

Вибрации. Источники вибраций, воздействие вибраций на человека

Под вибрацией обычно понимается сложные колебания упругих тел в механических системах или колебательные движения самих механических систем. Каждому упругому телу или конструкции, выведенному из состояния равновесия, свойственны определенный **период и частота колебаний**. Это - **собственные колебания**, затухающие вследствие перехода энергии движения в тепловую энергию в результате трения.

Под действием возмущающей силы возникают **вынужденные колебания**. При совпадении частоты собственных и вынужденных колебаний возникает **резонанс** — возрастание амплитуды колебаний конструкции или сооружения.

Различают *локальную и общую* вибрацию. *Локальная* вибрация оказывает воздействие на отдельные части тела. Источником локальной вибрации является, например, ручной электро- и пневмоинструмент.

Общая вибрация воздействует на весь организм человека через опорные поверхности (пол, сиденье).

Вибрации характеризуются следующими параметрами:

A – амплитуда;

f – частота (1...63) [Гц];

T – период.

Вибрация может измеряться с помощью, как абсолютных, так и относительных параметров.

Абсолютными параметрами для измерения вибрации являются: **вибросмещение**, **виброскорость** и **виброускорение** (амплитуда перемещения, колебательная скорость и колебательное ускорение).

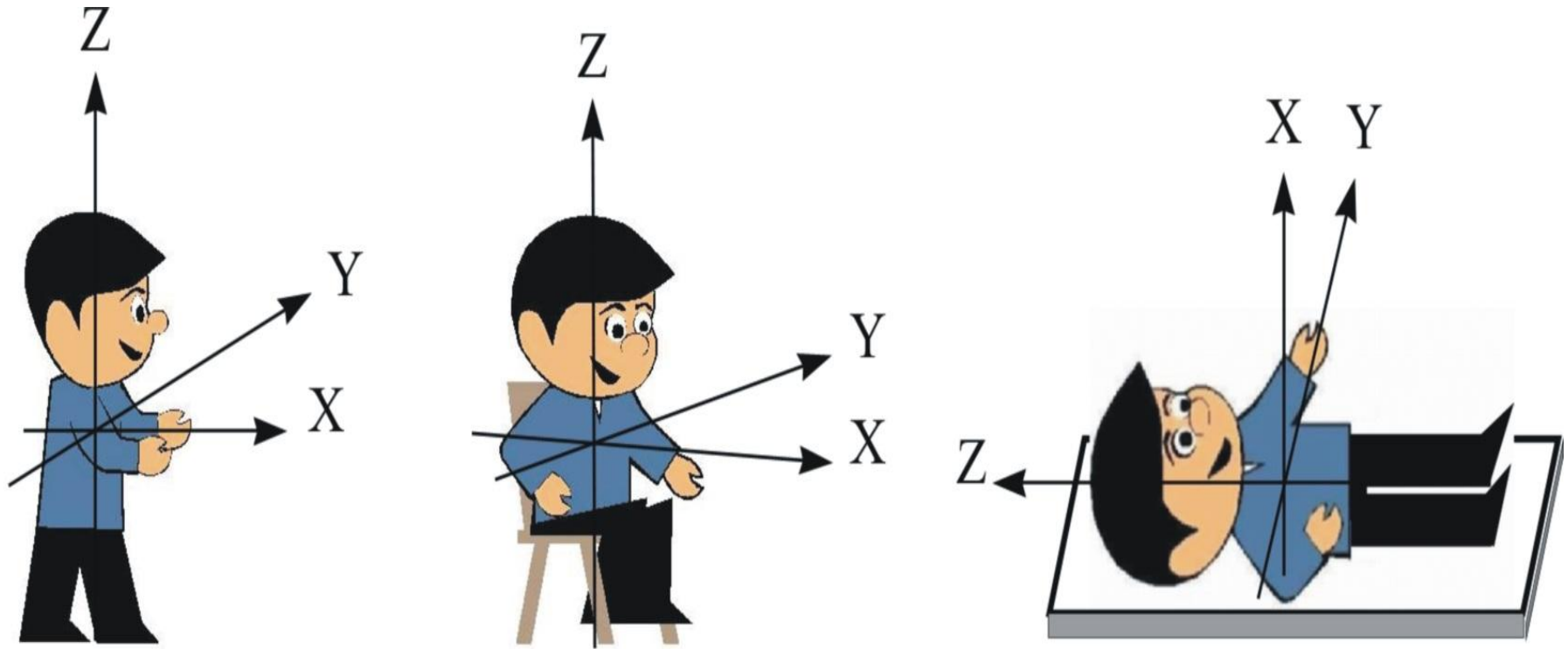
Основной **относительный параметр** вибрации – уровень виброскорости (определяют по виброскорости V [м/с])

