САНИТАРНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА ПРИ РАБОТЕ С ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ВЫСОКИХ, УЛЬТРАВЫСОКИХ И СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Москва-1970

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Главного санитарного врача СССР
Д. Лорановский
"30" мая 1970 г.
№ 848-70

САНИТАРНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА
при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот[x]

I. Общие положения

I. Настоящие правила распространяются на диапазон частот 100 кгц- 300000 мгц. Единицей измерения частоты является герц (гц) - частота переменного тока, меняющего направление со скоростью одного периода в секунду. В соответствии с международным регламентом радиосвязи действует следующая классификация радиочастот (таблица I):

Таблица I

Диапазоны	НЧ	СЧ	ВЧ	ОВЧ	УВЧ	СВЧ	КВЧ
Частоты	100-300 кгц	300 кгц -3 Мгц	3-30 Мгц	30-300 Мгц	300 Мгц -3 Ггц	3-30 Ггц	30-300 Ггц
Волны	Километровые	Гектометровые	Декаметровые	Метровые	Дециметровые	Сантиметровые	Миллиметровые
Длины	3-I км	I км - 100 м	100 м - 10 м	10 м - I м	I м - I дцм	I дцм - I см	I см - I мм

В гигиенической практике принята классификация радиочастот, предоставленная в таблице 2. и нашедшая отражение в настоящих правилах.

Таблица 2

Частоты	Высокие частоты (ВЧ) 100 кгц - 30 Мгц			Ультравысокие частоты (УВЧ): 30 МГц-300 Мгц	Сверхвысокие частоты (СВЧ) 300 МГц-300000 Мгц микроволны		
Длины волн	Длинные 3 км- I км	Средние I км- 100 м	Короткие 100 м- 10 м	Ультракороткие 10 м - I м	Дециметров. I см- 10 см	Сантиметров. 10 см- I см	Миллиметров. I см - I мм

[x] Правила разработаны при участии Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР.

2. Электромагнитные волны радиочастот широко используются в различных отраслях народного хозяйства.

Диапазон ВЧ – средние и длинные волны – применяется для индукционной термообработки металла (закалка, плавка, пайка, сварка, отжиг и т.д.) и других материалов (зонная плавка полупроводников, сварка металла и стекла и т.д.), а также в радиосвязи и радиовещании.

Коротковолновый диапазон ВЧ и диапазон УВЧ применяются в радиосвязи, радиовещании, телевидении, медицине, а также для высокочастотного нагрева диэлектриков (сварка пластикатов, нагрев пластмасс, склейка деревянных изделий и др).

Диапазон СВЧ используется в радиолокации, радионавигации, многоканальной радиосвязи, радиоастрономии, радиоспектроскопии, физиотерапии и т.д.

3. Источниками электромагнитных полей ВЧ на участках индукционного нагрева металла могут являться неэкранированные ВЧ-элементы: индукторы, вч-трансформаторы, конденсаторы, фидерные линии. В установках диэлектрического нагрева, источниками полей ВЧ и УВЧ служат рабочие конденсаторы и фидеры, подводящие энергию.

При конструировании, изготовлении и эксплуатации радиопередатчиков источниками электромагнитных полей ВЧ и УВЧ могут являться некачественно экранированные блоки передатчиков, устройства сложения мощностей и разделительные фильтры, фидеры, антенные коммутаторы.

Основными источниками излучения СВЧ-энергии являются антенные системы, линии передачи энергии, генераторы и отдельные СВЧ-блоки.

4. Лица, работающие с устройствами, генерирующими электромагнитную энергию радиочастот, могут подвергаться воздействию электромагнитных полей различных частотных диапазонов (ВЧ, УВЧ, СВЧ).

5. Степень облучения работающих от различных типов генераторов зависит:

а). на участках индукционного и диэлектрического нагрева-от мощности установок и степени экранирования вч-элементов, а также от расположения рабочего места относительно источника излучения;

б). в условиях радио- и телерадиостанций - от степени экранирования УВЧ и ВЧ элементов, от рационального размещения отдельных блоков (антенные коммутаторы, устройства сложения мощностей, фидерные линии) внутри помещений и антенно-фидерных систем по отношению к рабочим помещениям, от количества одновременно работающих передатчиков;

в). на участках использования СВЧ-энергии - от мощности установок, вида нагрузки и способа передачи генерируемой энергии в пространство, ширины диаграммы направленности и коэффициента усиления антенных устройств, высоты подъема их над уровнем земли, рабочего положения угла наклона, величины утечки в отдельных блоках генератора и элементах антенноволноводного

тракта (накальные выводы магнетрона, фланцевые сочленения, разрядник для переключения антенны с передачи на прием, фазовращатели, ответвители, согласующие устройства и т.д.).

При работе с установками СВЧ-энергии, в которых применяются электровакуумные приборы с анодным напряжением выше 10 кв, возможно длинноволновое (мягкое) рентгеновское излучение[x]. Основными источниками рентгеновского излучения могут являться модуляторные лампы.

6. Систематическое воздействие электромагнитных полей радиочастот с уровнями, превышающими допустимые, может приводить к нарушению состояния здоровья работающих. При этом могут возникать изменения со стороны нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной и др. систем организма.

При воздействии значительных интенсивностей СВЧ могут возникать поражения хрусталика глаз. Начальные стадии заболевания вполне обратимы. В более выраженных стадиях заболевание регрессирует медленно и может привести к снижению трудоспособности.

Для предупреждения неблагоприятного действия электромагнитных полей радиочастот на работающих, необходимо соблюдать меры защиты и профилактики, основные положения которых изложены в данных правилах.

---

[x] См. санитарные правила работы с источниками мягких рентгеновских лучей № 756-68 от 25.10.68.

II. Единицы измерения и измерительные приборы.

7. Интенсивность электромагнитных полей ВЧ и УВЧ на рабочих местах оценивается напряженностью составляющих электромагнитного поля и выражается в вольтах на метр (в/м) для электрической составляющей и в амперах на метр (а/м) - для магнитной составляющей.

Интенсивность облучения в диапазоне СВЧ оценивается величиной плотности потока мощности и выражается в микроваттах, милливаттах, ваттах на квадратный сантиметр (мквт/см^2, мвт/см^2, вт/см^2).

8. Для оценки интенсивности электромагнитных полей в контролируемой рабочей зоне используются следующие приборы:
в диапазоне ВЧ и УВЧ измеритель напряженности электромагнитного поля ИЭМП-I,
в диапазоне СВЧ измеритель плотности потока мощности ПО-I.

Характеристика вышеперечисленных приборов приведена в таблице 2а.

ТАБЛИЦА 2а

Рабочий диапазон частот и название прибора	Пределы измерений	Характер излучения
Электрическая составляющая 100 кгц - 300 Мгц ИЭМП-1	4-2000 в/м в диапазоне частот 100 кгц--30 Мгц; I - 600 в/м. в диапазоне частот 20 Мгц - 300 Мгц	Непрерывное
магнитная составляющая 100 кгц - 1,5 Мгц ИЭМП-1	0,5 - 300 а/м	
150 Мгц - 16700 Мгц ПО-1	0,016 мкв/см^2--9,4 мвт/см^2	непрерывное и импульсное

III. Предельно допустимые интенсивности

9. Интенсивность электромагнитных полей радиочастот на рабочих местах не должны превышать:

а) по электрической составляющей

- в диапазоне частот 100 кгц - 30 Мгц[x] - 20 в/м

- в диапазоне частот 30 Мгц - 300 Мгц - 5 в/м;

б) по магнитной составляющей

- в диапазоне частот 100 кгц - 1,5 Мгц - 5 а/м;

в) в диапазоне СВЧ: (300 Мгц - 300000 Мгц) при облучении в течение всего рабочего дня - 10 мквт/см^2.

При облучении не более 2-х часов за рабочий день - 100 мквт/см^2, при облучении не более 15-20 мин. за рабочий день - 1000 мквт/см^2 (1 мвт/см^2) при условии обязательного пользования защитными очками. В остальное рабочее время интенсивность облучения не должна превышать 10 мквт/см^2;

г) в диапазоне СВЧ для лиц, не связанных профессионально с облучением и для населения интенсивность облучения не должна превышать 1 мквт/см^2.

Для радио- телестанций санитарно-защитная зона устанавливается в каждом конкретном случае по согласованию с местными органами санэпидслужбы.

IV. Требования к производственным помещениям и размещению оборудования

10. Производственные помещения, в которых размещаются источники ВЧ, УВЧ, СВЧ излучения, метеорологические условия в них, предельно допустимые уровни звукового давления и другие факторы производственной среды должны отвечать "Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий" СН 245-63.

