

# **Электромагнитные поля и излучения**

**(неионизирующие излучения)**

# Основные понятия

- *Электромагнитная волна* – это колебательный процесс, связанный с изменяющимися в пространстве и во времени взаимосвязанными электрическими и магнитными полями. Область распространения электромагнитных волн называется *электромагнитным полем (ЭМП)*.

# Основные характеристики электромагнитного поля

Электромагнитное поле (ЭМП) характеризуется частотой  $f$  (Гц) или длиной волны  $\lambda$  (м), которые связаны:  $f = c / \lambda$ .

Электромагнитная волна распространяется в ЭМП со скоростью света. ЭМП обладает энергией, а электромагнитная волна переносит эту энергию. Энергию электромагнитной волны принято характеризовать плотностью потока энергии (ППЭ) – энергией, переносимой электромагнитной волной в единицу времени через единичную площадь (Вт/м<sup>2</sup>).

ЭМП имеет электрическую и магнитную составляющие. Характеристикой электрической составляющей ЭМП является напряженность электрического поля  $E$  (В/м).

Характеристикой магнитной составляющей ЭМП является напряженность магнитного поля  $H$  (А/м).

# Классификация электромагнитных полей

- Три диапазона: радиочастотный (СДВ, ДВ, СВ, КВ, УКВ), оптический (видимый свет, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение) и ионизирующий (*рентгеновские и гамма-излучения*).
- Электромагнитный спектр радиочастотного диапазона условно разделен на 4 частотных диапазона: *низкие частоты* (НЧ) – менее 30 кГц, *высокие частоты* (ВЧ) – 30кГц...30МГц, *ультравысокие частоты* (УВЧ) – 30...300 МГц, *сверхвысокие частоты* (СВЧ) – 300МГц...750 ГГц.
- Особой разновидностью ЭМИ является *лазерное излучение (ЛИ)*, генерируемое в диапазоне длин волн 0,1...1000 мкм. Особенностью ЛИ является его монохроматичность и когерентность, острая направленность луча.

# Источники ЭМП на производстве

- Изделия, которые специально созданы для излучения электромагнитной энергии: радио – и телевизионные вещательные станции, радиолокационные установки, физиотерапевтические аппараты, технологические установки в промышленности.
- Устройства не предназначенные для излучения электромагнитной энергии в пространство, но в которых при работе происходит паразитное излучение. Это системы передачи и распределения электроэнергии (линии электропередачи –ЛЭП, трансформаторные и распределительные подстанции) и приборы потребляющие электроэнергию (электродвигатели, электроплиты, электронагреватели, видеодисплейные терминалы, холодильники, телевизоры и т.п.).

# Три зоны ЭМП

- Первая зона – *зона индукции (ближняя зона)* охватывает промежуток от источника излучения до расстояния равного примерно  $\lambda/2\pi \approx 1/6 \lambda$ . В этой зоне электромагнитная волна еще не сформирована и поэтому электрическое и магнитное поле не взаимосвязаны и действуют независимо.
- Вторая зона – *зона интерференции (промежуточная зона)* располагается на расстояниях примерно от  $\lambda/2\pi$  до  $2\pi\lambda$ . В этой зоне происходит формирование ЭМВ и на человека действует электрическое и магнитное поля, а также оказывается энергетическое воздействие.
- Третья зона – *волновая зона (дальняя зона)* располагается на расстояниях свыше  $2\pi\lambda$ . В этой зоне ЭМВ сформирована, электрическое и магнитное поля взаимосвязаны. На человека в этой зоне воздействует энергия волны.

# Воздействие неионизирующих излучений на человека

- Наиболее чувствительны к электромагнитным полям центральная нервная система, сердечно-сосудистая, гормональная и репродуктивные системы.
- Длительное воздействие на человека *электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц)* приводит к расстройствам, которые субъективно выражаются жалобами на головную боль в височной и затылочной области, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, апатию, боли в сердце, нарушение ритма сердечных сокращений. Могут наблюдаться функциональные нарушения в центральной нервной системе, а также изменения в составе крови.

# Воздействие неионизирующих излучений на человека

- При длительном воздействии ЭМИ радиочастотного диапазона даже умеренной интенсивности могут произойти расстройства нервной системы, обменных процессов, изменения состава крови. Могут также наблюдаться выпадение волос, ломкость ногтей, похудание. На ранней стадии нарушения носят обратимый характер, но в дальнейшем происходят необратимые изменения в состоянии здоровья, стойкое снижение работоспособности и жизненных сил.