$$L_V = 10 \lg \frac{V^2}{V_0^2} = 20 \lg \frac{V}{V_0}$$

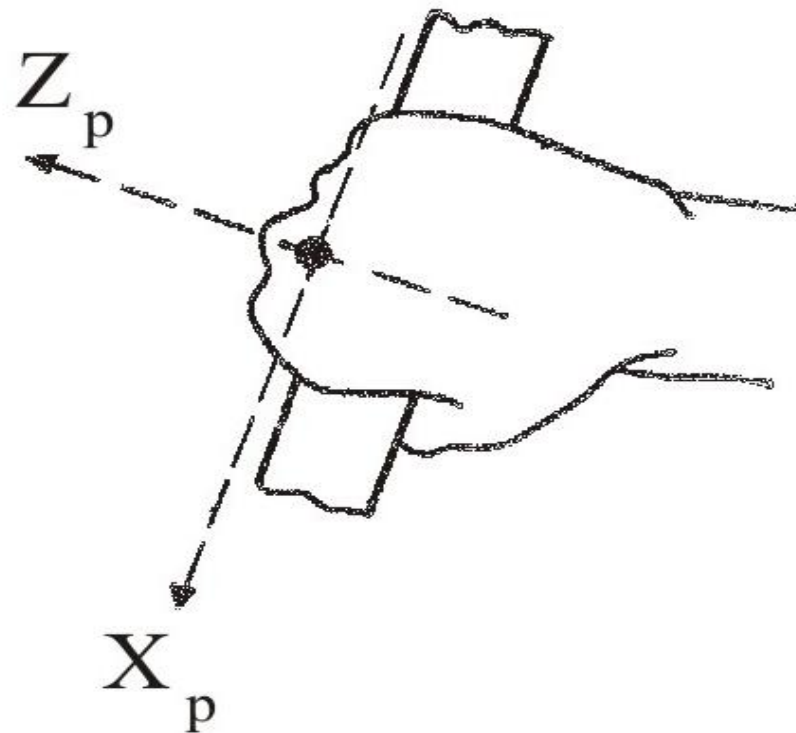
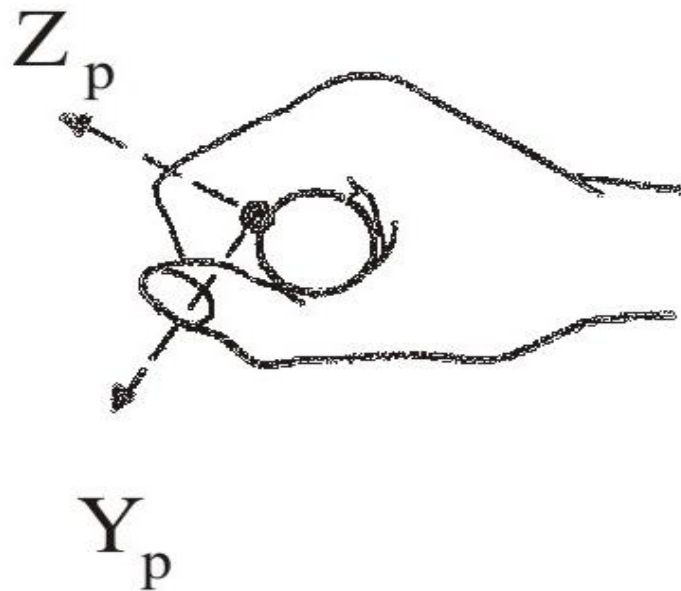
где V – фактическое значение виброскорости;

$V_0 = 5 \times 10^{-8}$ [м/с] – пороговое значение виброскорости

Параметры вибрации измеряются с помощью приборов, называемых виброметрами и вибрографами.



Влияние вибрации на человека зависит от направления ее действия. Поэтому вибрация подразделяется на действующую вдоль осей ортогональной системы координат X ; Y ; Z для общей вибрации и X_p ; Y_p ; Z_p для локальной вибрации.



Для локальной вибрации ось X_p совпадает с осью мест хвата источника вибрации.

Ось Z_p лежит в плоскости, образованной осью X_p и направлением подачи или приложения силы или оси предплечья.

Наиболее опасными являются колебания рабочих мест, имеющих частоту, резонансную с колебаниями отдельных частей тела или отдельных органов.

Для большинства внутренних органов, собственные частоты колебаний лежат в диапазоне 6...9 Гц. Для стоящего на вибрирующей поверхности, человека имеется два резонансных пика – на частотах 5...12 Гц и 17...25 Гц, для сидящего – на частотах 4...6 Гц.

В определенных условиях вибрация оказывает благоприятное действие на организм человека и применяется в медицине для улучшения функционального состояния нервной системы, ускорения заживления ран, улучшения кровообращения, лечения радикулитов и т.д. Однако в производственных условиях, длительное воздействие вибрации приводит к **«вибрационной болезни»**.

Нормирование вибрации.

В производственных условиях различают постоянную и непостоянную вибрации.

Постоянная вибрация – вибрация, величина нормируемых параметров которой изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения.

Непостоянная вибрация – вибрация, величина нормируемых параметров которой изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения.

Гигиеническая оценка воздействующей на работающих постоянной вибрации (общей, локальной) проводится согласно [СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»](#) методом интегральной оценки по частоте нормируемого параметра. При этом для оценки условий труда измеряют или рассчитывают скорректированный уровень виброскорости в дБ.

Гигиеническая оценка воздействующей на работающих **непостоянной вибрации** (общей, локальной) проводится согласно [СН 2.2.4/2.1.8.566-96](#) методом интегральной оценки по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра. При этом для оценки условий труда измеряют или рассчитывают эквивалентный скорректированный уровень виброскорости в дБ.

При воздействии на работающих в течение рабочего дня (смены) как постоянной, так и непостоянной вибрации (общей, локальной) для оценки условий труда измеряют или рассчитывают с учетом продолжительности их действия эквивалентный скорректированный уровень виброскорости в дБ.

При интегральном методе оценки вибрации по частоте,
нормируемым параметром является скорректированное значение контролируемого параметра (виброскорости), измеренное с помощью специальных фильтров или определяемое расчетным путем.

При интегральном методе оценки по эквивалентному уровню нормируемого параметра эквивалентное значение виброскорости определяется по уравнению:

$$V_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{D}{t}}$$

где $D = \int_0^t \overline{V}_{(\tau)}^2 d\tau$ - доза вибрации;

$\bar{V}_{(\tau)}$ – мгновенное скорректированное значение параметра вибрации в момент времени τ ,

- получаемое с помощью корректирующего фильтра с характеристикой в соответствии с таблицей ГОСТа;
- t – время воздействия вибрации за рабочую смену.

Вибрацию, воздействующую на человека, нормируют отдельно для каждого установленного направления, учитывая ее категорию и время фактического воздействия.

Электромагнитные поля и излучения.