---

x) Диапазон радиочастот 60-100 кгц впредь до уточнения гигиенических нормативов приравнивается к диапазону частот 100 кгц-30 Мгц. Для измерения в этом диапазоне используется прибор ИЭМП-1 с дополнительной калибровкой каждого прибора отдельно.

II. Действующие генераторы ВЧ, УВЧ, радио- и телевизионные передатчики, генераторные устройства СВЧ должны размещаться в специально предназначенных помещениях.

I2. Допускается размещение ВЧ-установок для нагрева металлов и диэлектриков в общих помещениях, включая расположение на потоке при условии обеспечения на рабочих местах предельно-допустимых уровней облучения и при условии исключения облучения лиц, не обслуживающих данные установки. В отдельных случаях разрешается размещать в общих помещениях маломощные измерительные генераторы при условии работы на поглотитель.

I3. Не разрешается экранировка помещений, в которых располагаются ВЧ-установки для термообработки, т.к. она значительно ухудшает гигиенические условия труда работающих и может проводиться лишь в особых случаях по согласованию с органами санитарного надзора.

I4. При работе нескольких генераторов СВЧ, УВЧ и ВЧ в одном помещении необходимо принять меры, исключающие превышение предельно-допустимых уровней облучения за счет суммирования энергии излучения.

I5. При работе генераторов СВЧ, радиопередающих и телевизионных устройств с большой мощностью излучения необходимо исключить возможность облучения людей, постоянно находящихся в смежных с производственными помещениях.

I6. На антенных полях радиостанций, полигонах, аэродромах и в других, не ограниченных помещениях, производственных участках должны быть обозначены места, где интенсивность облучения может превышать допустимую.

У. Требования к вентиляции.

17. Помещения, в которых размещаются установки радиочастот, оборудуются общеобменной вентиляцией. Вытяжка осуществляется из верхней зоны помещения, приток подается в рабочую зону.

18. При термической обработке металлов и диэлектриков у рабочих элементов ВЧ-установок (закалочный индуктор, плавильная печь, пластины рабочего конденсатора) должна быть оборудована местная вытяжная вентиляция. Во избежание нагрева ВЧ полем воздухоприемники следует выполнять из немагнитных материалов.

19. Расчет вентиляционных систем следует проводить по количеству тепловыделений. Вентиляционные устройства выполняются в соответствии с СН и П-Г, 7-62 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Нормы проектирования.

УІ. Меры защиты от облучения электромагнитными волнами радиочастот

20. Защита персонала, обслуживающего установки ВЧ, УВЧ и СВЧ, достигается:

а) уменьшением излучения непосредственно от самого источника излучения;

б) экранированием источника излучения;

в) экранированием рабочего места у источника излучений или удалением рабочего места от него (дистанционное управление);

г) применением в отдельных случаях средств индивидуальной защиты.

21. Выбор способа защиты или комбинации их определяется типом источника излучения, рабочим диапазоном волн, характером выполняемых работ.

22. Не разрешается в зонах излучения установок ВЧ и УВЧ нагрева, в залах передатчиков, в помещениях настройки испытаний и эксплуатации аппаратуры СВЧ, на участках антенного типа поля пребывание лиц, не связанных с их обслуживанием.

А. Установки для термообработки материалов и физиотерапии.

23. В установках для индукционного нагрева металла применяются либо общее экранирование установки, либо экранирование отдельных блоков.

24. При общем экранировании установка экранируется в целом, за экран выносятся пульт управления и завалочный индуктор.

25. При поблочном экранировании, которое используется чаще, отдельные ВЧ-элементы /конденсаторы, ВЧ-трансформаторы, индукторы и др./ экранируются раздельно:

а) экран конденсатора выполняется в виде замкнутой камеры из металлических листов или сетки;

б) экран вч-трансформатора представляет собой металлический кожух, который во избежание нагрева устанавливается от наружной поверхности трансформатора на расстоянии не менее одного его радиуса;

в) экран плавильного индуктора выполняется либо в виде подвижной металлической камеры, опускающейся во время вч-нагрева и поднимающейся после его окончания, либо в виде

неподвижной камеры с открывающейся дверью;

г) Расчет экранов рекомендуется производить по "Методике расчета экранов для рабочих индукторов и для согласующих трансформаторов плавильно-закалочных высокочастотных установок" /ВЦСПС Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны труда в г.Ленинграде, Л.1962г./ в соответствии с приведенными в данных правилах гигиеническими нормативами.

26. В установках диэлектрического нагрева экранированию подлежат пластины рабочего конденсатора и фидеры, подводящие к ним вч-энергию. В зависимости от типа установки, характера технологического процесса конструктивное решение экрана может быть различным /металлическая камера, шкаф, короб и т.д./.

27. Установки для индуктотермии /ДКВ-1, ДКВ-2 и др./, УВЧ терапии /УВЧ-2м, УВЧ-4, УВЧ-200, УВЧ-300/ и микроволновой терапии /Луч-58/ должны размещаться в экранирующих камерах и снабжаться дистанционным управлением.

28. Смотровые окна в экранирующих камерах и генераторных устройствах экранируются с помощью мелкоячеистой металлической сетки с плотным контактом по периметру окон.

29. Линии питания технологических элементов высокочастотной энергией должны быть выполнены коаксиальными кабелями или заключены в металлические экраны.

30. Экраны должны быть снабжены электроблокировкой, исключающей подачу высокочастотного напряжения при открытом экране.

31. Экраны ВЧ-установок и блоков могут быть выполнены из алюминия, алюминиевых сплавов, меди, латуни, малоуглеродистой стали в виде листов или сетки /приложение I/.

Б. Радиопередающие центры

32. Снижение напряженности электромагнитных полей ВЧ и УВЧ на радио- и телерадиостанциях достигается либо экранировкой действующих передатчиков или и рациональным размещением отдельных ВЧ и УВЧ-блоков в рабочих помещениях, либо организацией дистанционного управления передатчиками.

33. Для снижения уровня электромагнитных полей на рабочих местах в залах передатчиков необходимо:

а) улучшить экранировку шкафов передатчиков /устранение щелей в металлической обшивке, экранирование жалюзей и смотровых окон и т.д./;

б) экранирование фидеров, либо замена их коаксиальными в помещениях и на антенных полях;

в) коммутация электромагнитной энергии с помощью общих антенных коммутаторов, вынесенных в отдельные экранированные помещения. Подключение передатчиков к коммутаторам должно исключать прохождение неэкранированных фидеров в рабочих помещениях;

г) создание надежного электрического контакта в металлических соединениях устройство схем сложения мощностей и разделительных фильтров;

д) заземление фидерных линий, по которым не происходит канализация энергии, для устранения паразитных наводок на электросетевые провода, отопительные приборы и водопроводные трубы необходимо:

- устанавливать фильтры на диапазон частот работающих станции у мест ввода электросетевых приборов в помещение;

- производить электропроводку экранированным проводом с заземленным экраном;

- дополнительно заземлять отопительные приборы и водопроводные трубы на обособленное от установок заземление.

34. При организации дистанционного централизованного контроля и управления пульт управления передатчиками и относящаяся к нему контрольная аппаратура выносится в отдельное экранированное помещение.

35. Для снижения напряженности поля за счет просачивания энергии в генераторные залы и другие помещения с территории антенного поля необходимо экранирование отдельных частей зданий, находящихся под излучением антенно-фидерных устройств, листами металла или сетки в толще стен.

В. Изготовление, настройка и проверка отдельных блоков и комплексов аппаратуры СВЧ и радиолокационных станций

36. Для уменьшения интенсивности излучения от источника необходимо:

а) при отработке высокочастотной части радиолокационных станций /РЛС/, отдельных СВЧ генераторов и т.п. применять различные типы поглотителей мощности, эквиваленты нагрузок /приложение 2/;

б) использовать имитаторы цели при проверках индикаторных, приемных, вычислительных, управляющих и т.п. систем РЛС, когда не требуется включения генераторных и излучающих

высокочастотных устройств /передатчиков, антенн/;

в) использовать волноводные ответвители, ослабители, делители мощности при отработке линий передачи энергии и антенных устройств. При настройке антенно-волноводных трактов следует преимущественно пользоваться измерительными генераторами;

г) во всех случаях работы с аппаратурой необходимо убедиться в отсутствии утечек энергии в линиях передачи,- местах сочленения элементов волноводного тракта, из катодных выводов магнетронов и т.п.

37. Экранирование источников излучения и рабочих мест выполняется различно в зависимости от генерируемой мощности, взаимного расположения источника и рабочего места, характера технологического процесса.