# Воздействие неионизирующих излучений на человека

- *Инфракрасное (тепловое) излучение* вызывает тепловой эффект. Наиболее поражаемые ИК излучением – кожный покров (ожоги) и органы зрения.
- *Световое излучение*. Пульсации яркого света ухудшает зрение, снижает работоспособность, воздействует на нервную систему.
- *Ультрафиолетовое излучение (УФИ)* может вызвать ожоги глаз вплоть до временной или полной потери зрения, острое воспаление кожи с покраснением, иногда отеком и образование пузырей. Острые поражения глаз - электроофтальмия, хронический конъюнктивит, воспаление век, помутнение хрусталика.
- *Лазерное излучение (ЛИ)* действует избирательно на различные органы, выделяют локальное и общее повреждение организма. При облучении глаз теряют прозрачность роговица и хрусталик. Нагрев хрусталика приводит к образованию катаракты, оптическая система глаза становится прозрачной и поражается сетчатка глаза. ЛИ способно проникать через ткани на значительную глубину, поражая внутренние органы.

# Гигиеническое нормирование электромагнитных полей

- Нормирование ЭМИ *радиочастотного диапазона (РЧ диапазона)* осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.006 – 84.
- Для частотного диапазона 30 кГц...300Мгц предельно-допустимые уровни излучения определяются по энергетической нагрузке, создаваемой электрическим и магнитным полями:
- **$ЭНЕ = E^2T$  ;       $ЭНН = H^2T$ ,**
- где T – время воздействия излучения в часах.
- Максимальные значения для ЭНЕ составляет 20000 В<sup>2</sup> ч/м<sup>2</sup>, для ЭНН – 200 А<sup>2</sup> ч/м<sup>2</sup>.

Допустимое время пребывания персонала, обслуживающего установки промышленной частоты определяется по формуле:

$$T = 50/E - 2$$

- При одновременном воздействии на человека ЭМИ РЧ диапазона должно выполняться условие:

$$\sum_i \frac{E_i}{ПДУ_{Ei}} + \sum_i \frac{H_i}{ПДУ_{Hi}} + \sum_i \frac{ППЭ_i}{ПДУ_{ППЭi}} \leq 1,$$

# Защита от электромагнитных полей и излучений

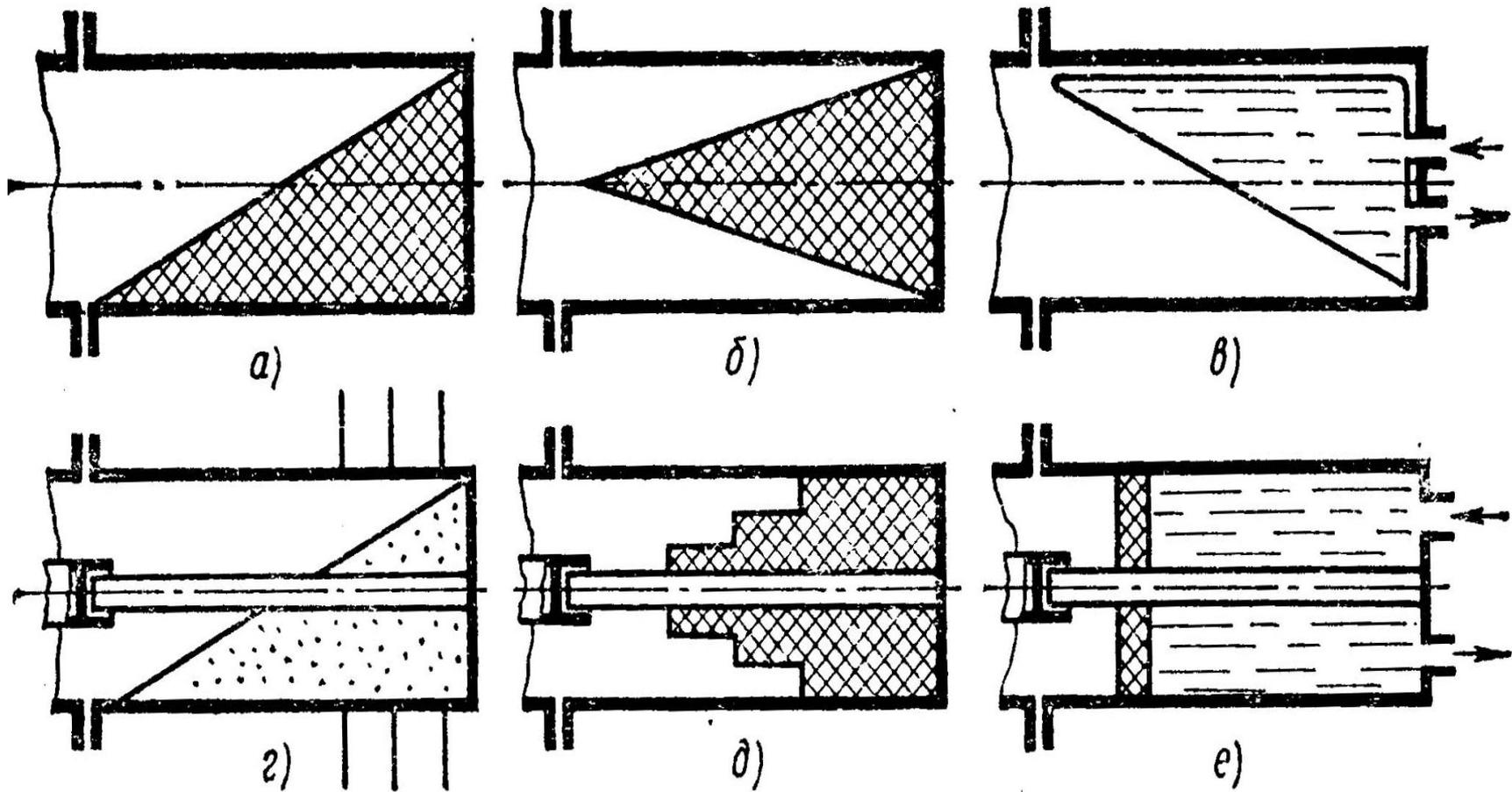
- Общими методами защиты от электромагнитных полей и излучений являются следующие методы:
- уменьшение мощности генерирования поля и излучения непосредственно в его источнике, в частности за счет применения поглотителей электромагнитной энергии;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения;
- экранирование излучения;
- применение средств индивидуальной защиты.