Воздействие электрических, магнитных и электромагнитных полей на человека и окружающую среду.

На протяжении своей жизни человеку в той или иной степени приходится испытывать на себе воздействие магнитных, электрических и электромагнитных полей. Особенно велика вероятность этого в сфере производства, хотя бытовую сферу и сферу окружающей природной среды исключать из рассмотрения также не стоит.

Источниками **постоянных магнитных полей** (ПМП) являются постоянные магниты, электромагниты, электролизные ванны, линии передачи постоянного тока, шинопроводы и другие электротехнические устройства, в которых используется постоянный электрический ток. В последнее время новым источником ПМП является транспорт на магнитной подушке.

Кроме того, Земля обладает естественным постоянным магнитным полем, которое является определенной защитой для живых организмов от воздействия космических ионизирующих излучений.

Магнитное поле характеризуется индукцией и напряженностью.

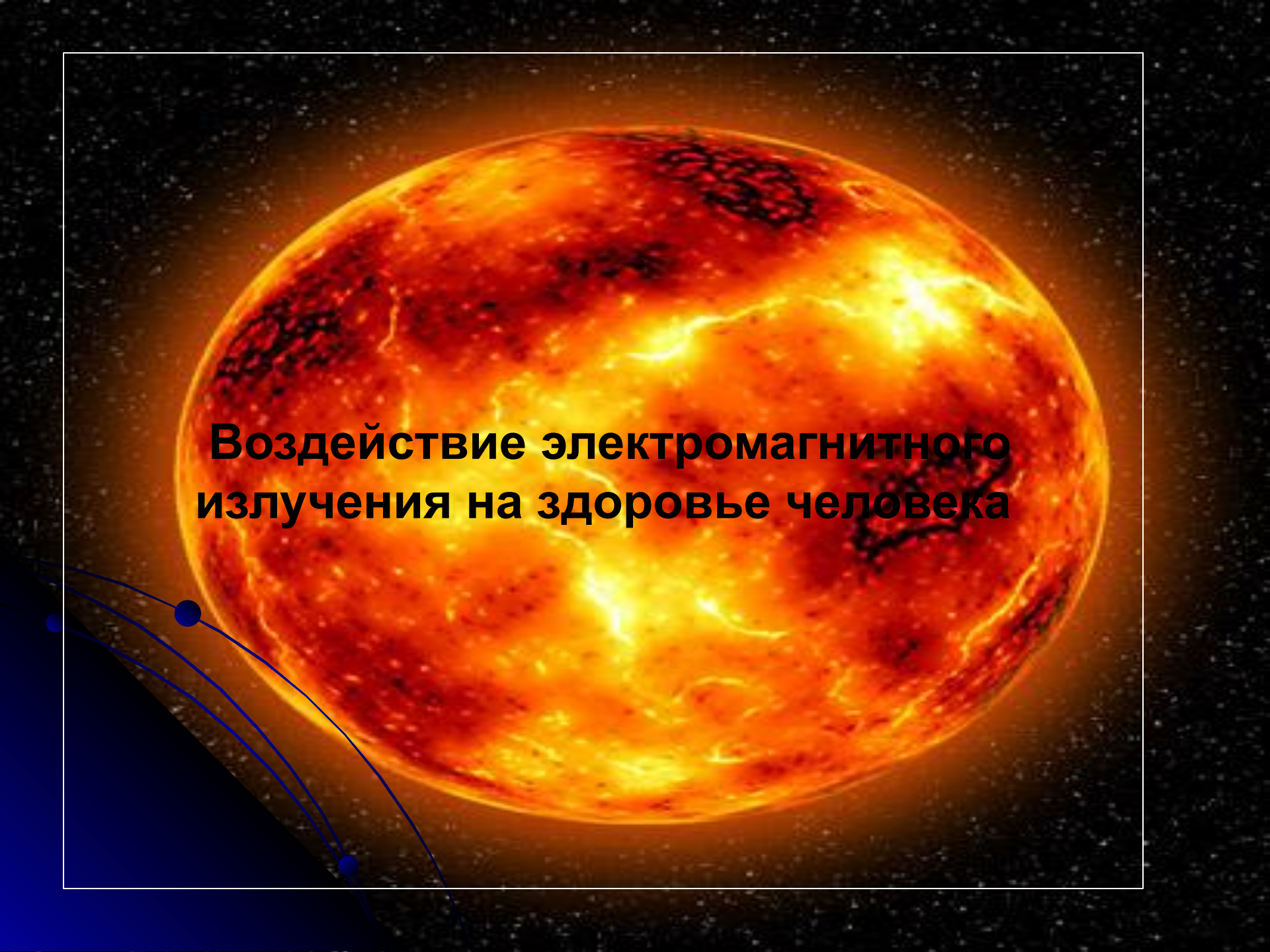
Индукция (B) – это сила, действующая в данном поле на проводник единичной длины с единичным током. Единицей измерения индукции в системе СИ является Тесла (Тл).

Напряженность (H) – это величина, характеризующая магнитное поле независимо от свойств среды. Вектор напряженности совпадает с вектором индукции. В системе СИ единица измерения напряженности – Ампер на метр (A/m). Экспериментально установлено, что к биологическому действию ПМП чувствительны практически все физиологические системы человеческого организма. Установлено, что ПМП увеличивает латентные периоды сенсорно-моторных реакций на звук и свет (т.е. – время, проходящее от начала воздействия раздражителя до появления ответного действия на сигнал).

Действие ПМП уменьшает количество эритроцитов в крови и гемоглобин. Изменения, происходящие в организме под воздействием ПМП, сочетаются с различными сердечно-сосудистыми, эндокринными, обменными и эмбриогенными нарушениями.