38. При ненаправленном паразитном излучении /утечки с катодных выводов магнетронов и т.п./, а в отдельных случаях и при работе с направленным излучением значительной интенсивности /испытание облучателей на пробой и т.п./ экраны следует выполнять в виде замкнутых камер из металла, металлических сеток с применением металлизированного стекла, поглощающих ферритовых пластин, перфораций в виде круглых отверстий. Уменьшение утечек из фланцевых сочленений волноводов достигается применением прокладок из поглощающих материалов.

Во время настройки генераторных устройств допускается замена металлической обшивки шкафа передатчиков технологическим кожухом из мелкоячеистой сетки. Характеристика защит-

ных свойств некоторых сеток дана в приложении 3.

39. Запрещается подача высокочастотной энергии при снятом защитном кожухе /за исключением случаев, обусловленных технологическими требованиями, что должно предусматриваться в инструкции по технике безопасности согласно пункту 68/.

40. Двери экранирующих камер должны быть плотно закрыты и снабжены блокировкой, отключающей высокое напряжение при их открывании. Экранирующая камера должна быть тщательно заземлена.

41. Ввод волноводов и коаксиальных фидеров в камеру, вывод ручек управления и элементов настройки не должен нарушать экранирующих свойств ограждения и должен выполняться по типу предельных волноводов и коаксиальных фильтров.

42. Смотровые окна должны быть экранированы защитным стеклом с металлизированным слоем ВТУ РЗ ГИС-I-65 /приложение 2/.

43. Вентиляционные жалюзи в случае значительного просачивания энергии из них должны дополнительно экранироваться сеткой или выполняться в виде круглых отверстий.

44. В отдельных случаях при отработке источников СВЧ энергии допускается применение экранированных комнат, в которых во время работы аппаратуры находится обслуживающий персонал.

45. Экранированные помещения /комнаты/, кроме мер, обусловленных п.п. 38-43, должны отвечать следующим требованиям:

а) стены, пол и потолок должны быть покрыты сплошными металлическими листами. Пол дополнительно покрывается линолеумом.

б) Во избежание отражений энергии стены должны быть покрыты поглощающими материалами /приложение 2/. В случае направленного излучение допускается применение поглощающего покрытия только тех стен, на которые направлено излучение;

в) вентиляционные отверстия должны быть выполнены по типу предельного волновода или в виде сотовой решетки;

г) световые проемы должны экранироваться металлической сеткой или стеклом с металлизированным слоем;

д) интенсивность облучения в экранированной комнате не должна превышать предельно-допустимую величину. В случае превышения необходима организация дистанционного управления.

46. При испытании комплексов РЛС, антенных устройств, отработке элементов СВЧ тракта, проводимых на низких уровнях мощности /от измерительных генераторов/, используются незамкнутые экраны различной формы: щиты, системы щитов, п-образные и эластичные экраны - шторы, чехлы.

47. При выборе формы экрана и его размещения необходимо учитывать возможность излучения от нескольких источников и возможность отражений энергии в помещении.

48. Незамкнутые экраны, как правило, должны иметь поглощающие покрытия, чтобы не вносить искажений в работу СВЧ аппаратуры /приложение 2/.

49. Эластичные экраны рекомендуется изготавливать из специальной защитной ткани арт.7289. Характеристика защитных свойств ткани дана в приложении 2.

50. В качестве индивидуальных средств защиты при настройке, ремонте и проверках СВЧ аппаратуры следует исполь-

вовать защитные очки типа ОРВ-5.

51. Аппараты для микроволновой терапии должны экранироваться камерой-ширмой из металла, сетки или из хлопчатобумажной ткани с микропроводом.

52. При экранировке СВЧ-установок необходимо предусмотреть меры, исключающие облучение персонала, находящегося в смежных помещениях.

53. При конструировании защиты следует руководствоваться данными, приведенными в приложении 2. "Меры защиты работающих от СВЧ облучения".

54. При работе с аппаратурой, в которой используются электровакуумные приборы с рабочим напряжением выше 10 кв, должны применяться меры предосторожности от воздействия мягкого рентгеновского излучения, изложенные в "Санитарных правилах работы с источниками мягких рентгеновых лучей" №756-68

55. Испытания источников излучения на высоком уровне мощности /антенные устройства, комплексы РЛС/ должны проводиться, как правило, на специальных полигонах.

Г. Испытания и эксплуатация РЛС на полигонах и аэродромах

56. Антенны станций должны размещаться на насыпях /эстакадах/ или естественных возвышенностях.

57. Зоны излучения с уровнями ППМ выше допустимых должны быть обозначены предупреждающими знаками.

58. Для снижения степени облучения территории полигона или аэродрома следует ограничивать использование отрицательных углов наклона антенн.

59. Расположение зданий и сооружений радиотехнического объекта относительно антенны должно исключать возможность облучения окон и дверей, а также отражения излучения на рабочие места персонала.

Служебные помещения, в которых находится аппаратура и постоянные рабочие места персонала, следует размещать под антеннами /эстакадами/ или в непосредственной близости от основания насыпи /эстакады/.

60. При невозможности выполнения п.59 в помещениях, расположенных в зоне излучения выше допустимой интенсивности, должны экранироваться обращенные к источнику излучения двери и окна, а также деревянные стены и крыши.

61. Маршруты движения личного состава по территории радиотехнического объекта должны быть установлены таким образом, чтобы они не проходили вблизи антенн радиолокационных станций.

62. При одновременном испытании на полигоне нескольких станций не допускается излучение одной станции в сторону другой.

63. При необходимости проведения работ в зоне излучения антенн с интенсивностью выше допустимой должны применяться передвижные защитные экраны и индивидуальная защита.

64. В качестве индивидуальных защитных средств рекомендуются защитные очки типа ОРВ-5 и защитная одежда из ткани с микропроводом арт.7289 /*приложение 2*/.

65. Все защитные приспособления должны проверяться в рабочих условиях.

66. На каждое защитное приспособление должен быть составлен технический паспорт /место применения, диапазон волн допустимая мощность рассеяния, эффективность защиты и т.п./.

67. Все защитные приспособления /экраны/ должны иметь хорошие электрические контакты в местах соединений и разъемов отдельных частей и надежно заземлены. Заземление экранов должно осуществляться в соответствии с "Правилами устройства защитных заземлений".

68. На предприятиях, эксплуатирующих, ремонтирующих или выпускающих установки и отдельно блоки ВЧ, УВЧ и СВЧ, должны быть составлены подробные инструкции по технической эксплуатации аппаратуры и по защите применительно к особенностям данного предприятия в соответствии с настоящими правилами.

Лица, работающие с аппаратурой ВЧ,УВЧ и СВЧ, должны быть ознакомлены с инструкцией по защите, разработанной на данном предприятии.

69. При разработке и организации производства новых типов ВЧ,УВЧ и СВЧ установок необходимо предусматривать в технических условиях максимальную автоматизацию их работы, возможность дистанционного управления, защиту персонала, включать в техническую документацию инструкции по применению защитных приспособлений и требования по их проверке.

70. На рабочих местах, в зоне обслуживания установок ВЧ и УВЧ, в залах радио- и телевизионных передатчиков, в помещениях с источниками СВЧ энергии необходимо не реже двух

раз в год производить измерения интенсивности излучения. Измерения должны выполняться при максимальной излучаемой мощности.

71. Измерения интенсивности облучения работающих должны производиться также при вводе в действие всех генераторных установок, при реконструкции действующих установок, а также после ремонтных работ. При опытных и исследовательских работах интенсивность излучения необходимо проверять при каждом изменении условий труда.

72. Измерения производятся специально назначенными администрацией предприятия и обученными лицами в присутствии представителей службы техники безопасности и профсоюза в соответствии с приложениями 3 и 4.

Контроль за выполнением указанных измерений производится районными санэпидстанциями.

73. Результаты измерения должны вноситься в специальный журнал и доводиться до сведения администрации предприятия или учреждения, где проводятся измерения /приложение 5/.

УП. Медицинские осмотры. Лечебно-профилактические мероприятия.

74. В целях предупреждения, а также ранней диагностики и лечения профзаболеваний у работающих с источниками электромагнитных полей необходимо проводить предварительные /при приеме на работу/ и периодические медицинские осмотры.

75. При предварительных медицинских осмотрах лиц, направляемых для работы с высокочастотными аппаратурой разных диапазонов, следует руководствоваться противопоказаниями к

приему на работу с токами ультравысокой частоты, предусмотренным приказом Министра Здравоохранения СССР № 400 от 30 мая 1969 года, список 51.