- *Поглотители мощности* бывают коаксиальные и волноводные (рис. ). Поглотителем энергии служат специальные вставки из графита или материалов углеродистого состава, а также специальные диэлектрики. При поглощении электромагнитной энергии выделяется теплота, поэтому для охлаждения поглотителей применяют охлаждающие ребра ( рис. ) или проточную воду ( рис. ). Для волноводов применяют поглотителм мощности различных конструкций: скошенные ( рис. ), клинообразные (рис. ), ступенчатые ( рис. ), в виде шайб (рис. ).

# *Увеличение расстояния от источника излучения*

В дальней зоне излучения, т.е. на расстояниях примерно больших  $1/6$  длины волны излучения плотность потока энергии (ППЭ) уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния, а напряженности электрического и магнитного полей – обратно пропорционально расстоянию. Т.е. при увеличении расстояния от источника излучения ППЭ уменьшается в 4 раза.

Конструкция поглотителей мощности (с охлаждающими ребрами, проточной водой, скошенные, ступенчатые, в виде шайб)



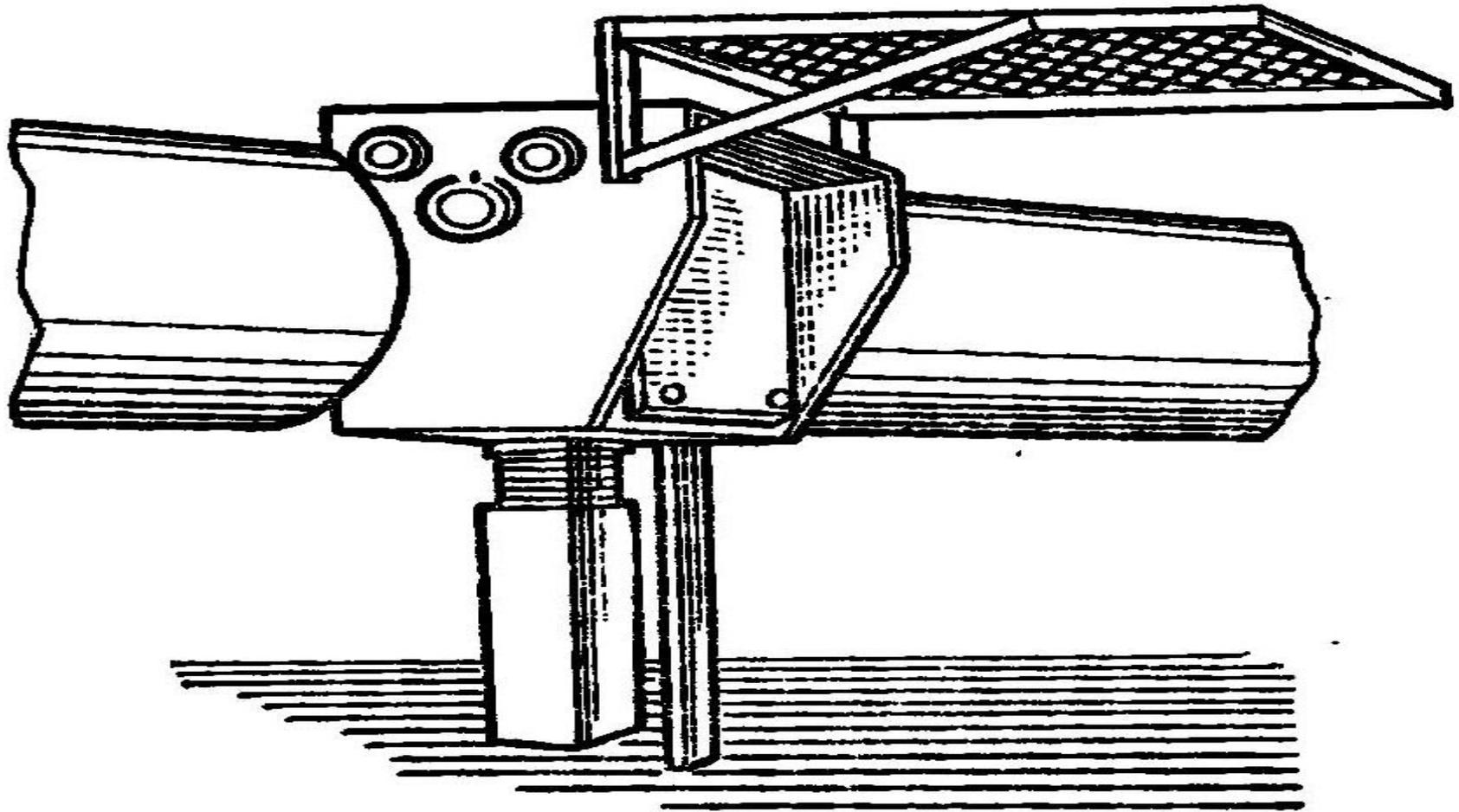
# *Экранирование излучений*

- Экраны могут быть замкнутыми (полностью изолирующими излучающее устройство или защищаемый объект) или незамкнутыми, различной формы и размеров, выполненными из сплошных, перфорированных, сотовых или сетчатых материалов.
- Для исключения электромагнитного загрязнения окружающей среды, территории предприятия окна помещений, в которых проводятся работы с электромагнитными излучателями, экранируют с помощью сетчатых или сотовых экранов.
- Экраны частично отражают и частично поглощают электромагнитную энергию. По степени отражения и поглощения их условно разделяют на отражающие и поглощающие экраны.

