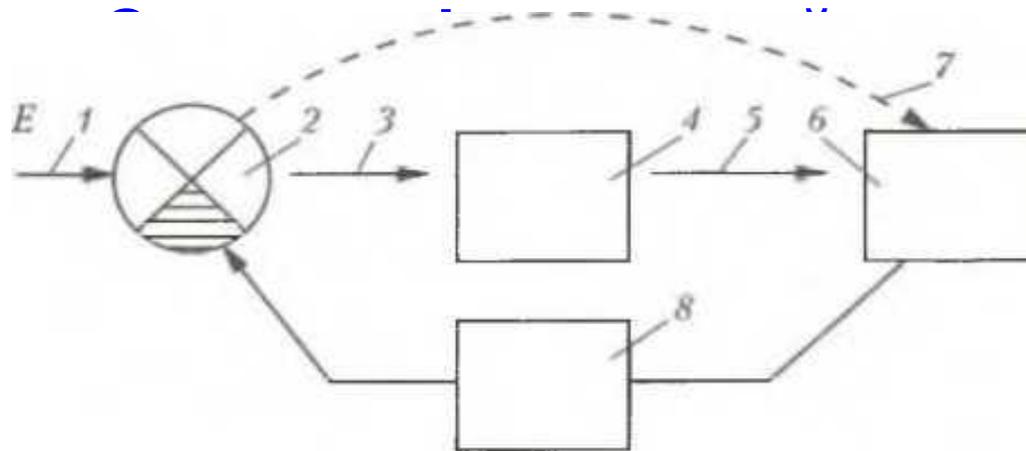
человека

Взаимосвязь человека с любой системой (в том числе технической) может быть описана через информационную модель, которая объединяет сенсорное и сенсомоторное поля.

К сенсорному (чувствительному) полю относят комплекс сигналов, которые воспринимаются человеком непосредственно от системы (шум, вибрация, ЭМП и т.д.) и из ряда сигнальных показаний приборов, индикаторов и т.п.

К сенсомоторному полю относят комплекс сигналов от органов управления — рычагов, ручек, кнопок и т.д.

Информационная совместимость - соответствие возможностей человека по приему и переработке потока закодированной информации и эффективного положения управляющих воздействий в системе.



- 1 - энергия E раздражителя (сигнал, информация);
- 2 - рецептор; 3 - нервные волокна; 4 - ЦНС;
- 5 - нервные волокна; 6 - исполнительный орган;
- 7 - путь безусловного рефлекса; 8 - обратная связь

Датчиками системы восприятия внешних воздействий являются структурные нервные образования, называемые *рецепторами*.

Согласно классификации по характеру ощущений различают **зрительные, слуховые, обонятельные, осязательные рецепторы, рецепторы боли, рецепторы положения тела в пространстве.**

С помощью органов чувств человек получает обширную информацию от окружающем мире.

Количество информации принято измерять *в битах*.

Характеристика органов чувств по скорости передачи информации

Воспринимаемый сигнал	Характеристика	Максимальная скорость, бит/с
Зрительный	Длина линии	3,25
	Цвет	3,1
	Яркость	3,3
Слуховой	Громкость	2,3
	Высота тона	2,5
Вкусовой	Соленость	1,3
Обонятельный	Интенсивность	1,53
Тактильный	Интенсивность	2,0
	Продолжительность	2,3
	Расположение на теле	2,8

Человек обладает **долговременной** и **кратковременной (оперативной)** памятью.

Объем **долговременной** памяти составляет **10^{21}** бит, а **кратковременная** память имеет малую емкость — **50** бит.

Стереотип — это устойчиво сформировавшаяся в прежнем осознанном опыте рефлексорная дуга, выводимая в пограничную зону «сознание - подсознание».

Процесс принятия решения является многовариантным, в том числе и содержащим возможность ошибки.

Аксиома о потенциальной опасности деятельности человека:

Реакция человека на внешние раздражения может быть ошибочной и сопровождаться антропогенно-техно-генными опасностями