76. Переход на другую работу следует осуществлять при наличии выраженного воздействия электромагнитных полей радиочастот, при выраженных формах общих заболеваний, которые в условиях хронического воздействия полей радиочастот могут ухудшаться в своем течении, а также женщин в период беременности и кормления.

77. Лица, не достигшие 18-летнего возраста, к работе с генераторами радиочастот не допускаются.

УП. Порядок применения правил

78. Действие настоящих правил распространяется на проектирование, монтаж и эксплуатацию установок ВЧ, УВЧ и СВЧ на всех предприятиях независимо от их ведомственной принадлежности.

79. Ответственность за соблюдение настоящих правил возлагается на администрацию предприятия, учреждения и организации.

80. Все ранее изданные ведомственные Правила и Инструкции по технике безопасности и промышленной санитарии должны быть приведены в соответствие с данными Правилами. Действующие установки ВЧ, УВЧ и СВЧ должны быть приведены в соответствие с данными Правилами в сроки, согласованные с организациями санитарного надзора.

81. С утверждением настоящих "Правил" теряют силу "Временные санитарные правила при работе с генераторами сан-

тиметровых волн" № 273-58, "Методическое письмо о мерах защиты от СВЧ облучения" № 511-64, "Санитарные правила при работе с источниками электромагнитных полей высокой и ультравысокой частоты" № 615-66.

ПРИЛОЖЕНИЕ I.

Эффективность экранирования поля ВЧ и УВЧ

Эффективность экранирования показывает, во сколько раз уменьшается напряженность поля на данном участке при экранировании источника

$Э = \frac{Eo}{Eэ}$, где Э - эффективность экранирования

Eo - напряженность поля до экранирования

Eэ - напряженность поля после экранирования.

Эффективность экранирования, в первую очередь, определяется экранирующими свойствами материала.

В таблице приведены значения эффективности экранирования полей высоких частот металлическими листами или сетками.

Вид экрана	Материал экрана	Частота в кгц				
		10	100	1000	10000	100000
Металлические листы толщиной 0,5 мм	Сталь	$2,5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^8$	10^{12}	10^{12}	10^{12}
	Медь	$5 \cdot 10^6$	10^7	$6 \cdot 10^8$	10^{12}	10^{12}
	Алюминий	$3 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	10^8	10^{12}	10^{12}
Металлические сетки	Медь, проволока 0,1мм, ячейки 1х1мм	$3,5 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^5$	10^5	$1,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$
	Медь, проволоки 1мм ячейки 10х10мм	10^6	10^5	$1,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$
	Сталь, проволоки 0,1мм ячейка 1х1мм	$6 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$9 \cdot 10^2$
	Сталь, проволоки 1мм, ячейка 10х10мм	$2 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Меры защиты работающих от СВЧ облучения

В зависимости от типа источника излучений, его мощности, характера технологического процесса, может быть применен один из указанных методов защиты или любая их комбинация.

Средства защиты должны обеспечивать технико-экономические требования: не вызывать существенных искажений СВЧ поля у антенны системой защиты, сохранять удобства работы и не снижать производительности труда.

I. *Уменьшение излучения непосредственно от источника.*

При регулировке, настройке и испытании РЛС необходимо предусмотреть средства защиты, которые обусловливаются технологическими процессами.

а) При снятии основных выходных параметров: рабочей частоты, ширины спектра и огибающей импульса тока СВЧ колебаний, потребления энергии РЛС от сети при многочасовом испытании РЛС в различных режимах и условиях работы рекомендуется использование поглотителей мощности /эквиваленты антенн/.

Поглощение энергии эквивалентами антенн происходит в результате затухания электромагнитной волны вдоль поверхности нагрузки, а также в объеме самой нагрузки. В соответствии с этим могут быть различные типы конструкций поглотителей, которые обеспечивают затухание энергии до 40-60 до /10000-100000 раз/.

Поглотители могут изготовляться из графита или карбонильного железа в качестве наполнителей на различных основах /керамика, пластмасса и пр./.

При больших средних мощностях СВЧ энергии применяются водяные поглотители.

На рис.1 приведены эскизы некоторых типов таких поглотителей.

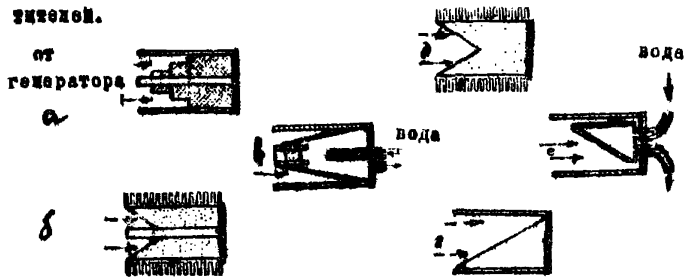


Рис.1. Поглотители мощности СМ-диапазона. Слева- коаксиальные поглотители мощности: а/поглотитель малой мощности /несколько ватт/ с наполнителем из порошкового железа; б/ поглотитель большой мощности /200-1000 ватт/ с графито-цементным наполнителем; в/ поглотитель большой мощности с водяной нагрузкой. Справа - волноводные поглотители тех же назначений.

Поглощающие элементы выполняются в ступенчатой, конусообразной или клинообразной форме для обеспечения достаточно хорошего КСВ /коэффициент стоячих волн/.

Применение поглотителей мощности в качестве нагрузки устраняет самый интенсивный источник излучения - антенну в процессе испытания комплекса РЛС, так как ослабляет энергию СВЧ более 60 дб /1000000 раз/ по сравнению с излучением при работе на открытую антенну.

Таким образом, возможность сократить время излучения СВЧ энергии на антенну, предусмотренное ТУ /технические условия/ при регулировке и настройке комплекса РЛС в помещении цеха, осуществляемое с помощью поглотителей мощности /эквиваленты антенн/, решает вопрос защиты работающих в выпускных цехах заводов.

В тех случаях, когда значительное сокращение времени испытаний комплекса РЛС с излучением на антенну невозможно, этот производственный процесс должен быть перенесен на заводской полигон.

Кроме того, применение поглотителей мощности на участках частичного отвода энергии /ответвители, делители мощности, ферритовые вентили и т.д./ позволит также в сотни раз уменьшить паразитные излучения в помещении.

б) При проверке работы индикаторного, приемного и антенного устройства, а также схемы автоматики и управления РЛС можно рекомендовать искусственные имитаторы цели. В этом случае работает вся система РЛС, кроме передающего устройства, что исключает возможность облучения обслуживающего персонала большими интенсивностями. Имитация отраженного сигнала производится от искусственного маломощного источника СВЧ энергии, частота которого соответствует рабочей частоте РЛС. Имитация длительности по цели осуществляется сдвигом во времени между запуском индикаторного устройства и генерируемым импульсом маломощного имитатора цели.

Применение имитатора цели практически устраняет облучение персонала цеха и даже, в случае нахождения персонала у раскрыва антенны имитатора цели, ППМ /плотность потока мощности/ уменьшаются более чем в 1000 раз по сравнению с излучением от антенны РЛС, работающей от передающего устройства станции.

в) При снятии диаграммы направленности антенных устройств, работающих от мощных передатчиков, при проверке режима работы РЛС /вращение станции и.т.д./ следует рекомендовать волноводные ответвители, делители мощности, волноводные ослабители.

которые подсоединяются между волноводным трактом и антенной. Меньшая часть мощности подается в антенну, большая-поглощается ослабителем или отводится в рукав ответвителя или делителя, который нагружается на поглотитель мощности.

В этом случае интенсивность облучения обслуживающего персонала уменьшится во столько раз, во сколько уменьшится вся мощность на выходе антенной системы.

Имеется множество типов ответвителей, делителей мощности, волноводных ослабителей.

2. Экранирование источников излучения.

Для защиты от проникновения СВЧ энергии в рабочее помещение рекомендуется экранировать источники излучения.

Экранирование не должно нарушать процесс регулировки настройки и испытания при работе с излучающим устройством. Поэтому при конструировании экранирующих приспособлений необходимо учитывать основные параметры, характеризующие излучение и назначение производственного процесса, связанного с экранируемым источником излучения.

Тип, форма, размеры и материал экранирующего устройства зависят от того, имеет ли место непосредственное излучение или паразитное, направленное или ненаправленное, непрерывное или импульсное, какова излучаемая мощность и рабочий диапазон частот.

Любая экранирующая система для защиты от проникновения СВЧ энергии основана на радиофизических принципах отражения или поглощения электромагнитной энергии.

Известно, что полное отражение электромагнитной волны обеспечивается материалами с высокой электропроводностью

/металлы/; полное поглощение возможно в материалах с плохой электропроводимостью /полупроводники, диэлектрики с большими потерями/.