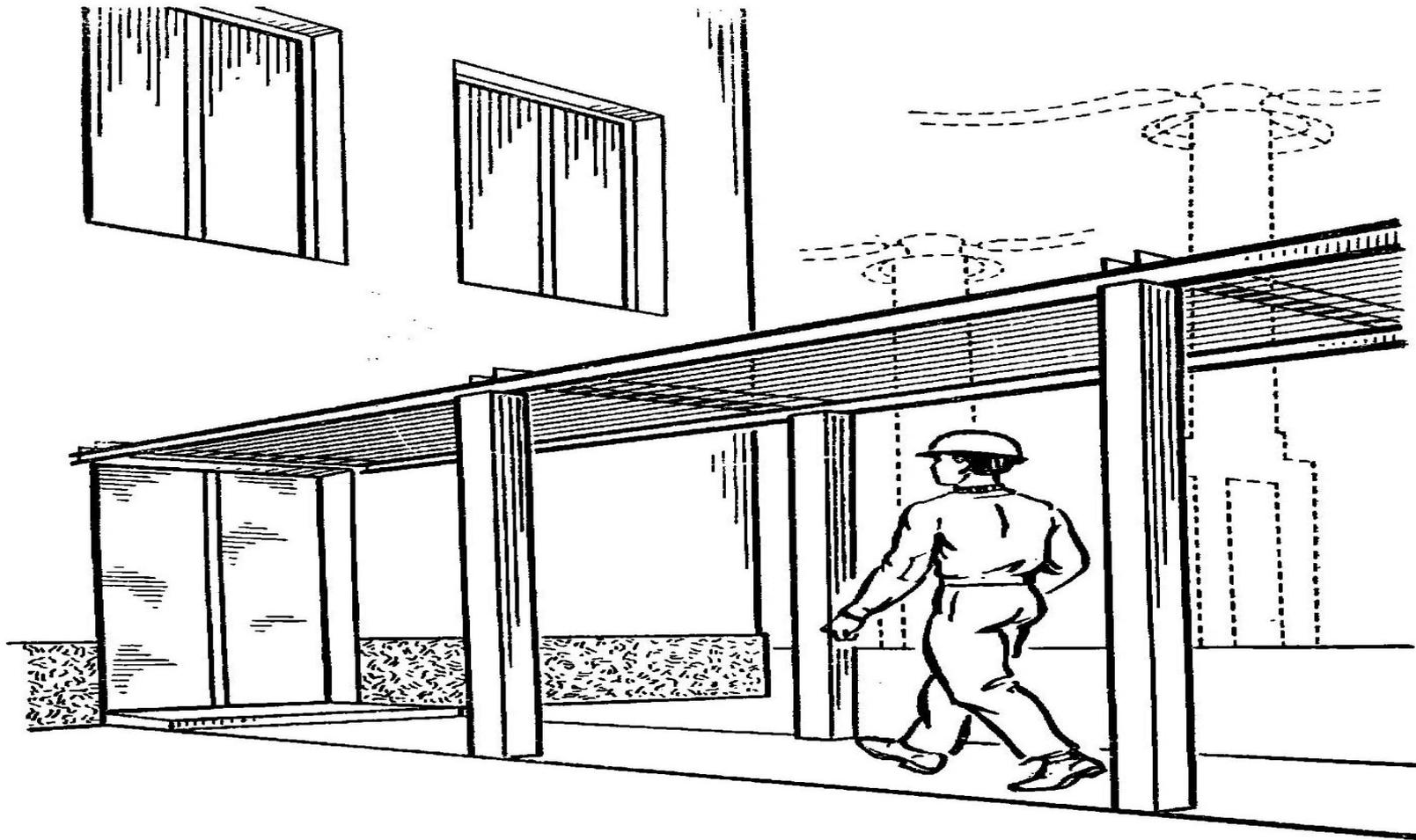
# Характеристика экранов

- *Отражающие экраны* выполняют из хорошо проводящих материалов, например стали, меди, алюминия толщиной не менее 0,5 мм из конструктивных и прочностных соображений. Могут применяться: фольга, наклеиваемая на несущее основание; токопроводящие краски; экраны с металлизированной со стороны падающей электромагнитной волны поверхностью.
- *Поглощающие экраны* выполняют из радиопоглощающих материалов. Естественных материалов с хорошей радиопоглощающей способностью нет, поэтому их выполняют с помощью различных конструктивных приемов и введением различных поглощающих добавок в основу. В качестве основы используют: каучук, поролон, пенополистирол, пенопласт, керамикометаллические композиции и т.