

ЛЕКЦИЯ 5

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОПАСНОСТИ

5.1. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

С точки зрения безопасности труда вибрация и шум - одни из наиболее распространенных вредных производственных факторов на производстве. Шум и вибрация относятся к механическим колебаниям. Общее между ними то, что они связаны с переносом энергии. При определенной величине и частоте эта энергия может выступать как вредный или опасный производственный фактор. Если упругие колебания распространяются под действием какой-то возмущающей силы (источника) или в воздухе, или в жидкой, или в твердой среде - это *акустические* колебания. Они могут быть как слышимы, так не слышимы для человека. Частота звука от 20 Гц до 20 000 Гц воспринимается ухом человека, частота звука менее 20 Гц представляет *инфразвук*, а более 20 КГц - *ультразвук*. *Ультразвуки* применяются в промышленности для контрольно-измерительных целей (дефектоскопия, измерение толщины стенок трубопроводов и др.), а также для осуществления различных технологических процессов - очистка деталей, сварка, пайка, дробление и т.д. *Инфразвук* в производственных условиях обычно сочетается с низкочастотным шумом или вибрацией. Источниками инфразвука являются компрессоры, дизельные двигатели, вентиляторы, реактивные двигатели, транспортные средства и др. Одним из промышленных источников инфразвука являются тихоходные машины, число рабочих циклов которых не превышает 20 в секунду. Таким образом, кроме шумового и вибрационного воздействия, вредное влияние на человека в процессе труда могут оказывать инфразвуковые и ультразвуковые колебания.

Основные физические характеристики шума, вибрации, ультра- и инфразвука.

Шум - это сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Основными физическими характеристиками шума являются: *частота звука*,

интенсивность звука, звуковое давление.

Основным признаком механических колебаний является повторность процесса движения через определенный промежуток времени. Минимальный интервал времени, через который происходит повторение движения тела, называют *периодом колебаний* (T), а обратную ему величину - частотой колебаний (f). Эти величины связаны между собой простым соотношением:

$$f = \frac{1}{T},$$

где f - частота колебаний в герцах (Гц); T - период колебаний в секундах, с.

Таким образом, частота колебаний определяет число колебаний, произошедших за 1 секунду. Единица измерения частоты - герц (Гц).

Для характеристики среднего потока энергии в какой-либо точке среды вводят понятие *интенсивности звука* (I) - это количество энергии, переносимое звуковой волной за единицу времени через единицу площади поверхности, нормальной (расположенной под углом 90°) к направлению распространения волны.

Сила воздействия звуковой волны на барабанную перепонку человеческого уха зависят от *звукового давления*. Звуковое давление - это дополнительное давление, возникающее в газе или жидкости при нахождении там звуковой волны.

Для характеристики уровня шума используют не непосредственно значения интенсивности звука и звукового давления, которыми неудобно оперировать, а их логарифмические значения, называемые уровнем интенсивности звука или уровнем звукового давления.

Звуковое давление измеряется шумомером, где чувствительность шкалы A к различным частотам соответствует характеру восприятия шума человеком. Человеческое ухо, а также многие акустические приборы реагируют не на интенсивность звука, а на звуковое давление. Уровень звукового давления обратно пропорционален расстоянию от источника звука.

Вибрация - это совокупность механических колебаний, испытываемых каким-либо телом.

Вибрацию вызывают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе различных машин и механизмов. Примером таких устройств могут служить ручные перфораторы, кривошипно-шатунные механизмы и другие, детали которых совершают возвратно-поступательные движения. Вибрацию также создают неуравновешенные вращающиеся механизмы (электродрели, ручные шлифовальные машины, металлообрабатывающие станки, вентиляторы и т.д.), а также устройства, в которых движущиеся детали совершают ударные воздействия (зубчатые передачи, подшипники и т.д.). В промышленности также используются специальные вибрационные установки, в частности, при уплотнении бетонных смесей, при дроблении, измельчении и сортировке сыпучих материалов, при разгрузке транспортных средств и в ряде других случаев.

Основными характеристиками *вибраций* являются:

- а) частота колебаний, (f), гц;
- б) амплитуда перемещения, мм;
- в) виброскорость, V, мм/с;

Значения виброскорости и виброускорения для различных источников изменяются в очень широких пределах, поэтому, как и для шума, удобнее пользоваться их логарифмическими характеристиками.

Действие шума, ультра- и инфразвука, а также вибрации на организм человека.