Для производственных условий, предельно допустимый уровень ПМП, установленный в нашей стране, составляет 8 кА/м. В гигиенической практике широко используются измерители магнитной индукции, поэтому следует отметить, что в системе единиц СИ напряженность 8 кА/м соответствует индукции 10 мТл.

Защита от воздействия МП сводится к экранированию и защите расстоянием. Экран изготавливают из легко намагничивающихся материалов, причем экран должен иметь замкнутую форму. Кроме того, магнитное поле быстро ослабляется по мере удаления от источника. Поэтому при работе с источниками постоянного магнитного поля (магнитные дефектоскопы, станки с магнитным креплением обрабатываемых деталей), защита, как правило, осуществляется удалением работающего из зоны повышенного МП. Установки намагничивания и размагничивания следует отключать на время установки и удаления деталей. Вообще говоря, картина биологического влияния ПМП еще далека от полного понимания, а значит, и способы защиты человека от их воздействия будут совершенствоваться по мере получения новых данных.



Воздействие электромагнитного излучения на здоровье человека

Характер воздействия на человека электромагнитного излучения различен в зависимости от его диапазона. Дело в том, что спектр электромагнитного излучения, как природного, так и техногенного происхождения, оказывающий влияние на человека, имеет диапазон волн от тысяч километров (переменный ток) до триллионной части миллиметра (космические энергетические лучи). В связи с этим и требования к нормированию различны для различных диапазонов электромагнитного излучения.

В зависимости от диапазона длин волн различают: электромагнитное излучение радиочастот ($10^7 \dots 10^{-4}$ м), **инфракрасное излучение** ($10^{-4} \dots 7,5 \cdot 10^{-7}$ м), видимую область ($7,5 \cdot 10^{-7} \dots 4 \cdot 10^{-7}$ м), **ультрафиолетовое излучение** ($4 \cdot 10^{-7} \dots 10^{-9}$ м), **рентгеновское и гамма-излучение** ($< 10^{-9}$ м) и др.

Электромагнитное поле (ЭМП) диапазона радиочастот обладает рядом свойств, которые широко используются в технике. Такие свойства, как способность нагревать материалы, распространение в пространстве и отражение от границы раздела двух сред делают использование ЭМП радиочастотного диапазона весьма полезным в промышленности, науке, медицине.

Источниками ЭМП этого вида являются устройства, применяемые в промышленности для индукционного нагрева металлов и полупроводников, а также приборы диэлектрического нагрева, применяемые для сварки синтетических материалов и прессовки синтетических порошков. В быту такими источниками являются печи индукционного нагрева (микроволновые печи).

Свойства электромагнитных волн распространяться в пространстве и отражаться от границы раздела двух сред широко используют в радиосвязи, телевидении, радиолокации, дефектоскопии и др. поэтому телевизионные и радиолокационные станции, антенны радиосвязи также являются мощными источниками ЭМП диапазона радиочастот.



Параметрами, характеризующими ЭМП, являются: частота f [Гц], напряженность электрического поля E [В/м], напряженность fH [А/м], плотность потока энергии J [Вт/м²]. Существуют три зоны, которые различаются по расстоянию от источника ЭМП.

Зона индукции имеет радиус, равный
$$R = \frac{\lambda}{2\pi}$$

где λ - длина волны электромагнитного излучения. В этой зоне электромагнитная волна не сформирована и поэтому на человека действует независимо друг от друга напряженность электрического и магнитного полей.

Зона интерференции (промежуточная) имеет радиус, определяемый по формуле:

$$\frac{\lambda}{2\pi} < R < 2\pi\lambda$$

В этой зоне одновременно воздействуют на человека напряженность электрического, магнитного поля, а также плотность потока энергии.

Дальняя зона характеризуется тем, что это зона сформировавшейся электромагнитной волны. В этой зоне на человека воздействует только энергетическая составляющая ЭМП – плотность потока энергии. Если источник ЭМП имеет сверхвысокие частоты (СВЧ), то практически он создает вокруг себя зону энергетического воздействия – дальнюю зону, радиусом:

$$R \geq 2\pi\lambda$$

Для выбора приборов контроля электромагнитного излучения необходимо знать длину волны, формируемой источником. Для низкочастотных источников ЭМП (НЧ, ВЧ, УВЧ-диапазоны) необходимо использовать приборы, измеряющие электрическую и магнитную составляющие ЭМП, а для СВЧ-диапазона – приборы, позволяющие измерять плотность потока энергии ЭМП.

Биологическое действие ЭМП радиочастот характеризуется тепловым действием и нетепловым эффектом. Под тепловым действием подразумевается интегральное повышение температуры тела или отдельных его частей при общем или локальном облучении. Нетепловой эффект связан с переходом электромагнитной энергии в объекте в нетепловую форму энергии (молекулярное резонансное истощение, фотохимическая реакция и др.). Чем меньше энергия электромагнитного излучения, тем выше тепловой эффект, который оно производит.

По своим биофизическим свойствам ткани организма неоднородны, поэтому может возникнуть неравномерный нагрев на границе раздела тканей с высоким и низким содержанием воды, что определяет высокий или низкий коэффициент поглощения энергии. Это может привести к образованию стоячих волн и локальному перегреву ткани, особенно с плохой терморегуляцией (хрусталик, желчный пузырь, кишечник, половые органы).

Влияние ЭМП на организм зависит от таких физических параметров, как длина волны, интенсивность излучения, режим облучения – непрерывный или прерывистый, а также от продолжительности воздействия на организм и комбинированного действия с другими неблагоприятными факторами окружающей среды (повышенная температура воздуха, наличие рентгеновского излучения, шум и др.), которые способны ослаблять сопротивляемость организма действию ЭМП. Наиболее биологически активен диапазон СВЧ, затем УВЧ и наименее активен диапазон ВЧ, т.е. с уменьшением длины волны биологическая активность, как правило, возрастает.