д. В качестве добавок применяют: сажу, активированный уголь, порошок корбонильного железа и т.д. Все экраны обязательно должны заземляться для обеспечения стекания образующихся на них зарядов в землю.
- Для увеличения поглощающей способности экрана их делают многослойными и большой толщины, иногда со стороны падающей волны выполняют конусообразные выступы и т.д.

# Экранирующий козырек

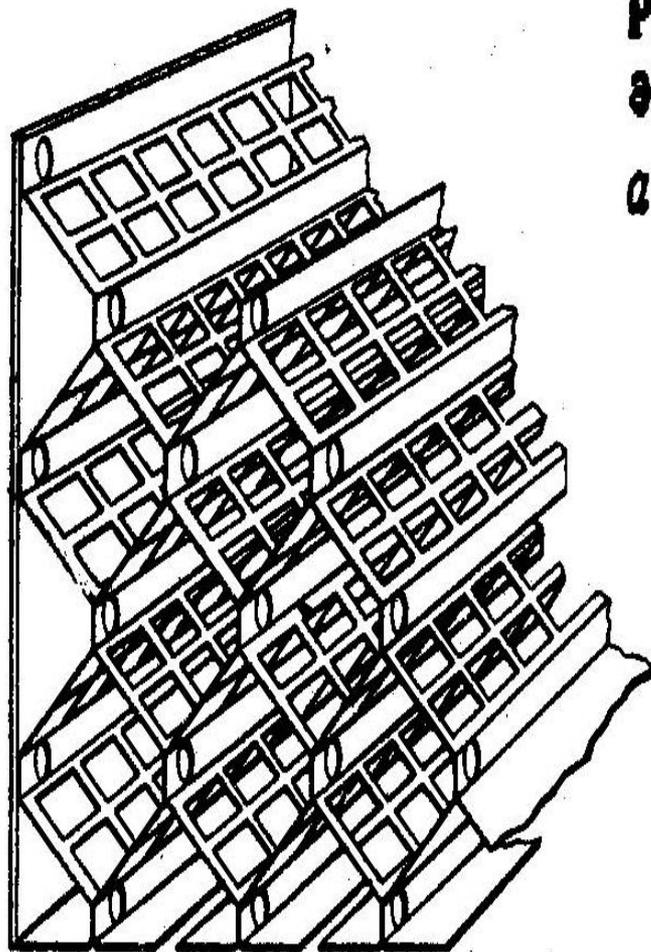


# Экранирующий навес

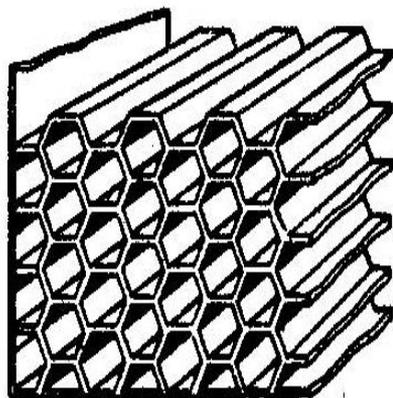


**Рис. 3.33** Сотовые решетки, применяемые для экранирования ЭМП в частотных диапазонах:

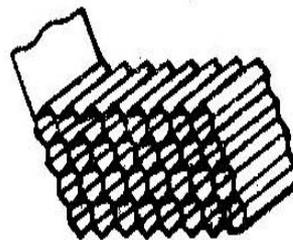
**а** — до 1 ГГц; **б** — 10 ГГц; **в** — до 35 ГГц