Длительное воздействие *шума* на организм человека приводит к следующим последствиям шумовой болезни:

- а) снижается производительность труда;
- б) ослабляется память, внимание, острота зрения и чувствительность к предупредительным сигналам;
- г) снижается чувствительность слуха.

Звуки очень большой силы, уровень которых превышает 120-130 дБ А (звук мотора реактивного самолета) вызывают болевое ощущение и повреждения в слуховом аппарате (акустическая травма).

В табл. представлены уровни различных звуков.

Таблица

Уровни различных звуков в зависимости от источника шума и расстояния

Машинописное бюро 65
Металлорежущие станки 80-96
Дизельный грузовик 90
Пневмоперфоратор 100
Реактивный двигатель 140
Выстрел из артиллерийского орудия 160-170

Разрыв барабанных перепонок в органах слуха человека происходит под воздействием шума, уровень звукового давления которого составляет примерно 186 дБ А. Воздействие на организм человека шума, уровень которого около 196 дБ А, приведет к повреждению легочной ткани (порог легочного повреждения).

Однако не только сильные шумы, приводящие к мгновенной глухоте или повреждению органов слуха человека, вредно отражаются на здоровье и работоспособности людей. Шумы небольшой интенсивности, порядка 50-60 дБ А (уровень шума, замеренный по шкале А шумомера), негативно воздействуют на нервную систему человека, вызывают бессонницу, неспособность сосредоточиться, что ведет к снижению производительности труда и повышает вероятность возникновения несчастных случаев на производстве. Если шум постоянно действует на человека в процессе труда, то могут возникнуть различные психические нарушения, сердечнососудистые, желудочно-кишечные и кожные заболевания, тугоухость.

Последствия воздействия шума небольшой интенсивности на организм человека зависят от ряда факторов, в том числе возраста и состояния здоровья работающего, вида трудовой деятельности, психологического и физического состояния человека в момент действия шума и ряда других факторов. Шум, производимый самим человеком, обычно не беспокоит его. В отличие от этого посторонние шумы часто вызывают сильный раздражающий эффект. Если сравнивать шумы с одинаковым уровнем звукового давления, то высокочастотные шумы ($f > 1000$ Гц) более неприятны для человека, чем низкочастотные ($f < 400$ Гц). В ночное время шум с уровнем 30 - 40 дБ А является серьезным беспокоящим фактором.

Наиболее приятны для уха естественные звуки голосов природы. Шум листвы имеет уровень звукового давления равный 10 дБ А.

При постоянном воздействии шума на организм человека могут возникнуть патологические изменения, называемые шумовой болезнью, которая является профессиональным заболеванием. Длительное воздействие шума выше 85 дБ приводит к постоянному повышению порогов слуха, а затем, к развитию тугоухости и глухоты.

На человека инфразвук оказывает, как правило, отрицательное действие: вызывает угнетенное настроение, усталость, головную боль, раздражение. У человека, подвергнутого воздействию инфразвука низкой интенсивности, появляются симптомы «морской болезни», тошнота, головокружение. Появляется головная боль, повышается утомляемость, слабеет слух. При частоте 2-5 Гц и уровне интенсивности 100-125 дБ субъективная реакция сводится к ощущению давления в ухе, затруднению при глотании, вынужденной модуляции голоса и затруднению речи. Воздействие инфразвука негативно сказывается на зрении: ухудшаются зрительные функции, снижается острота зрения, сужается поле зрения, ослабляется аккомодационная способность, нарушается устойчивость фиксации глазом наблюдаемого объекта.

Шум на частоте 2-15 Гц при уровне интенсивности 100 дБ приводит к возрастанию ошибки слежения за стрелочными индикаторами. Проявляется судорожное подергивание глазного яблока, нарушение функции органов равновесия.

Летчики и космонавты, подвергнутые на тренировках воздействию инфразвука, медленнее решали даже простые арифметические задачи.

Существует предположение, что различные аномалии в состоянии людей при плохой погоде, объясняемые климатическими условиями, являются на самом деле следствием воздействия инфразвуковых волн.

При средней интенсивности (140-155 дБ) могут наступать обмороки, временная потеря зрения. При больших интенсивностях (порядка 180 дБ) может наступить паралич со смертельным исходом.