Нормирование воздействия электромагнитного излучения радиочастотного диапазона

Оценка воздействия ЭМИ радиочастотного диапазона на человека производится в соответствии с [СанПиН 2.2.4.1191-03](#) по следующим параметрам:

По энергетической экспозиции, которая определяется интенсивностью ЭМИ РЧ и временем его воздействия на человека. Оценка по энергетической экспозиции применяется для лиц, работа или обучение которых связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ (кроме лиц моложе 18 лет и женщин в состоянии беременности) при условии прохождения ими в установленном порядке предварительных и периодических медицинских осмотров по данному фактору и получения положительного заключения по результатам медицинского осмотра.

По значениям интенсивности ЭМИ РЧ, которая применяется для лиц, работа или обучение которых не связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ, для лиц, не проходящих предварительных при поступлении на работу и периодических медицинских осмотров по данному фактору или при наличии отрицательного заключения по результатам медицинского осмотра; для работающих или учащихся моложе 18 лет, для женщин в состоянии беременности; для лиц, находящихся в жилых, общественных и служебных зданиях и помещениях, подвергающихся воздействию внешнего ЭМИ РЧ (кроме зданий и помещений передающих радиотехнических объектов); для лиц, находящихся на территории жилой застройки и в местах массового отдыха.

В диапазоне частот 30 кГц...300 МГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями напряженности электрического поля E [В/м] и напряженности магнитного поля H [А/м].

В диапазоне частот 300 МГц...300 ГГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями плотности потока энергии (ППЭ) [Вт/м², мкВт/см²].

Энергетическая экспозиция (ЭЭ) ЭМИ РЧ в диапазоне частот 30 кГц... 300 МГц определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека.

Таким образом, энергетическая экспозиция, создаваемая электрическим полем, равна $ЭЭ_E = E^2 T$ [(В/м)²·ч], а энергетическая экспозиция, создаваемая магнитным полем, равна $ЭЭ_H = H^2 T$ [(А/м)²·ч].

Энергетическая экспозиция за рабочий день (рабочую смену) не должна превышать следующих значений:

Предельно допустимые значения энергетической экспозиции			
Диапазоны частот	Предельно допустимая энергетическая экспозиция		
	по электрической составляющей (В/м) ² ·ч	по магнитной составляющей (А/м) ² ·ч	по плотности и потока энергии (мкВт/см ²)·ч
30 кГц...3 МГц	20000,0	200,0	-
3...30 МГц	7000,0	Не разработан	-
30...300 МГц	7000,0	Не разработан	-

30...50 МГц	800,0	0,72	-
50...300 МГц	800,0	Не разработаны	-
300 МГц...300 ГГц	-	-	200,0

Примечание. В настоящих санитарных правилах во всех случаях при указании диапазонов частот каждый диапазон исключает нижний и включает верхний предел частоты.

Предельно допустимые значения интенсивности ЭМИ РЧ ($E_{\text{пду}}$, $H_{\text{пду}}$, $\text{ППЭ}_{\text{пду}}$) в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены) и допустимое время воздействия в зависимости от интенсивности ЭМИ РЧ определяются по формулам:

$$E_{\text{пду}} = (\text{ЭЭ}_{\text{епд}} / T)^{1/2}; T = \text{ЭЭ} / E^2;$$

$$H_{\text{пду}} = (\text{ЭЭ}_{\text{нпд}} / T)^{1/2}; T = \text{ЭЭ} / H^2;$$

$$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = \text{ЭЭ}_{\text{ппэпд}} / T; T = \text{ЭЭ}_{\text{ппэпд}} / \text{ППЭ}.$$

Предельно допустимая интенсивность воздействия от антенн, работающих в режиме кругового обзора, или сканирования с частотой не более 1 Гц и скважностью не менее 20 определяется по формуле:

$$ППЭ_{пду} = K \frac{ЭЭ_{ппэпд}}{T}$$

где K – коэффициент ослабления биологической активности прерывистых воздействий, равный 10.

Независимо от продолжительности воздействия интенсивность не должна превышать максимальных значений.

Для случаев локального облучения кистей рук при работе с микрополосковыми СВЧ-устройствами предельно допустимые уровни воздействия определяются по формуле:

$$ППЭ_{пду} = K_1 \frac{ЭЭ_{ппэпд}}{T}$$

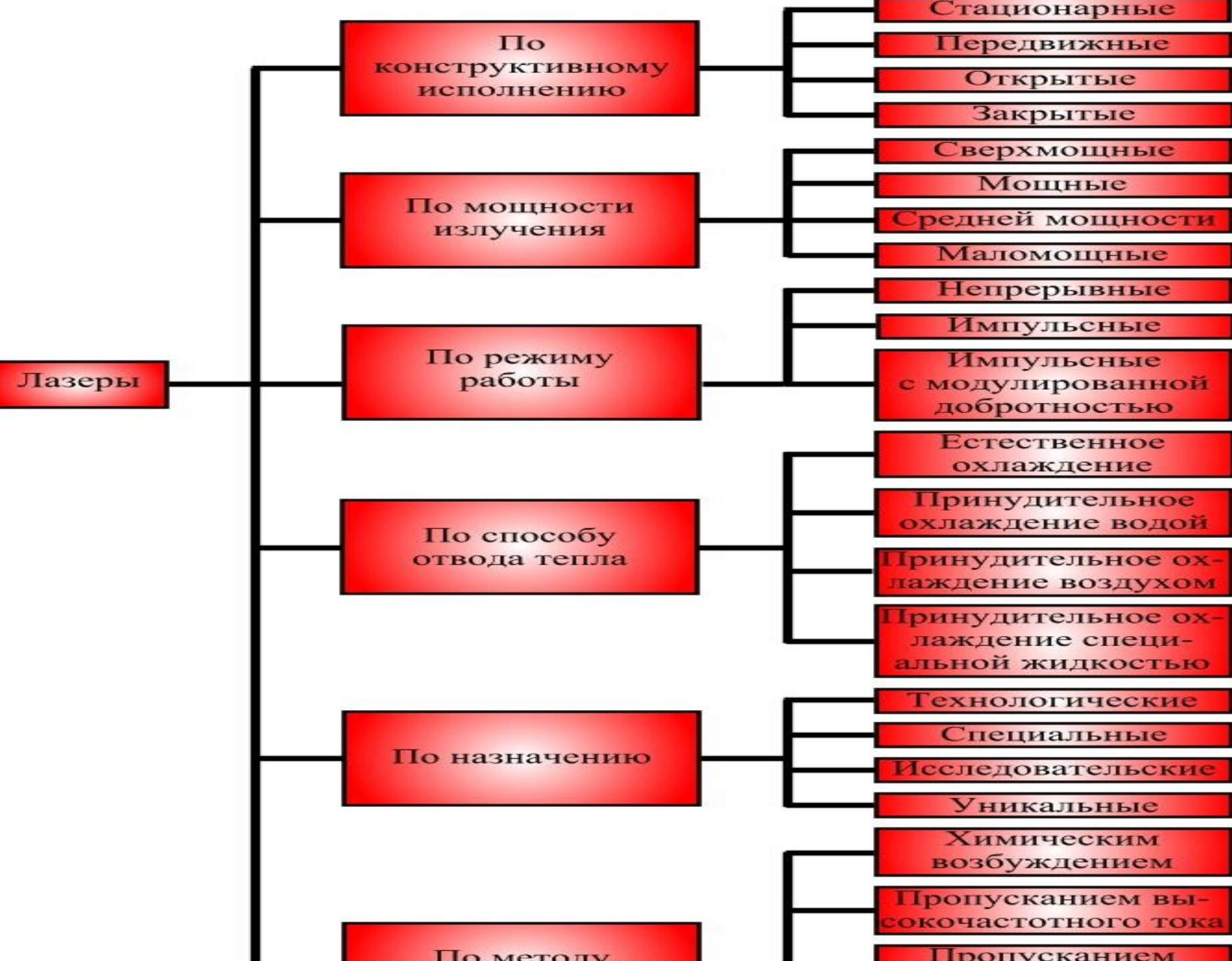
где K_1 – коэффициент ослабления биологической эффективности, равный 12,5.

При этом плотность потока энергии на кистях рук не должна превышать 5000 мкВт/см².