а)



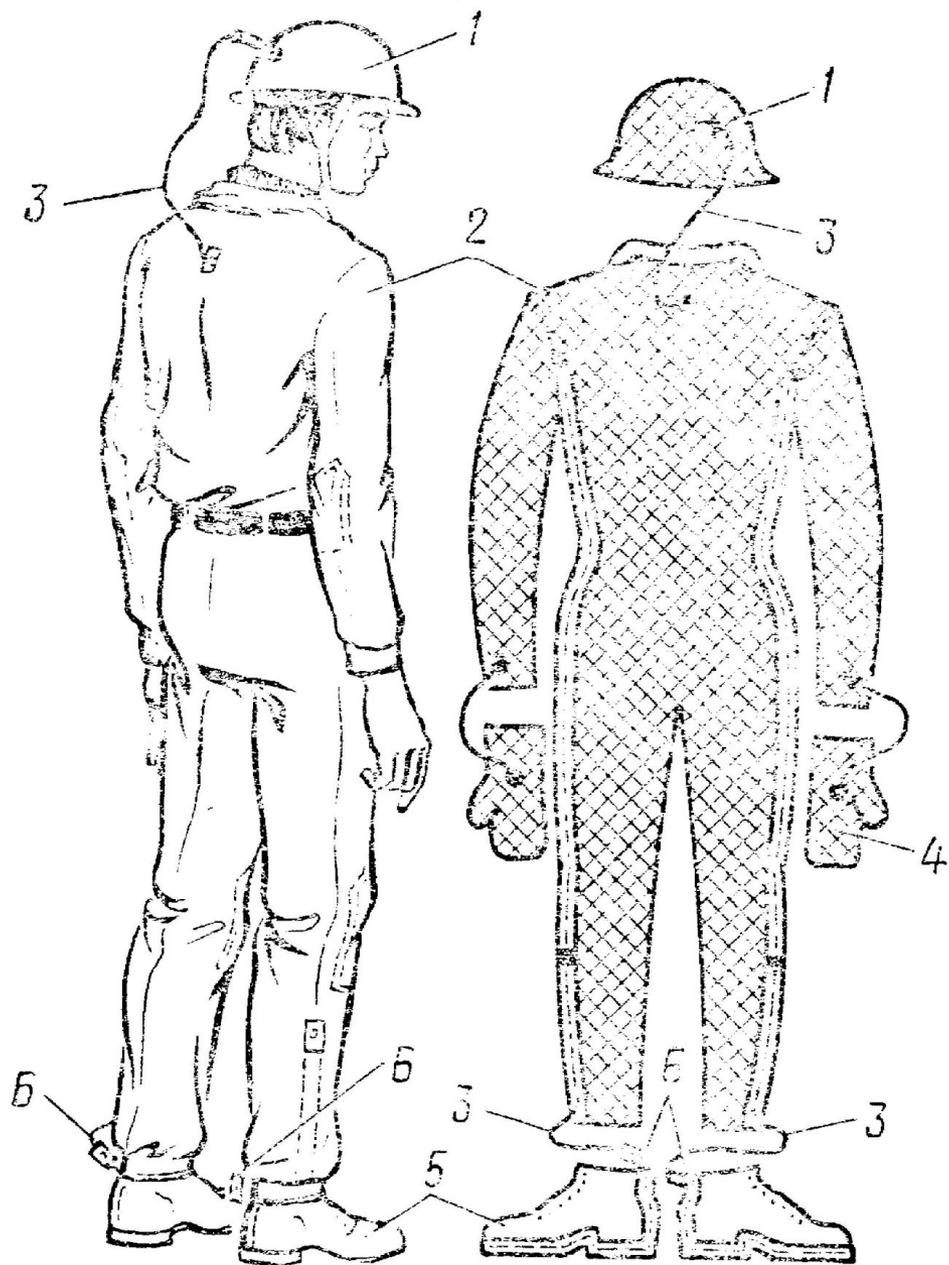
б)