Предполагают, что негативное влияние инфразвука связано с тем, что в

инфразвуковой области лежат частоты собственных колебаний некоторых органов и частей тела человека. Это вызывает нежелательные резонансные явления. Укажем некоторые частоты собственных колебаний для человека:

- тело человека в положении лежа - (3-4) Гц;
- грудная клетка - (5-8) Гц;
- брюшная полость - (3-4) Гц;
- глаза - (12-27) Гц.

Особенно вредно воздействие инфразвука на сердце. При достаточной мощности возникают вынужденные колебания сердечной мышцы. При резонансе (6-7 Гц) их амплитуда возрастает, что может привести к кровоизлиянию.

Биологическое действие ультразвука, т.е. изменения, вызываемые в жизнедеятельности и структурах биологических объектов при воздействии на них ультразвука, определяется, главным образом, его интенсивностью и длительностью облучения и может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на жизнедеятельность организмов. Так, возникающие при сравнительно небольших интенсивностях УЗ (до 1,5 Вт/см²) механические колебания частиц производят своеобразный микромассаж тканей, способствующий лучшему обмену веществ и лучшему снабжению тканей кровью и лимфой. Локальный нагрев тканей на доли и единицы градусов, как правило, способствует жизнедеятельности биологических объектов, повышая интенсивность процессов обмена веществ. Ультразвуковые волны малой и средней интенсивности вызывают в живых тканях положительные биологические эффекты, стимулирующие протекание нормальных физиологических процессов.

Успешное применение УЗ указанных интенсивностей находит применение в неврологии при реабилитации таких заболеваний, как хронический радикулит, полиартрит, неврит, невралгия. Ультразвук используется при лечении болезней позвоночника, суставов (разрушение солевых наслоений в суставах и полостях); при лечении различных осложнений после повреждения суставов, связок, сухожилий и т.д.

УЗ большой интенсивности (3-10 Вт/см²) оказывает вредное воздействие на отдельные органы и человеческий организм в целом. Высокая интенсивность ультразвука может привести к возникновению в биологических средах акустической кавитации, сопровождающейся механическим разрушением клеток и тканей. Длительные интенсивные воздействия ультразвуком могут привести к перегреву биологических структур и к их разрушению (денатурация белков и др.). Воздействие интенсивного ультразвука может иметь и отдаленные последствия. Например, при длительных воздействиях УЗ частотой 20-30 кГц, возникающих в некоторых производственных условиях, у человека появляются расстройства нервной системы, повышается утомляемость, существенно поднимается температура, возникают нарушения органа слуха.

Очень интенсивный УЗ для человека смертелен. Так, в Испании 80 добровольцев были подвергнуты действию УЗ турбулентных двигателей. Результаты этого варварского эксперимента оказались плачевными: 28 человек погибли, остальные оказались полностью или частично парализованы.

Тепловой эффект, производимый УЗ большой интенсивности, может быть весьма значительным: при ультразвуковом облучении мощностью 4 Вт/см² в течение 20 сек температура тканей организма на глубине 2-5 см повышается на 5-6 °С.

В целях предотвращения профессиональных заболеваний у лиц, работающих на ультразвуковых установках, когда возможен контакт с источниками ультразвуковых колебаний, для защиты рук обязательно необходимо применение 2 пар перчаток: наружных резиновых и внутренних - хлопчатобумажных.

Необходимо различать общую и местную вибрации.

Общая вибрация действует на весь организм в целом, а местная - только на отдельные части его (верхние конечности, плечевой пояс, сосуды сердца).

Вибрация, помимо разрушительного действия на машины и механизмы (статистика показывает, что около 80% поломок и аварий в машиностроении является результатом недопустимых вибраций), оказывает вредное влияние на здоровье людей. Под действием вибрации происходит: угнетение

периферической нервной системы; ослабление памяти; повышение энергетических затрат организма; изменения в нервной и костно-суставной системах; повышение артериального давления.

Виброблезнь относится к группе заболеваний, эффективное лечение которых возможно лишь на ранних стадиях, причём восстановление нарушенных функций происходит очень медленно, а при некоторых условиях наступают необратимые процессы, приводящие к инвалидности.

Таким образом, полное устранение или снижение уровней шума и вибрации являются одним из непереносимых условий оздоровления условий труда и повышения технической культуры производства.

Нормирование шума и вибрации.

Шум нормируется на рабочих местах согласно ГОСТу 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» и СН 3223-85 «Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах». В указанных нормативных документах предусмотрены два метода нормирования шума: по предельному спектру шума и по интегральному показателю - эквивалентному уровню шума в дБ А.