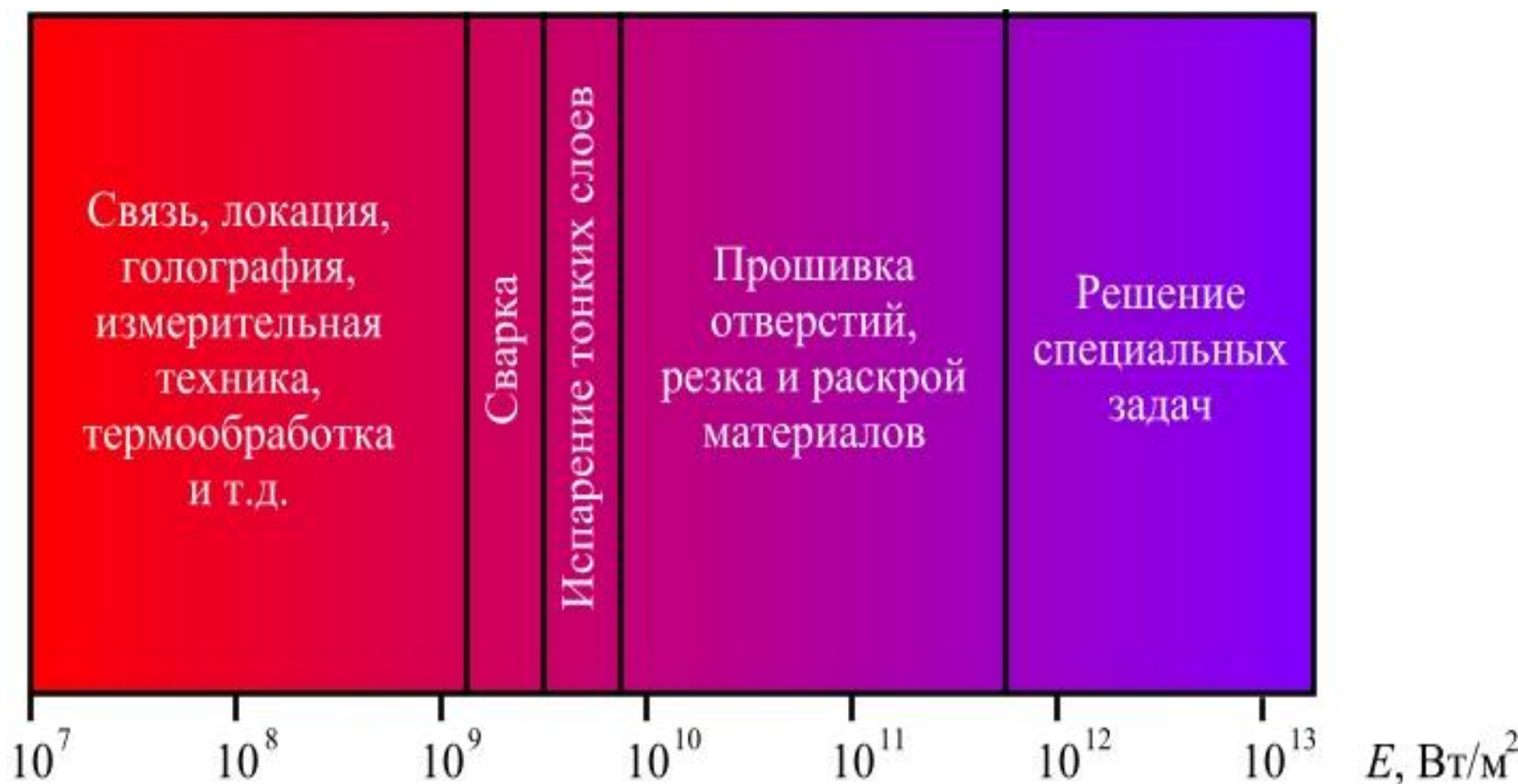
Лазерное излучение

Лазерное излучение – это вид излучения, который формируется в оптических квантовых генераторах (лазерах) и представляет собой оптическое когерентное излучение, характеризующееся высокой направленностью и большой плотностью энергии. Главный элемент лазера, где формируется излучение, - активная среда, для образования которой используются различные методы так называемой «накачки», например, воздействие света нелазерных источников, электрический разряд в газах, химические реакции, бомбардировку электрическим пучком и др. Активная среда расположена между зеркалами, образующими оптический резонатор. Активной средой лазера может быть твердый материал, полупроводники, жидкость с редкоземельными активаторами или органическими красителями, газ (He-Ne, Ar, Kr, Xe, Ne, He-Cd, CO₂). Существуют лазеры непрерывного и импульсного действия. Классификацию лазеров можно представить в следующем виде:

Существуют лазеры непрерывного и импульсного действия. Классификацию лазеров можно представить в следующем виде:



Лазеры получили широкое применение в научных целях, в практической медицине, а также в различных областях техники. Области применения лазера определяются энергией используемого лазерного излучения:



Длина волны, генерируемого лазером, электромагнитного излучения составляет: в области рентгеновского диапазона $3 \cdot 10^{-3} \dots 3 \cdot 10^{-7}$ мкм, ультрафиолетового 0,2...0,4 мкм, видимого света 0,4...0,75 мкм, ближнего инфракрасного 0,75...1,4 мкм, инфракрасного $1,4 \dots 10^2$ мкм, субмиллиметрового $10^2 \dots 10^3$ мкм.

Биологическое действие лазерного излучения зависит от энергии излучения E , энергии импульса $E_{\text{и}}$, плотности мощности (энергии) $W_{\text{р}}$ ($W_{\text{е}}$), времени облучения t , длины волны λ , длительности импульса τ , частоты повторения импульсов f , потока излучения Φ , поверхностной плотности излучения $E_{\text{э}}$, интенсивности излучения I .

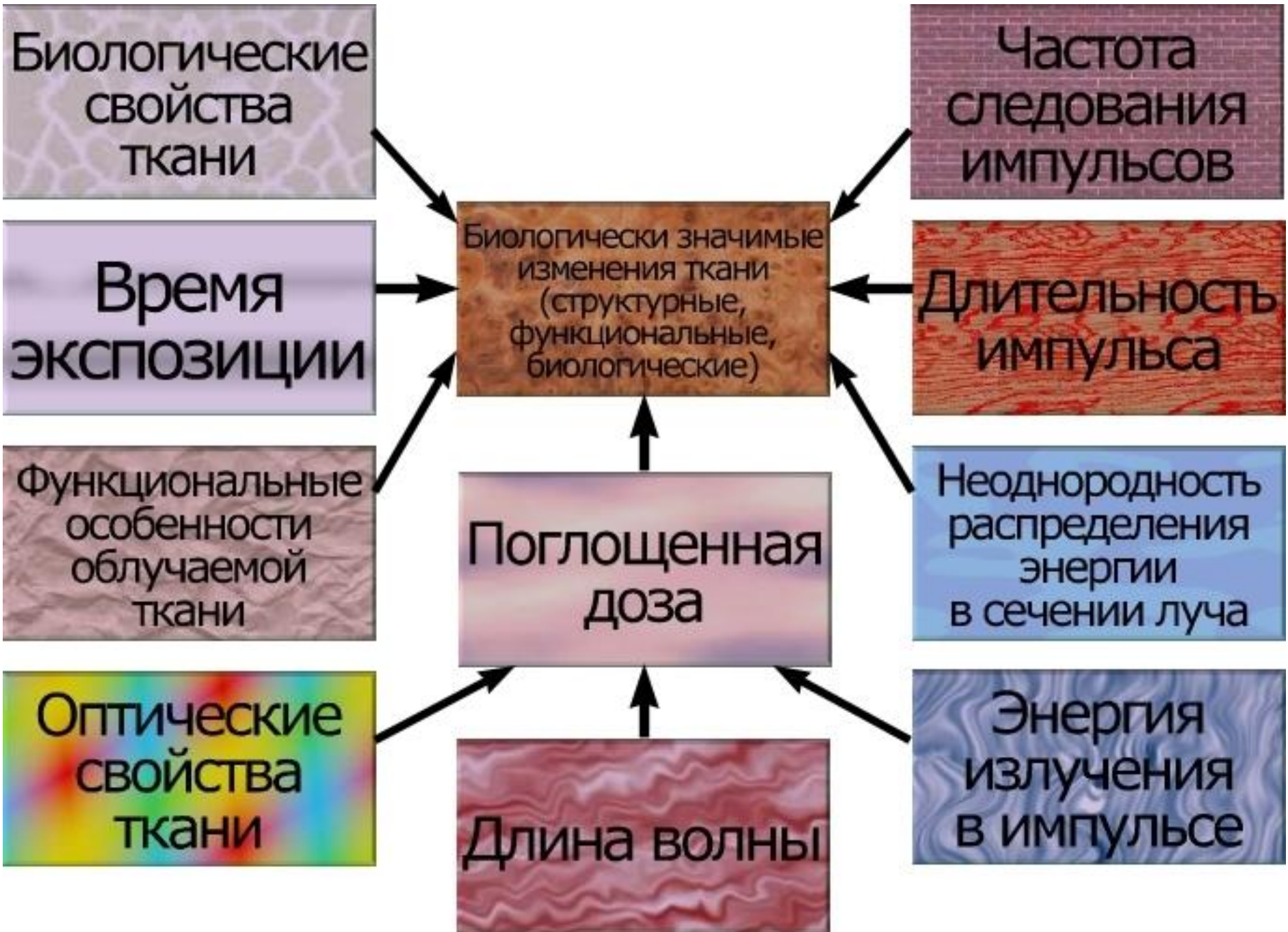
Характеризуемый объект	Показатель	Обозначение	Единица измерения
Пучок лазерного излучения	Энергия лазерного излучения	E	Дж
	Энергия импульса лазерного излучения	$E_{\text{и}}$	Дж
	Мощность лазерного излучения	P	Вт
	Плотность энергии (мощности) лазерного излучения	W_e, W_p	Дж/см ² (Вт/см ²)
Поле излучения	Поток излучения	Φ, F, P	Вт
	Поверхностная плотность потока излучения	$E_{\text{э}}$	Вт/м ²
	Интенсивность излучения	I, S	Вт/м ²
Источник излучения	Излучательная способность	$R_{\text{э}}$	Вт/м ²
	Энергетическая сила излучения	$I_{\text{э}}$	Вт/ср
	Энергетическая яркость	L_e	Вт/м ² ·ср
Приемник излучения	Облученность (энергетическая освещенность)	E_e	Вт/м ²
	Энергетическое количество освещения	H_e	Дж/м ²