С учетом указанных свойств материалов, характера и параметров источника излучения, особенностей производственного процесса был рекомендован и внедрен в практику ряд типовых экранирующих устройств, которые показали хорошую эффективность

а) Типы экранов.

В зависимости от производственного процесса, мощности источника излучения, диапазона волн, можно рекомендовать разные типы экранов: сплошные металлические; сетчатые металлические, мягкие металлические с хлопчатобумажной или другой нитью, поглощающие экраны. Все экраны, кроме поглощающих, обеспечивают отражение энергии СВЧ.

ОТРАЖАЮЩИЕ ЭКРАНЫ. Если производственный процесс основан на непосредственном излучении энергии волн в пространстве /например, при испытании антенных устройств/, полное или частичное экранирование источника может привести к нарушению процесса или даже к невозможности его осуществления. Волны, отраженные стенками экранирующих устройств, обращенные в сторону излучателя, будут оказывать влияние на режим работы РПС: пробой в генераторных лампах передатчиков, изменение его рабочей частоты и т.д.

В подобных случаях рационально применять поглощающие покрытия. Отражающие поверхности экранирующего устройства покрываются материалом, практически полностью поглощающим энергию падающих волн.

В тех случаях, когда имеются только паразитные излучения

волн /утечки на щелей в линиях передачи СВЧ энергии, из катодных выводов магнетрона и т.д./, отражения от стенок экранирующего устройства не оказывают влияния на режим работы излучателя генераторной установки или РЛС в целом, экранировка может быть сделана без поглощающих покрытий.

Экраны могут быть использованы: для экранирования помещения, источника излучения, рабочего места. Все экраны должны быть тщательно заземлены.

Сплошные металлические экраны обеспечивают надежное экранирование при любых, практически встречающихся интенсивностях СВЧ полей с учетом допустимых величин /10мквт/см^2/. Экран может быть изготовлен из металла любой толщины. При толщине экрана в 0,01 мм поле СВЧ ослабляется примерно на 50 дб /в 100000 раз/. Следовательно, ослабление в сплошных металлических экранах достаточно велико и для облегчения веса можно пользоваться даже тонкой металлической фольгой.

СЕТЧАТЫЕ ЭКРАНЫ - обладают худшими экранирующими свойствами по сравнению со сплошными экранами. Однако, в ряде случаев по техническим соображениям и когда требуется ослабление потока мощности СВЧ на 20-30 дб /в 100-1000 раз/, экраны из сеток находят широкое применение.

Таблица I

В таблице I приведены основные размеры образцов сеток

№ сеток по ГОСТу 3584-53	Размер стороны ячейки в свету, мм	Число ячеек 1см^2 сетки	Диаметр проволоки мм	Вес 1 м^2 сетки, кг
2,6	2,6	10,4	0,50	1,14
2	2	16	0,50	1,41
1,25	1,25	34,6	0,40	1,33
1	1	54,9	0,35	1,28
0,9	0,9	64	0,35	1,38

I	2	3	4	5
0,8	0,8	82,6	0,30	I,20
0,5	0,5	I93	0,22	0,94
0,4	0,4	88I	0,I5	0,58
0,2	0,2	9I8	0,I3	0,72
0,I	0,I	3460	0,07	0,40

ЭЛАСТИЧНЫЕ ЭКРАНЫ - могут быть предназначены для изготовления экранных штор, драпировок, чехлов, специальной одежды - комбинезоны, халаты, капюшоны, защищающие работающих от электромагнитных излучений СВЧ энергии.

В качестве материала для эластичных экранов используется специальная ткань, в структуре которой тонкие металлические нити образуют сетку с размерами ячейки 0,5 х 0,5 мм.

Тонкая металлическая проволока скручена с хлопчатобумажными нитями, которые защищают от внешних воздействий и служат электрической изоляцией. Хлопчатобумажные нити заполняют промежутки между металлическими нитями и придают этим тканям плотность и эластичность.

Ткань имеет наименование "Ткань хлопчатобумажная с микропроводом арт.7289", технические условия СТУ -36-I2-I99-63.

Ослабление мощности СВЧ с помощью такой ткани предоставлено в таблице 2.

Таблица 2

Защитные свойства хлопчатобумажной ткани с микропроводом арт. 7289 СТУ -36-I2-I99-63.

Длина волны, см	0,8	3,2	I0	25	50	I00
Ослабление до	20	28	40	43	46	54

Защитные свойства ткани сохраняются при температуре внешней среды - 40 + 100°С и при относительной влажности до 98%. Ткань можно стирать, гладить, окрашивать, из изделия из нее изготовлять на обычных швейных машинах.

Приведенные данные по ослаблению мощности СВЧ, создаваемому тканями, вполне достаточны для большинства практических случаев.

Наконец, в качестве экранирующего материала для различных отверстий, окон помещений, кабин и камер, приборных панелей, смотровых окон может быть рекомендовано оптически прозрачное стекло с отражающими экранными свойствами. Это стекло покрыто полупроводниковой двуокисью олова /SnO_2/. Стекло обеспечивает ослабление более 20 дб в диапазоне волн 0,8 - 150 см.

ПОГЛОЩАЮЩИЕ ЭКРАНЫ. Характеристики поглощающих СВЧ энергию материалов, рекомендуемых для покрытия экранирующих ограждений, приведены в таблице 3.

Резиновые коврики ВКФ-I, В2Ф-2, В2Ф-3 представляют собой прессованные листы резины специального состава с коническими сплошными или полыми шипами /высота 8-10мм/.

Широко используются последнее время магнитодиэлектрические пластины ХВ-0,8 ; 2 ; 3,2 ; 10,6. /цифра обозначает среднюю длину волны, на которую рассчитан поглощающий материал/. Пластина представляет собой пористую резину, наполненную карбонильным железом, с вулканизированной латунной сеткой /размер ячеек меньше I $мм^2$/.

Способы укрепления поглощающих покрытий к каркасу щита или защищаемой поверхности состоят, главным образом, в приклеивании их с помощью специальных клеев типа ПХВ,ХВК-2а,МС, № 88 и т.д.

б) Форма экранирующих устройств.

Форма экранирующего устройства может быть в виде:

-экранированной камеры /замкнутого экрана/ или незамкнутого экрана.

Экранированные камеры /замкнутые экраны/.

При ненаправленном паразитном излучении, чаще всего небольшой интенсивности /утечки с катодных выводов магнетрона, во фланцевых сочленениях волноводного тракта и т.д./, экранирование следует выполнять в виде камеры, которая полностью окружает источник излучения.

В качестве замкнутого экрана может быть рассмотрен металлический каркас шкафа передатчика. В период регулировки в случае необходимости наблюдения за режимом работы всей генераторной установки / что не всегда обеспечивается смотровыми окнами обшивку и дверцы шкафа, выполненные из листового металла, можно временно заменять на обшивку и дверцы, выполненные из металлической сетки.

Экранированную камеру можно рекомендовать и для отдельных производственных процессов в случае направленного излучения, например, для процесса испытаний облучателей на пробой, когда интенсивность облучения у источника излучения большая. В этом случае может оказаться необходимым экранирование двойной камерой из сетки или сплошным листовым металлом.

Размеры экранирующей камеры определяются размерами источника излучения, рабочего помещения и соображениями удобства работы. Однако, минимально возможные размеры камеры обусловливаются, в первую очередь, значением излучаемой мощности.

Таблица 3

Специальные материалы для изготовления средств защиты от облучения энергией СВЧ

Наименование материала	Тип марка	Единица измерения	Вес $1\ м^2$ материала, кг	Размеры /длина, ширина/ мм	Рабочий диапазон волн см	Коэффиц. отражен. по мощн. %	Ослабление проходящей мощности %
I	2	3	4	5	6	7	8
Экранирующие материалы							
Стекло радиозащитное окисно-металлической пленкой	ВТУ РЗ-ГИС--I-65			от 300х500 до 2000 х х2000 толщ. 4,5,6	0,8-I50		99
Ткань хлопчатобумажная с микропроводом	арт.7289 СТУ-36-I2-I99- - 63	пог.м.		ширина 900-I000	0,8-I00		
Радиопоглощающие материалы:							
Резиновые коврики	В2Ф2	кг	4-5	345 х 345	0,8-4	2	
	В2Ф3		4-5	толщ.II-I4	0,8-4	2	
	ВКФ-I		3,5-4	/вкл.шины/	0,8-4	2	
Магнитодиэлектрические пластины	ХВ-0,8 -2,0;-3,2; -4,4;-6,2; -8,5;-I0,6		3-9	345 х 400 толщ.I-3	0,8 2,0;3,2; 4,4;6,2; 8,5;I0,6	2	

I	2	3	4	5	6	7	8
Поглощающие пластины	СВЧ-068	$м^2$	I8-20	I00 x I00 x 4	I5-200	8-4	
Поглощающий материал	ЛУЧ-50 ВПУ-0,I- 66	$м^2$	I9-2I	I750xI000	0,8-20	8	
	ЛУЧ-I00 ВПУ-0,2-68	$м^2$	38-4I,5	I750xI000	0,8-40	3	

В случае необходимости, вызванной мощностью источника излучения, технологическим процессом, размерами камеры, можно применять поглощающие покрытия на всей внутренней поверхности камеры или на отдельных участках, в зависимости от направленности излучения.