Выбор метода нормирования в первую очередь зависит от временных характеристик шума. По этим характеристикам все шумы подразделяются на постоянные, уровень звука которых за 8-часовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБ А, и непостоянные, аналогичная характеристика которых изменяется за рабочий день более чем на 5 дБ А.

Нормирование по предельному спектру шума является основным для постоянных шумов.

Предельный спектр шума - это совокупность нормативных значений звукового давления на следующих стандартных среднегеометрических частотах: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. В табл. представлены допустимые уровни шума на различных рабочих местах.

Сокращенно предельные спектры шума обозначаются ПС (предельный спектр) с указанием допустимого уровня звукового давления на частоте 1000 Гц, например, ПС-45, ПС-55, ПС-75 и др. Это значит, что в помещениях приема

больных уровень звукового давления не должен превышать 45 дБ А.

Второй метод по эквивалентному уровню шума основан на измерении шума по шкале А шумомера. Эта шкала имитирует чувствительность человеческого уха. Уровень шума, измеренный по шкале А шумомера, обозначается в дБ А.

Постоянные шумы характеризуются по предельному спектру шума, а непостоянные только в дБ А.

Гигиенически допустимые уровни вибрации регламентирует ГОСТ 12.1.012- 90 в зависимости от частоты.

Основные методы защиты от шума и вибрации, инфра- и ультразвука. Методы защиты от шума, инфра- и ультразвука, а также от вибрации делятся на коллективные и индивидуальные.

Основные мероприятия по борьбе с шумом:

1. Качественное изготовление деталей станков и машин.
2. Замена металлических соударяющихся деталей на неметаллические.
3. Применение звукопоглощающих преград. Звукопоглощение целесообразно применять там, где преобладают низкочастотные (до 300 Гц) шумы, т.к. оно основано на явлении резонанса и наибольший эффект происходит при совпадении частот падающей звуковой волны и собственных колебаний звукопоглощающей панели.
4. Применение звукоизолирующих преград. Звукоизолирующая способность преград возрастает с увеличением их веса и частоты звуковых волн.
5. Правильная планировка и расположение цехов. Участки с шумным производством должны располагаться с подветренной стороны и на достаточном для снижения уровня интенсивности шума расстоянии.
6. Применение глушителей шума.
7. Правильная организация труда и отдыха (устройство кратковременных перерывов в работе).

8. Применение средств индивидуальной защиты (противошумные вкладыши, противошумные наушники, шлемофоны и др.).

Таблица

Допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентного уровня звука на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий по ГОСТ 12.1.003—83 (извлечение)

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения конструкторских бюро, программистов, лабораторий	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Кабины наблюдений и дистанционного управления: без речевой связи по телефону с речевой связью по телефону	43	87	82	78	75	73	71	70	80
		74	68	63	60	57	55	54	65
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Основные методы борьбы с *вибрацией* делятся на две группы: • Снижение вибрации в источнике ее возникновения;

- Уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника.

Основные мероприятия по борьбе с вибрацией:

1. Виброизоляция - применение пружинных, резиновых и других амортизаторов или упругих прокладок.

В качестве амортизаторов применяются:

- плиты из минеральной ваты и натуральной пробки. Рекомендуется

применять при частотах не менее 20 Гц;

- резиновые амортизаторы (при частотах не менее 12 Гц). Резина обладает высокими упругими качествами, но эти качества со временем теряются - резина стареет. Кроме того, необходимо учитывать малое изменение резины в объёме, поэтому, если установить агрегат на толстом куске листовой резины, то такая установка будет мало отличаться от жёсткой. Поэтому резиновые прокладки должны иметь форму, допускающую свободное растягивание резины в стороны;

- металлорезиновые амортизаторы - представляют сочетание стальных пружин с резиной. Рекомендуется применять при частотах не менее 6 Гц;

- пружинные амортизаторы, применяются при любых частотах вибрации.

2. Применение динамических виброгасителей. Устанавливается добавочная колебательная система с частотой, равной частоте возмущающей силы. Эта система вызывает равные, но противофазные колебания.

3. Уравновешивание, балансировка.

4. Жёсткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы. Амплитуда колебаний подошвы фундамента не должна превосходить 0,1-0,2 мм, а для особо ответственных установок - 0,005 мм.

5. Правильная организация труда и отдыха:

- кратковременные перерывы в работе (по 10-15 мин. через каждые 1-1,5 часа работы);

- активная гимнастика рук, тёплые водяные ванны для конечностей и др.