Под воздействием лазерного излучения нарушается жизнедеятельность, как отдельных органов, так и организма в целом. В настоящее время установлено специфическое действие лазерных излучений на биологические объекты, отличающееся от действия других опасных производственных физических и химических факторов. При воздействии лазерного излучения на сплошную биологическую структуру (например, на организм человека) различают **три стадии: физическую, физико-химическую и химическую**. На первой стадии (физической) происходят взаимодействия излучения с веществом, характер которых зависит от анатомических, оптико-физических и функциональных особенностей тканей, а также от энергетических и пространственных характеристик излучения и, прежде всего, от длины волны и интенсивности излучения. На этой стадии происходит нагревание вещества, переход энергии электромагнитного излучения в механические колебания, ионизация атомов и молекул,

При воздействии непрерывного лазерного излучения преобладает в основном тепловой механизм действия, в результате которого происходит свертывание белка, а при больших мощностях – испарение биоткани. При импульсном режиме (с длительностью импульсов $<10^{-2}$ с) механизм взаимодействия становится более сплошным и приводит к переходу энергии излучения в энергию механических колебаний среды, в частности ударной волны. При мощности излучения свыше 10^7 Вт и высокой степени фокусировки лазерного луча возможно возникновение ионизирующих излучений.

На второй стадии (физико-химической) из ионов и возбужденных молекул образуются свободные радикалы, обладающие высокой способностью к химическим реакциям.

На третьей стадии (химической) свободные радикалы реагируют с молекулами веществ, входящих в состав живой ткани, и при этом возникают молекулярные повреждения, которые в дальнейшем определяют общую картину воздействия лазерного излучения на облучаемую ткань и организм в целом. Схематически основные факторы, определяющие биологическое действие лазерного излучения, можно представить следующим образом:



Лазерное излучение представляет опасность главным образом для тканей, которые непосредственно поглощают излучение, т.е. глаза и кожу. Высокой чувствительностью к электромагнитным излучениям обладают роговица и хрусталик глаза, причем оптическая система глаза способна на несколько порядков увеличивать плотность энергии видимого и ближнего инфракрасного диапазона на глазном дне по отношению к роговице. Длительное действие лазерного излучения видимого диапазона (не на много меньше ожогового порога) на сетчатку глаза может вызвать необратимые изменения в ней, а в ближнем инфракрасном диапазоне может привести к помутнению хрусталика. Клетки сетчатки после повреждения не восстанавливаются. Действие лазерного излучения на кожу в зависимости от первоначальной поглощенной энергии приводит к различным поражениям: от легкой эритемы (покраснения) до поверхностного обугливания и, в конечном итоге, образования глубоких дефектов кожи.



Предельно-допустимыми уровнями (ПДУ) облучения приняты энергетические экспозиции. Для ПДУ непрерывного лазерного излучения выбирают энергетическую экспозицию наименьшей величины, не вызывающей первичных и вторичных биологических эффектов (с учетом длины волны и длительности воздействия). Для импульсно-периодического излучения, ПДУ облучения рассчитывают с учетом частоты повторения и воздействия серии импульсов. При эксплуатации лазеров, помимо лазерного излучения, возникают и другие виды опасностей. Это – выделение вредных химических веществ, шум, вибрация, электромагнитные поля, ионизирующие излучения и др. По степени опасности лазерного излучения лазеры подразделяются на следующие классы:

0 – **безопасные** (выходное излучение не представляет опасности для биологической ткани при остром и хроническом воздействии);

- I – малоопасные** (воздействие прямого и зеркально отраженного излучения опасно только для глаз);
- II – средней опасности** (воздействие прямого, зеркально и диффузно отраженного излучения на глаза, а также прямого и зеркально отраженного излучения на кожу);
- III – опасные** (воздействие на глаза и кожу прямого, зеркально и диффузно отраженного излучения; работа лазеров сопровождается наличием других опасных и вредных производственных факторов);
- IV – высокой опасности** (опасности, характерные для лазеров I...III классов, а также ионизирующее излучение с уровнем, превышающим установленные допустимые пределы).
- Классификацию лазеров по степени опасности осуществляют на основе временных, энергетических и геометрических (точечный или протяженный источник) характеристик источника излучения и предельно допустимых уровней лазерного излучения.