Незамкнутые экраны.

С направленным излучением приходится встречаться, главным образом, при испытании комплекса РЛС, испытаниях антенных устройств, отработке элементов СВЧ тракта на устранение электрических пробоев и других работах.

Большинство работ, связанных с направленным облучением, относится к испытаниям и исследованиям антенных устройств /снятие диаграммы направленности, измерение частотных характеристик антенн/. Несмотря на то, что эти исследования чаще всего производятся на невысоких уровнях мощности от измерительных генераторов /до 5 ватт/, интенсивность облучения может значительно превышать допустимые величины ППМ.

В зависимости от характера работ могут быть применены различные формы незамкнутых экранов и материалы для их изготовления.

В качестве примера приведем некоторые формы экранов, которые внедрены в практику и вполне оправдали себя.

Это плоские и П-образные экраны

Первые могут быть выполнены стационарно или переносно в виде щита или покрытия стены, на которую направляется излучение, отражающим или поглощающим СВЧ энергию материалом /в зависимости от характера производственного процесса и расположения рабочих мест/.

На рис. 2 показан П-образный экран для источника направленного излучения /антенны/.

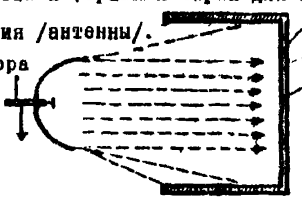


Рис.2. Экранирующая защита от излучений *остронаправленной антенны.*

Основной направленный поток излучения поглощается в покрытии, не проникая за стенку экрана, расположенного напротив антенны. Излучение, направленное под некоторым углом к основному потоку, поглощается в покрытии на боковых стенках.

Форма, размер, материал незамкнутого экрана по отношению к источнику излучения, должны выбираться в каждом конкретном случае с таким расчетом, чтобы работающие в данном помещении не подвергались облучению с интенсивностью выше допустимой величины.

При этом необходимо учитывать наличие, если оно имеется, нескольких источников излучения и возможность облучения за счет отраженной энергии в помещении.

в) Расчет, конструирование и выполнение отверстий в экранированных камерах СВЧ блоках и приборах

При конструировании экранирующих камер шкафов генераторных установок возникает необходимость в создании отверстий, смотровых окон, дверей, отверстий для вывода цепей питания и т.д.

Отверстия в экранах могут быть разделены на три основных типа с точки зрения условий проникновения электромагнитной энергии СВЧ диапазона:

а) малые отверстия различной формы /без металлических выводов через отверстия/, в которых максимальный поперечный размер меньше критического значения для рабочих длин волн (смотровые и вентиляционные окна); такие отверстия представляют собой отрезки предельных волноводов;

б) малые отверстия, через которые проходят провода электропитания или металлические ручки управления; такие отверстия можно рассматривать как отрезки коаксиальной линии;

в) щели, продольные размеры которых заведомо больше длины волны (периметр дверей, вентиляционные жалюзи и т.д.), такие отверстия можно рассматривать как щелевые излучатели.

Отверстия типа "предельный волновод".

Длины трубок предельных волноводов определяются в соответствии с необходимой величиной ослабления энергии и ослабляющей способностью трубки.

Для трубок круглого сечения рис. 3а,б ослабление на один сантиметр длины рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{32}{D} \text{ дб/см}$$

где D - диаметр трубки, см.

Для трубок прямоугольного сечения рис.3в ослабление на один сантиметр длины рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{27}{a} \text{ дб/см}$$

где a - размер стороны квадрата или большей стороны прямоугольника (см. рис 3)

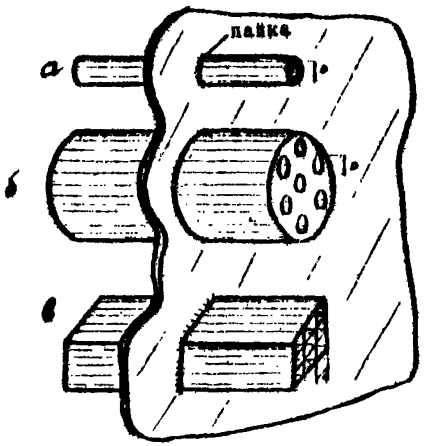


Рис.3. Отверстия типа "предельный волновод".

Частное от деления заданного ослабления на ослабление в одном сантиметре длины трубки является минимально возможной длиной трубки.

Приведенные выше формулы справедливы, если рабочий диапазон волн генераторной установки значительно превышает критическую длину волны предельного волновода круглого или прямоугольного сечения.

Примечание:

При использовании триодных СВЧ генераторов, выходные отверстия плунжеров сеточного и анодного контуров должны быть выполнены с утолщением в стенке по принципу предельного волновода.

Следует учитывать также, что при необходимости применения нескольких отверстий, общая просачивающаяся мощность может увеличиваться в соответствующее число раз.

Однако практически степень экранирования оказывается выше расчетной из-за наличия больших отражений мощности от экрана.

В случае, когда необходимо вывести диэлектрические ручки управления через отверстия в экранах, мы сталкиваемся с предельными волноводами, заполненными диэлектриками.

Следует учесть, что при этом затухание в предельном волноводе несколько уменьшается за счет увеличения диэлектрической постоянной (ε) материала выводных ручек по сравнению с (ε_0) воздуха.

Затухание в отверстиях, заполненных диэлектриком, определяется по формуле:

для прямоугольного отверстия

$$\alpha = \frac{27}{a\sqrt{\varepsilon}} \text{ дб/см}$$

для круглого отверстия

$$\alpha = \frac{32}{D\sqrt{\varepsilon}} \text{ дб/см}$$

Отверстие типа "коаксиальная линия"

В отличие от отверстий типа "предельный волновод" коаксиальные отверстия практически беспрепятственно проводят высокочастотную энергию в любом диапазоне волн, сколь малы не были бы размеры их сечения.

В силу этого, для целей экранирования в коаксиальных выводах необходимо предусматривать специальные меры.

Один из способов экранирования коаксиального вывода заключается в заполнении пространства между центральным и наружным проводниками поглощающим материалом (рис.4).

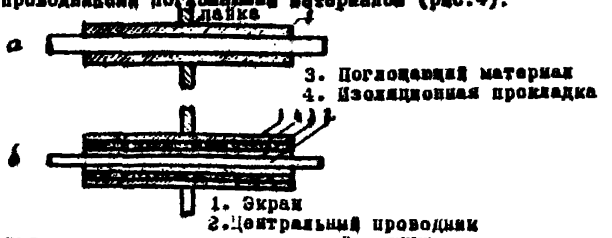


Рис.4. Отверстия типа "отрезок коаксиальной линии"

В качестве такого материала могут быть использованы карбонильное железо или графит.

Такие материалы позволяют создать затухание порядка 1дб. на сантиметр длины коаксиальной линии. Так как длина коаксиальной линии, служащей для подвода напряжения питающей сети в экранированную камеру, может быть сделана достаточно большой, то практически всегда удается достигнуть требуемого затухания.

На этом же принципе могут быть выполнены металлические ручки управления, выведенные через экран.

Просачивание высокочастотной энергии через коаксиальные отверстия возможно уменьшить также путем применения специальных фильтров.

Простейшим коаксиальным фильтром является фильтр, основанный на соединении встык двух коаксиальных линий с резко отличными волновыми сопротивлениями /рис.5/.

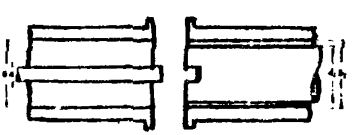


Рис 5

Волновое сопротивление коаксиальной линии определяется формулой:

$$\rho = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon}} \lg \frac{D}{d} \quad (\text{ом})$$

где D и d – внутренний и наружный диаметры соответственно внешнего и центрального проводов.