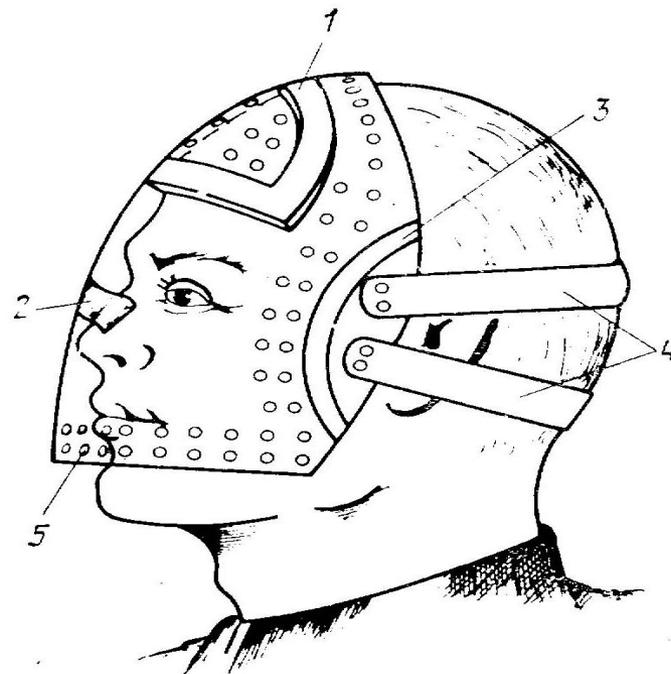
в)

# *Средства индивидуальной защиты*

- К СИЗ, которые применяют для защиты от электромагнитных излучений относят: радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки, очки, маски и т.д. СИЗ используют метод экранирования.
- Радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки в общем случае шьются из хлопчатобумажного материала, вытканного вместе с микропроводом, выполняющим роль сетчатого экрана. Для защиты глаз применяют очки специальных марок с металлизированными стеклами. Поверхность стекол покрыта пленкой диоксида олова. В оправе вшита металлическая сетка и она плотно прилегает к лицу для исключения проникновения излучения сбоку.



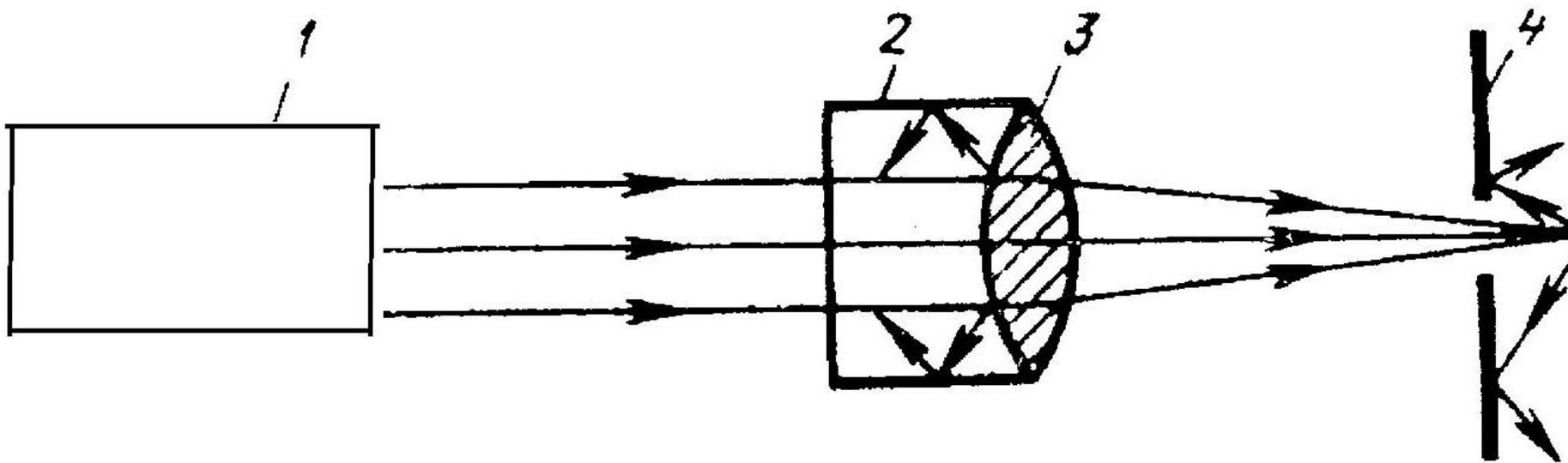
**Рис.3.36а Радиозащитный костюм**



**Рис. 3.36 б Защитная маска  
с перфорационными отверстиями  
1,2,3 - поролоновые прокладки,  
4- ремкни крепления маски,  
5- перффорационные отверстия**

# Защита от лазерного излучения

Для основного луча каждого лазера выбирается направление и зона, в которых исключается пребывание людей. Работы с лазерными установками проводятся в отдельных помещениях или специально отгороженных частях помещения. Само помещение изнутри, оборудование и другие предметы не должны иметь зеркально отражающих поверхностей, если на них может падать прямой или отраженный луч лазера. Эти поверхности окрашиваются в матовые цвета. Для защиты от отраженного облучения от объекта (мишени) применяются диафрагмы с отверстием, немного превышающим диаметр луча. В этом случае через отверстие диафрагмы проходит только прямой луч, а отраженное излучение от мишени попадает на диафрагму, которая поглощает и рассеивает энергию. Для мишени рекомендуется темная окраска. В помещении должна быть создана хорошая освещенность. КЕО должен быть не менее 1,5 %, а общее искусственное освещение не менее 150 лк.