6. Применение средств индивидуальной защиты. В качестве средств индивидуальной защиты применяются рукавицы с прокладкой на ладонной поверхности и обувь на толстой мягкой подошве. ГОСТ 12.4.002-84 «Средства индивидуальной защиты рук от вибрации»; ГОСТ 12.4.024-86 «Обувь специальная виброзащитная ».

Способы защиты от *инфразвука* аналогичны способам защиты от шума. К ним относятся снижение уровня инфразвука в его источнике, увеличение жесткости колеблющихся конструкций, применение глушителей.

Для снижения или исключения вредного воздействия *ультразвука*, передающегося воздушным путем, ультразвуковые установки размещают в специальных помещениях. Для проведения технологических процессов на установках используют системы дистанционного управления или их автоматизацию. Более экономичным способом защиты от ультразвука является использование звукоизолирующих кожухов, которыми закрываются установки, или экранов, располагающихся на пути распространения ультразвука. Экраны изготавливают из листовой стали или дюралюминия, пластмассы или специальной резины. Применение кожухов позволяет снизить уровень ультразвука на 60 - 80 дБ.

Вопросы для самопроверки

1. *Дайте определение понятий «шум», «ультразвук», «инфразвук», «вибрация».*
2. *Какими физическими параметрами характеризуется шум и вибрация?*
3. *Каково действие шума, ультра- и инфразвука, а также вибрации на организм человека?*
4. *В чем заключается нормирование шума и вибрации на организм человека?*
5. *Перечислите основные методы защиты от воздействия шума, вибрации?*
6. *Что такое звукоизоляция и звукопоглощение?*
7. *Что такое виброизоляция?*
8. *Перечислите индивидуальные средства защиты от шума?*

5.2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

Общие сведения.

Электромагнитные волны возникают при ускоренном движении электрических зарядов. Электромагнитные волны - это взаимосвязанное распространение в пространстве изменяющихся электрического (кВ/м) и магнитного полей (А/м). Совокупность этих полей, неразрывно связанных друг с другом, называется *электромагнитным полем*.

Источником электромагнитных полей промышленной частоты являются ведущие части действующих электроустановок. Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем. Это выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, сильных болей в области сердца, изменение кровяного давления и пульса.

Международная классификация электромагнитных волн по частотам

Наименование частотного диапазона	Границы диапазона	Наименование волнового диапазона	Границы диапазона
Крайние низкие, КНЧ	3 - 30 Гц	Декамегаметровые	100 - 10 Мм
Сверхнизкие, СНЧ	30 - 300 Гц	Мегаметровые	10 - 1 Мм
Инфранизкие, ИНЧ	0,3 - 3 кГц	Гектокилометровые	1000 - 100 км
Очень низкие, ОНЧ	3 - 30 кГц	Мириаметровые	100 - 10 км
Низкие частоты, НЧ	30 - 300 кГц	Километровые	10 - 1 км
Средние, СЧ	0,3 - 3 МГц	Гектометровые	1 - 0,1 км
Высокие частоты, ВЧ	3 - 30 МГц	Декаметровые	100 - 10 м
Очень высокие, ОВЧ	30 - 300 МГц	Метровые	10 - 1 м
Ультравысокие, УВЧ	0,3 - 3 ГГц	Дециметровые	1 - 0,1 м
Сверхвысокие, СВЧ	3 - 30 ГГц	Сантиметровые	10 - 1 см
Крайне высокие, КВЧ	30 - 300 ГГц	Миллиметровые	10 - 1 мм
Гипервысокие ГВЧ	300 - 3000 ГГц	Децимиллиметровые	1 - 0,1 мм

Основные источники ЭМП

Среди основных источников ЭМИ можно перечислить:

- Электротранспорт (трамваи, троллейбусы, поезда,)
- Линии электропередач (городского освещения, высоковольтные,...)
- Электропроводка (внутри зданий, телекоммуникации,...)
- Бытовые электроприборы

- Теле- и радиостанции (транслирующие антенны)
- Спутниковая и сотовая связь (транслирующие антенны)
- Радары
- Персональные компьютеры

Оценка опасности воздействия магнитного поля на человека производится по величине электромагнитной энергии, поглощенной телом человека. Реакция организма человека на составляющие электромагнитного поля не является одинаковой, поэтому при оценке условий работы необходимо учитывать электрическую и магнитную напряженность поля. Неблагоприятное воздействие токов промышленной частоты проявляются только при напряженности магнитного поля порядка 160 - 200 А/м. Практически даже при обслуживании и нахождении даже в зоне мощных электроустановок высокого напряжения магнитная напряженность поля не превышает 20-25 А/м, поэтому оценку потенциальной опасности воздействия электромагнитного поля промышленной частоты достаточно производить по величине электрической напряженности поля. В соответствии с ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20 - 25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов.