В случае соединения двух коаксиальных линий встык возникает отражение волны, при этом коэффициент стоячей волны определяется по формуле: $K = \frac{\rho_{max}}{\rho_{min}}$

Коэффициент отражения по напряжению определяется по формуле:

$$Г_н = \frac{K - 1}{K + 1}$$

Коэффициент отражения по мощности определяется по формуле:

$$Г_м = \frac{(K-1)^2}{(K+1)^2}$$

Обычно такая стыковка коаксиальных кабелей обеспечивает затухание по мощности более 10дб /в 10 раз/.

Применение нескольких стыков может обеспечить, практически, любое необходимое затухание в коаксиальном выводе.

Отверстия типа "щелевой излучатель"

Щели, длина которых значительно больше практических размеров, представляют собой узкие волноводы, по которым электромагнитные волны распространяются с относительно небольшим затуханием, даже если глубина щели велика /вентиляционные жалюзи, щели в дверцах и т.д./.

Один из способов ослабления такого излучения заключается в конструировании специальных четвертьволновых фильтров, представляющих канавки глубиной $\lambda/4$. Такие фильтры обеспечивают

уменьшение проникновения СВЧ энергии более IO дб /в IO раз/. Недостаток таких фильтров - узкополосность по диапазону.

Более эффективным методом экранирования щелей в широком диапазоне является применение поглощающих прокладок по всей длине щели, либо обеспечение плотного электрического контакта по всему периметру щели.

г) Требования к конструкции экранированных камер.

Экранированные камеры для испытания генераторных установок антенно-фидерных устройств и т.д. должны удовлетворять следующим требованиям:

I. Стены, пол и потолок камеры покрываются сплошными металлическими листами. Толщина листов выбирается из условий механической прочности камеры. Швы в обшивке камер должны быть выполнены внахлестку.

2. Размер камеры должен выбираться, исходя из размеров испытуемой аппаратуры, с учетом безопасности при работе с высоким напряжением.

3. Во избежание отражения электромагнитных волн от стен камеры, стены следует покрывать изнутри поглощающим материалом. В зависимости от условий работы и мощности источников излучения поглощающим материалом может покрываться вся внутренняя поверхность камеры, либо та ее часть, на которую падает излучаемая энергия.

Покрытие стен поглощающими материалами не обязательно, если во время излучения СВЧ энергии люди внутри камеры отсутствуют.

4. В некоторых случаях для увеличения поглощения СВЧ энергии потолок камеры, а иногда стены и пол должны быть выполнены из металла, имеющего вид гофрированной поверхности /рис. 6/ с сечением в форме треугольников.



Рис.6.Сечение гофрированной поверхности экрана.

Угол при вершине каждого треугольника равен 60^0. На поверхности металлических листов накладываются коврики из поглощающего материала. Такая форма гофрированной поверхности в сочетании с поглощающим материалом должна обеспечить существенное ослабление потока рассеиваемой мощности за счет многократного отражения и поглощения.

5. Двери в камере должны иметь надежный электрический контакт по всему периметру с обшивкой камеры с помощью контактных прокладок, либо иметь по всему периметру двери прокладку, выполненную из поглощающего материала. Двери должны быть снабжены блокировочными контактами, обеспечивающими включение работы источников СВЧ энергии при открывании двери.

6. Пол камеры должен быть покрыт линолеумом.

7. Вентиляционные отверстия, смотровые окна и места вывода ручек управления должны быть выполнены согласно рекомендациям, предложенным выше.

8. В экранированной камере должна быть обеспечена вентиляция, удовлетворяющая требованиям санитарных норм.

9. Световые проемы, смотровые окна, вентиляционные жалюзи, измерительные приборы, крепящиеся на обшивке камер, в случае недостаточной их экранировки по принципу предельных волноводов должны дополнительно экранироваться металлической сеткой. Сетка должна иметь хороший электрический контакт с обшивкой камеры.

IO. Если интенсивность облучения камеры превышает предельно-допустимые нормы, то пульт управления и контроля, находящийся в камере, должен дублироваться или быть вынесен за пределы камеры, а лица, обслуживающие установку, должны находиться вне камеры.

II. Экранированная камера должна быть тщательно заземлена

3. Экранирование рабочего места у источника излучений

а) Защитные устройства при работе на излучателе.

Если по условиям производственного процесса уменьшение излучений непосредственно в излучающем устройстве или его экранирование невозможны, следует применять экранирование рабочего места.

В некоторых случаях такое экранирование не представляет особых затруднений. Часто в процессе испытаний излучающего устройства работник должен находиться внутри кабины РЛС с металлической обшивкой. Например, регулировщики при настройке и испытании комплекса РЛС в помещении цеха или на полигоне, оператор при эксплуатации РЛС на военных и гражданских аэродромах и других объектах. Очевидно, излучение может проникать внутрь кабины только через открытые двери и частично через окна. В этих случаях необходимо, прежде всего, попытаться расположить кабину так, чтобы двери были обращены в сторону,

противоположную излучающим антеннам. Если это невозможно, окна следует выполнять из защитного стекла, либо закрывать металлической сеткой, двери кабины держать закрытыми в течение периода излучения.

В зависимости от характера производственного процесса экранировать рабочее место от источника излучения можно незамкнутым экраном.

На рис. 7 а и 7б показаны экраны при различном расположении рабочих мест по отношению к источнику излучения.

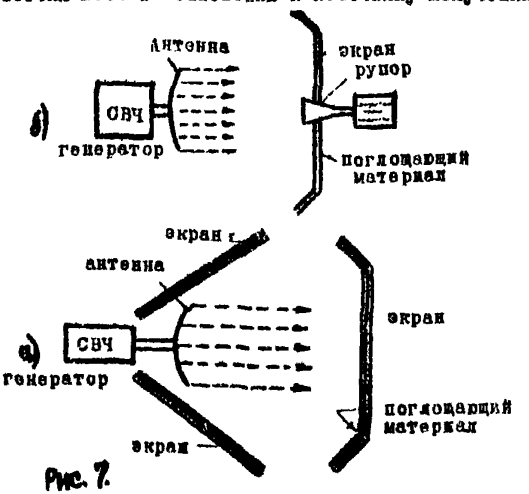


Рис. 7.

В первом случае /рис.7а/ рабочее место находится позади источника излучения, например, зеркала антенны. Такое положение может иметь место при регулировке и испытании комплекса *РЛС при неподвижной установке. Для того, чтобы работающие не* подвергались облучению необходимо прежде всего исключить отражения от экрана, т.е. сделать его поглощающим энергию СВЧ,

а во вторых, с боков антенны установить щиты с поглощающим материалом для поглощения боковых лепестков.

Второй случай /рис. 7б/ рабочее место находится перед излучающим устройством, например, при снятии диаграммы направленности антенны.

б) Защитные устройства при проверке элементов волноводного тракта. на электрическую прочность.

Как было показано в гигиенической характеристике условий труда, весьма большой удельный вес занимают работы по регулировке и устранению искрений, пробоев и коронирования в элементах волноводного тракта, например, для вращающихся сочленений волноводных переключателей и т.д. Так как работа магнетронного генератора на нагруженный тракт не позволяет определить место и характер искрении, то часто пользуются открытыми согласованными рупорами, что при больших мощностях генератора создает значительные интенсивности облучения работающих. Рекомендуется использовать специальные устройства, исключающие столь опасное для человека интенсивное облучение, главным образом, для глаз. Эти устройства позволяют наблюдать искрение в волноводе при основной мощности магнетрона в нагрузке.

На рис. 8 показано такое устройство. Оно основано на свойствах щелевого волноводного моста. Энергия от генератора идет через плечо I и III в нагрузку, а через плечи II и IV можно наблюдать за пробоями в волноводном тракте.

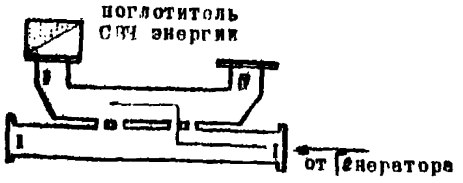


Рис. 8. Щелевой волноводный мост.

Второе устройство представляет собой волноводный изгиб в плоскости Е со щелью в центральной части широкой стенки волновода /рис.9/. Щель должна быть выполнена из расчета предельного волновода.



Рис. 9. Волноводный изгиб в плоскости Е со щелью в центральной части широкой стенки волновода.