**Рис.3.37** Схема экранирования отраженного излучения лазера блендами и диафрагмами  
**1- лазер, 2- бленда, 3-линза, 4- диафрагма,**  
**5- мишень**

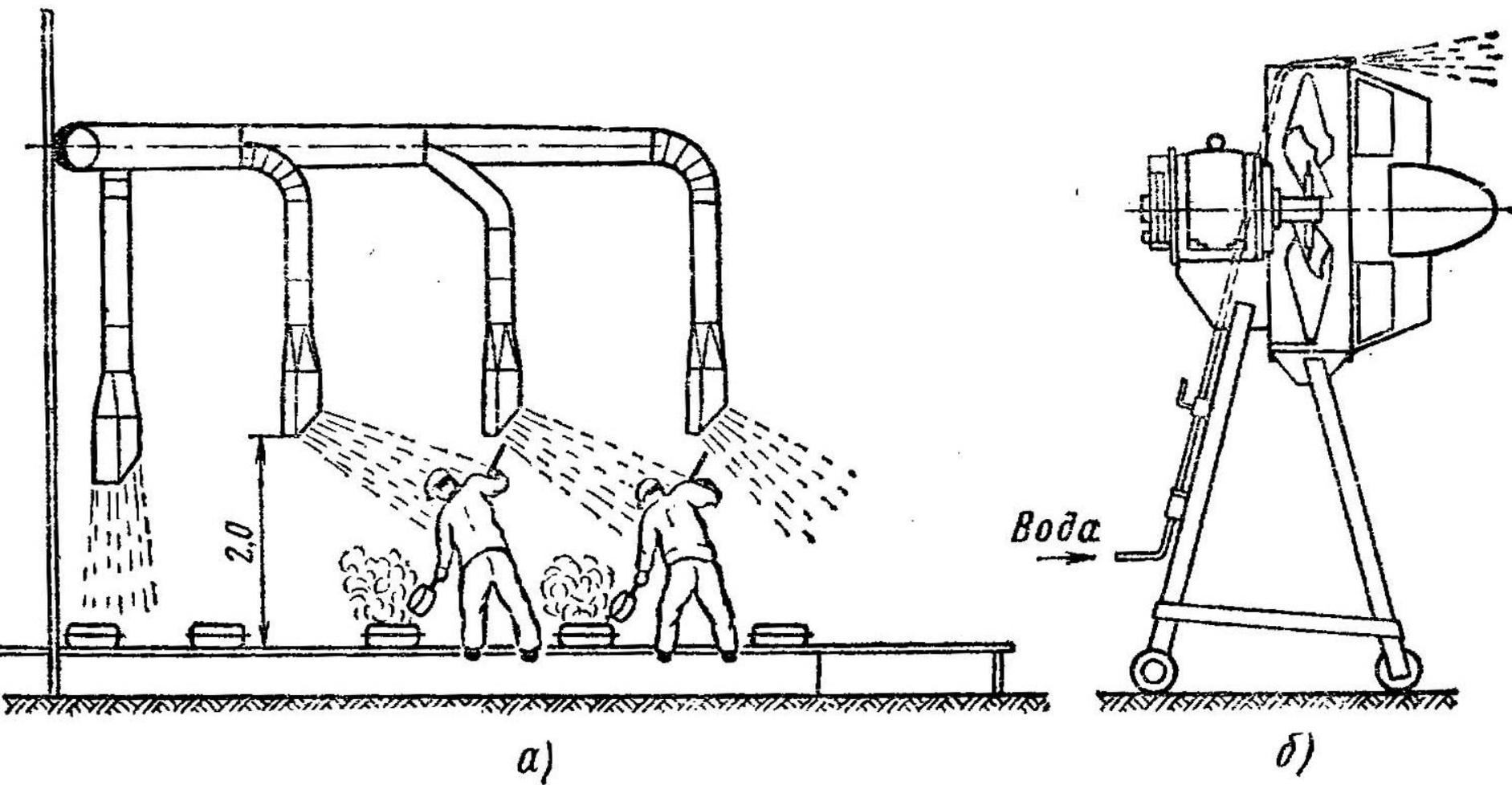


Рис. 3.40 Устройства воздушного душирования  
а) стационарные б) передвижные