Согласно теории электромагнитного поля пространство около источника полей радиочастот делится на две зоны: ближняя зона (зона индукции), расстояние которой зависит от длины волны и зона излучения (волновая зона). В зоне индукции еще не сформировалось бегущая электромагнитная волна, поэтому нормирование в этой зоне ведется по электрической и магнитной составляющей магнитного поля. В зоне излучения нормирование ведется по плотности потока мощности (мВ/кв. см).

Предельно допустимые уровни облучения в диапазоне радиочастот определяются ГОСТом 12.1.006-84 «Электромагнитные поля радиочастот.

Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля». В соответствии с этим нормативным документом установлена предельно допустимая напряженность электрического поля (Е_{пд}, В/м) в диапазоне 0,06-300 МГц и предельно допустимая энергетическая нагрузка за рабочий день.

Предельно допустимая напряженность магнитного поля в диапазоне частот 0,06 - 3 МГц в соответствии с названным выше ГОСТом должна составлять $H_{пд} = 50$ А/м, предельно допустимая энергетическая нагрузка за рабочий день 200 А/м².

Биологическое действие электромагнитных полей

Экспериментальные данные как отечественных, так и зарубежных исследователей свидетельствуют о высокой биологической активности ЭМП во всех частотных диапазонах. При относительно высоких уровнях облучающего ЭМП современная теория признает тепловой механизм воздействия. Тепловой порог более 10 мВт/см². При относительно низком уровне ЭМП (к примеру, для радиочастот выше 300 МГц это менее 1 мВт/см²) принято говорить о нетепловом или информационном характере воздействия на организм. Механизмы действия ЭМП в этом случае еще мало изучены. Многочисленные исследования в области биологического действия ЭМП позволяют определить наиболее чувствительные системы организма человека: нервная, иммунная, эндокринная и половая. Эти системы организма являются критическими. Реакции этих систем должны обязательно учитываться при оценке риска воздействия ЭМП на население.

Биологический эффект ЭМП в условиях длительного многолетнего воздействия накапливается, в результате возможно развитие отдаленных последствий, включая дегенеративные процессы центральной нервной системы, рак крови (лейкозы), опухоли мозга, гормональные заболевания. Особо опасны ЭМП могут быть для детей, беременных (эмбрион), людей с заболеваниями центральной нервной, гормональной, сердечно-сосудистой системы, аллергиков, людей с ослабленным иммунитетом.

Влияние на нервную систему.

Большое число исследований, выполненных в России, и сделанные монографические обобщения, дают основание отнести нервную систему к одной

из наиболее чувствительных систем в организме человека к воздействию ЭМП. На уровне нервной клетки, структурных образований по передачи нервных импульсов (синапсе), на уровне изолированных нервных структур возникают существенные отклонения при воздействии ЭМП малой интенсивности. Изменяется высшая нервная деятельность, память у людей, имеющих контакт с ЭМП. Эти лица могут иметь склонность к развитию стрессорных реакций. Определенные структуры головного мозга имеют повышенную чувствительность к ЭМП. Изменения проницаемости гематоэнцефалического барьера может привести к неожиданным неблагоприятным эффектам. Особую высокую чувствительность к ЭМП проявляет нервная система эмбриона.

Влияние на иммунную систему

В настоящее время накоплено достаточно данных, указывающих на отрицательное влияние ЭМП на иммунологическую реактивность организма. Результаты исследований ученых России дают основание считать, что при воздействии ЭМП нарушаются процессы иммуногенеза, чаще в сторону их угнетения. Установлено также, что у животных, облученных ЭМП, изменяется характер инфекционного процесса - течение инфекционного процесса отягощается. Возникновение аутоиммунитета связывают не столько с изменением антигенной структуры тканей, сколько с патологией иммунной системы, в результате чего она реагирует против нормальных тканевых антигенов. В соответствии с этой концепцией, основу всех аутоиммунных состояний составляет в первую очередь иммунодефицит по тимусзависимой клеточной популяции лимфоцитов. Влияние ЭМП высоких интенсивностей на иммунную систему организма проявляется в угнетающем эффекте на Т- систему клеточного иммунитета. ЭМП могут способствовать неспецифическому угнетению иммуногенеза, усилению образования антител к тканям плода и стимуляции аутоиммунной реакции в организме беременной самки.