Третье устройство основано на контроле и регистрации огибающей импульса тока СВЧ колебаний отраженного сигнала за счет пробоя в тракте /рис.10/

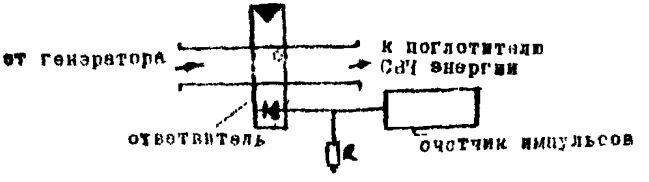


Рис. 10. Схема регистрации пробоев в волноводном тракте.

Схема состоит из направленного ответвителя, служащего для отвода части отраженной энергии СВЧ; мощность в рукаве ответвителя пропорциональна мощности, отраженной в высокочастотном тракте. При пробоях в тракте, расположенном после ответвителя, энергия в рукаве будет увеличиваться, что соответственно увеличит амплитуду огибающей импульса тока СВЧ колебаний, детектируемую диодом. При увеличении амплитуды выше допустимой срабатывает схема счета электрических пробоев в тракте.

Проверка пробоя в генераторных лампах осуществляется также, но с применением направленного ответвителя, служащего для отвода части падающей энергии в волноводном тракте.

Данный метод обеспечивает дистанционный контроль и подсчет количества пробоев.

4. Индивидуальные средства защиты.

В качестве индивидуальных средств защиты от действия СВЧ рекомендуются специальные защитные очки, применение которых необходимо при интенсивности облучения свыше 0,1 мвт/см^2 и специальная защитная одежда /халат с капюшоном/ в исключительных случаях, главным образом, для кратковременных экспериментальных исследований с большими интенсивностями облучения.

а/ Защитные очки.

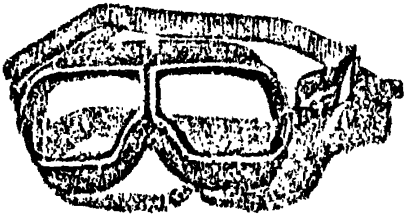
Очки предназначены для защиты глаз от вредного действия СВЧ в интервале ППЭ на рабочем месте 100-1000 мквт/см^2 (0,1-1 мвт/см^2) и выше.

Серийно выпускаются очки с пленкой двуокиси олова - "Очки защитные с металлизированными стеклами ОРВ-5" на Суксунском оптико-механическом заводе /г. Сукоун, Пермской области/.

Ослабление мощности - порядка 30 дб /1000 раз/ в диапазоне волн 1,8 - 150 см.

Светопропускание стекол не ниже 74%. Следует подчеркнуть, что механическая прочность пленки не уступает механической прочности самого стекла; пленка обладает химической стойкостью и подвержена действию только плавиковой кислоты. Оправа очков выполнена из пористой губчатой резины и окаймлена с внешней стороны тканью с экранирующими свойствами.

Указанные очки /рис.II/ в настоящее время являются наиболее приемлемыми.



б/ Защитная одежда.

Защитная одежда выполняется из металлизированной защитной ткани арт. 7289 и может применяться только при кратковременных работах с излучением от источников, не находящихся непосредственно под высоким питающим напряжением, при интенсивности облучения выше 1000 мквт/см^2 с обязательным применением защитных очков.

5. Защита от СВЧ облучений лиц, находящихся в смежных помещениях

Персонал, работающий в помещениях смежных с теми, где находятся источники СВЧ энергии, может, в отдельных случаях подвергаться облучению вследствие малого затухания энергии СВЧ в строительных материалах. Это может иметь место при кратковременных испытаниях отдельных СВЧ-блоков или комплекса РЛС на высоком уровне мощности с излучением в пространство помещения.

В качестве примера приведем результаты некоторых измерений затухания, создаваемого отдельными частями здания в диапазоне 3-х и 10-ти сантиметровых волн /таблица 4/. x)

Таблица 4.

Наименование испытуемого материала	Толщина материала /см/	Ослабление /дб/ для λ =0,8см	=3см	=10см
Капитальная стена здания	70	-	21	16
Оштукатуренная стена здания	15	-	12	8
Междуэтажное перекрытие	80	-	22	20
Окна с двойными рамами	-	-	18	7
Кирпич	12	20	15	15
Штукатурка	1,8	12	8	-
Стекло	0,28	2	2	-
Фанера	0,4	2	1	-

Вопрос о необходимости экранирования стен, пола, потолка и выборе материала для экрана должен решаться только с учетом уровня интенсивности облучения в смежном межэтажном и этажном помещениях.

x) Данные таблицы 4 взяты из сборника "О биологическом воздействии сверхвысоких частот", М. 1960г., стр. 115.

В качестве материала для экранирования могут быть использованы сплошные металлические листы любой толщины: металлическая сетка /таблица I/, поглощающие покрытия /таблица 3/, мягкие экраны из ткани /таблица 2/.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Методика проведения измерения плотности потока мощности излучения СВЧ

1. Измерения интенсивности СВЧ излучения должны производиться прибором ИО-1 /"Медик"/ в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора.

2. Измерения проводятся на рабочих местах обслуживающего персонала и в местах возможного его пребывания на уровне колен, груди, головы-три раза.

В протокол заносится средне-арифметическое значение ППМ для каждого уровня /приложение 5/.

3. При проведении измерений антенну прибора /особенно в дециметровом диапазоне/ необходимо поворачивать вокруг ее продольной, поперечной и вертикальной осей для определения направления максимальной ППМ с учетом поляризации излучения.

4. Измерения проводятся в направлении максимальной ППМ при максимальной мощности излучения.

5. Если в месте измерения обнаруживается отраженное излучение, то в точке измерения учитывается ППМ прямого и отраженного сигналов.

6. При измерении интенсивности паразитного излучения из щелей обшивки блоков, неплотностей сочленений в трактах СВЧ принимающая антенна прибора не должна приближаться к месту выхода энергии на расстояние, меньшее $R = Д^2/\lambda$, где Д - наибольший геометрический размер приемной антенны, λ - длина волны излучения.

7. Измерения ППМ излучения вращающихся антенн РЛС производятся при остановленной антенне в направлении излучения.

Полученные результаты распространяются на весь сектор, охватываемый антенной при ее движении в радиусе, на котором проводились измерения, и не пересчитываются исходя из скважности излучения.

8. При работе с прибором ПО-1 без треноги в измерениях должно участвовать не менее 2-х человек.

9. Измерения излучения антенн /особенно станций кругового обзора/ должны проводиться в защитной одежде и защитных очках.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Методика проведения измерений напряженности ВЧ и УВЧ поля в производственных помещениях действующих передающих радиоцентров и телецентров

I. Измерения напряженности поля производятся прибором типа ИЭМП-I в соответствии с прилагаемой к прибору инструкцией, используя для каждого диапазона только рекомендуемые антенны /вибраторы/.

2. Во время измерений в зоне измерений должно находиться только лицо, производящее измерения.

3. Суммарная напряженность электромагнитного поля в технических зданиях передающих станций должна фиксироваться, в нижеуказанных местах, на трех уровнях - 0,5м от пола, I,0м - на уровне груди и I,7м - на уровне головы.

4. Измерения в каждой выбранной точке должны производиться не менее трех раз. После каждого замера переключатель пределов измерения прибора устанавливается в положение "0" и вновь переводится в нужное положение для производства повторного замера. Каждое измерение фиксируется в протоколе. Среднее арифметическое этих измерений будет являтся напряженностью поля в данном месте.

5. Измерения напряженности электромагнитного поля должны производиться, кроме генераторного зала, во всех других рабочих помещениях и местах отдыха эксплуатационного персонала.

I. Генераторный зал

а/ У пультов управления передатчиками, у рабочих столов дежурного смены - непосредственно у места постоянного нахож-

дения работника /кресло, стул/ и в радиусе 0,5м от этого места.

б/ По периметру шкафов передатчиков и отсечной аппаратуры на расстоянии 0,5м от них, на уровнях, указанных выше.

в/ Под фидерами, проходящими в генераторном зале, на высоте 1,7м от пола.

г/ Вдоль кабельных каналов, проложенных в полу генераторного зала, на расстоянии 0,5м от крышки канала.

2. В других смежных рабочих и служебных помещениях радио- и телецентра - лабораториях, студиях, мастерских и т.д. измерения проводятся аналогично измерениям на рабочих местах в генераторном зале /независимо от места расположения источника излучения/.

3. В местах длительного отдыха дежурного персонала.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Протокол измерения

Цех, участок, лаборатория	Тип генератора, место замера	Расстояние от источника излучения	Интенсивность излучения на уровне от пола		
			0,5м	I,0м	I,7м

А-86782 от 6.XI.70г. Тир. 100 Зак. 2454

Типография ХОЗУ Минлеспрома СССР

gost.e-ecolog.ru