Влияние на эндокринную систему и нейрогуморальную реакцию.

В работах ученых России еще в 60-е годы в трактовке механизма функциональных нарушений при воздействии ЭМП ведущее место отводилось изменениям в гипофиз-надпочечниковой системе. Исследования показали, что

при действии ЭМП, как правило, происходила стимуляция гипофизарно-адреналиновой системы, что сопровождалось увеличением содержания адреналина в крови, активацией процессов свертывания крови.

Было признано, что одной из систем, рано и закономерно вовлекающей в ответную реакцию организма на воздействие различных факторов внешней среды, является система гипоталамус-гипофиз-кора надпочечников. Результаты исследований подтвердили это положение.

Влияние на половую функцию.

Нарушения половой функции обычно связаны с изменением ее регуляции со стороны нервной и нейроэндокринной систем. С этим связаны результаты работы по изучению состояния гонадотропной активности гипофиза при воздействии ЭМП. Многократное облучение ЭМП вызывает понижение активности гипофиза.

Любой фактор окружающей среды, воздействующий на женский организм во время беременности и оказывающий влияние на эмбриональное развитие, считается тератогенным. Многие ученые относят ЭМП к этой группе факторов. Первостепенное значение в исследованиях тератогенеза имеет стадия беременности, во время которой воздействует ЭМП. Принято считать, что ЭМП могут, например, вызывать уродства, воздействуя в различные стадии беременности. Хотя периоды максимальной чувствительности к ЭМП имеются. Наиболее уязвимыми периодами являются обычно ранние стадии развития зародыша, соответствующие периодам имплантации и раннего органогенеза.

Было высказано мнение о возможности специфического действия ЭМП на половую функцию женщин, на эмбрион. Отмечена более высокая чувствительность к воздействию ЭМП яичников нежели семенников. Установлено, что чувствительность эмбриона к ЭМП значительно выше, чем чувствительность материнского организма, а внутриутробное повреждение плода ЭМП может произойти на любом этапе его развития. Результаты проведенных эпидемиологических исследований позволят сделать вывод, что наличие контакта женщин с электромагнитным излучением может привести к преждевременным родам, повлиять на развитие плода и, наконец, увеличить

риск развития врожденных уродств.

Другие медико-биологические эффекты.

С начала 60-х годов в СССР были проведены широкие исследования по изучению здоровья людей, имеющих контакт с ЭМП на производстве. Результаты клинических исследований показали, что длительный контакт с ЭМП в СВЧ диапазоне может привести к развитию заболеваний, клиническую картину которого определяют, прежде всего, изменения функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем. Было предложено выделить самостоятельное заболевание - радиоволновая болезнь. Это заболевание, по мнению авторов, может иметь три синдрома по мере усиления тяжести заболевания:

- астенический синдром;
- астеновегетативный синдром;
- гипоталамический синдром.

Наиболее ранними клиническими проявлениями последствий воздействия ЭМ-излучения на человека являются функциональные нарушения со стороны нервной системы, проявляющиеся прежде всего в виде вегетативных дисфункций неврастенического и астенического синдрома. Лица, длительное время находившиеся в зоне ЭМ-излучения, предъявляют жалобы на слабость, раздражительность, быструю утомляемость, ослабление памяти, нарушение сна. Нередко к этим симптомам присоединяются расстройства вегетативных функций. Нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы проявляются, как правило, нейроциркуляторной дистонией: лабильность пульса и артериального давления, склонность к гипотонии, боли в области сердца и др. Отмечаются также фазовые изменения состава периферической крови (лабильность показателей) с последующим развитием умеренной лейкопении, нейropении, эритроцитопении. Изменения костного мозга носят характер реактивного компенсаторного напряжения регенерации. Обычно эти изменения возникают у лиц по роду своей работы постоянно находившихся под действием ЭМ-излучения с достаточно большой интенсивностью. Работающие с МП и ЭМП, а также население, живущее в зоне действия ЭМП жалуются на

раздражительность, нетерпеливость. Через 1-3 года у некоторых появляется чувство внутренней напряженности, суетливость. Нарушаются внимание и память. Возникают жалобы на малую эффективность сна и на утомляемость. Учитывая важную роль коры больших полушарий и гипоталамуса в осуществлении психических функций человека, можно ожидать, что длительное повторное воздействие предельно допустимых ЭМ-излучения (особенно в дециметровом диапазоне волн) может повести к психическим расстройствам.

Основные методы защиты от электромагнитных излучений.

К ним следует отнести:

- а) рациональное размещение излучающих и облучаемых объектов, исключающее или ослабляющее воздействие излучения на персонал;
- б) ограничение места и времени нахождения работающих в электромагнитном поле;
- в) защита расстоянием, т. е. удаление рабочего места от источника электромагнитных излучений;
- г) уменьшение мощности источника излучений;
- д) использование поглощающих или отражающих экранов;
- е) применение средств индивидуальной защиты и некоторые др.

Из перечисленных выше методов защиты чаще всего применяют экранирование или рабочих мест, или непосредственно источника излучения. Различают *отражающие и поглощающие* экраны.

Отражающие экраны изготавливают из материалов с низким электросопротивлением, чаще всего из металлов или их сплавов (меди, латуни, алюминия и его сплавов, стали). Весьма эффективно и экономично использовать не сплошные экраны, а изготовленные из проволочной сетки или из тонкой (толщиной 0,01 - 0,05 мм) алюминиевой, латунной или цинковой фольги. Хорошей экранирующей способностью обладают токопроводящие краски (в качестве токопроводящих элементов используют коллоидное серебро, порошок графит, сажу и др.), а также металлические покрытия, нанесенные на поверхность защитного материала. Экраны должны заземляться. Защитные

действия таких экранов заключаются в следующем. Под действием электромагнитного поля в материале экрана возникают вихревые токи (токи Фуко), которые наводят в нем вторичное поле. Амплитуда наведенного поля приблизительно равна амплитуде экранируемого поля, а фазы этих полей противоположны. Поэтому результирующее поле, возникающее в результате суперпозиции (сложения) двух рассмотренных полей, быстро затухает в материале экрана, проникая в него на малую глубину.

Действие *поглощающих* экранов сводится к поглощению электромагнитных волн. Для изготовления поглощающих экранов применяются материалы с плохой электропроводностью. Поглощающие экраны изготавливаются прессованных листов резины специального состава с коническими сплошными или полыми шипами, а также в виде пластин из пористой резины, выполненной карбонильным железом, с впрессованной металлической сеткой. Эти материалы приклеиваются на каркас или на поверхность излучаемого оборудования. Экранами могут защищаться оконные проемы и стены зданий и сооружений, находящихся под воздействием электромагнитного излучения (ЭМИ).

Для *защиты от электрических полей промышленной частоты*, возникающих вдоль линий высоковольтных электропередач (ЛЭП), предусмотрена определенная высота подвески проводов линий, расстояние между ними, площадь санитарно-защитных зон вдоль трассы ЛЭП на населенной территории (табл.). В этих зонах ограничивается длительность работ, а также заземляются машины и оборудование.

Размеры санитарно-защитных зон вдоль высоковольтных линий (по СН № 2963-84)

Напряжение высоковольтной линии, кВ	Расстояние от проекции на землю крайних фаз проводов, м	Напряжение высоковольтной линии, кВ	Расстояние от проекции на землю крайних фаз проводов, м
1150	300 (55)	220	25
750	250 (40)	ПО	20
500	150 (30)	35	15
330	75 (20)	до 20	10

Примечание. Значения, представленные в скобках, допускаются в порядке исключения для сельской местности.

Для индивидуальной защиты от электромагнитного излучения применяют специальные комбинезоны и халаты, изготовленные из металлизированной ткани (экранируют электромагнитные поля). Для защиты глаз от воздействия электромагнитного излучения применяют очки марки ЗП5-90, стекла которых покрыты диоксидом олова, обладающим полупроводниковыми свойствами.

Вопросы для самоконтроля

1. *Дайте определение понятия «электромагнитное поле».*
2. *Какими физическими параметрами характеризуется электромагнитное излучение?*
3. *Какие источники электромагнитных полей вы знаете?*
4. *Каково действие электромагнитных полей на организм человека?*
5. *Что такое нормирование электромагнитных полей?*
6. *Перечислите и охарактеризуйте основные методы защиты от электромагнитных излучений.*
11. *Каковы индивидуальные средства защиты от воздействия электромагнитного поля?*