МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СССР

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕЩЕНИЮ ОВЧ-, УВЧ-, И СВЧ-РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Москва — 1981

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ СССР

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Главного государственного
санитарного врача СССР А. И. Заиченко
14.01.1981. № 2284—81

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕЩЕНИЮ ОВЧ-, УВЧ-, И СВЧ-РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Москва — 1981

«Методические указания по определению уровней электромагнитного поля и гигиенические требования к размещению ОВЧ-, УВЧ- и СВЧ-радиотехнических средств гражданской авиации» составлены сотрудниками:

Киевского научно-исследовательского института общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Марзеева:

проф., докт. мед. наук *Ю. Д. Думанским;*

ст. научн. сотр., доц. канд. техн. наук *Ф. Р. Холявко;*

ст. научн. сотр. *В. Н. Солдатченковым;*

ст. научн. сотр. *И. П. Лось;*

мл. научн. сотр. *С. В. Зотовым;*

мл. научн. сотр. *Н. С. Полька;*

Главного санитарно-эпидемиологического управления Минздрава СССР инспектором *А. С. Пероцкой;*

Главного санитарно-эпидемиологичекого управления Минздрава УССР зам. начальника, канд. мед. наук *М. С. Мухарским.*

Научно-исследовательского центра автоматизации управления воздушным движением (НЭЦ АУВД). Министерства гражданской авиации нач. НЭЦ АУВД *М. И. Кузнецовым;*

нач. научно-исследоват. отдела *П. И. Кругловым;*

ведущ. инж. научно-исследоват. отдела *Н. И. Грибковым;*

нач. отдела электромагнитной совместимости и охраны окружающей среды *Ю. М. Демидовым;*

руководителем сектора *Ю. В. Куклевым;*

ст. научн. сотр. *К. Г. Евреиновым;*

Киевского научно-исследовательского и проектного института градостроительства, реконструкции и развития городов зав. отделом *Т. В. Устенко;*

зав. сектором охраны и оздоровления городской среды, канд. техн. наук *С. И. Думанской.*

Ответственный за выпуск, чл.-кор. АМН СССР, проф. *М. Г. Шандала.*

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. В состав радиотехнических средств (РТС) гражданской авиации (ГА) входят радиолокационные станции (РЛС), радионавигационные средства и средства радиосвязи. Они предназначены для обеспечения управления воздушным движением (УВД) и навигации воздушных судов.

РЛС ГА служат для обнаружения воздушных судов и определения их местоположения (локации, опознавания и получения дополнительной информации с борта).

В ГА применяются пассивные (первичные) радиолокаторы, работающие по принципу приема отраженных сигналов, и активные (вторичные), принимающие сигналы, переизлученные бортовым ответчиком.

Большинство используемых в ГА РЛС относятся к первичным. В настоящей методике основное внимание уделено первичным РЛС и тем из них, которые, главным образом, определяют электромагнитную обстановку в районах аэропортов ГА.

1.2. По назначению наземные РЛС ГА подразделяются на:

обзорные радиолокаторы трассовые (ОРЛ-Т);

трассовые радиолокационные комплексы (ТРЛК);

обзорные радиолокаторы аэродромные (ОРЛ-А);

радиолокационные станции обзора летного поля (РЛС ОЛП);

посадочные радиолокаторы (ПРЛ);

метеорологические радиолокаторы (МРЛ).

1.3. Радиолокационная станция состоит из следующих основных устройств: передающего, приемного, антенно-фидерного (антенно-волноводного) тракта (АФТ) и устройств обработки и отображения информации (рис. 1.1).

1.4. Электромагнитное поле (ЭМП), в основном, определяется передающим устройством и антенно-фидерным трактором РЛС.

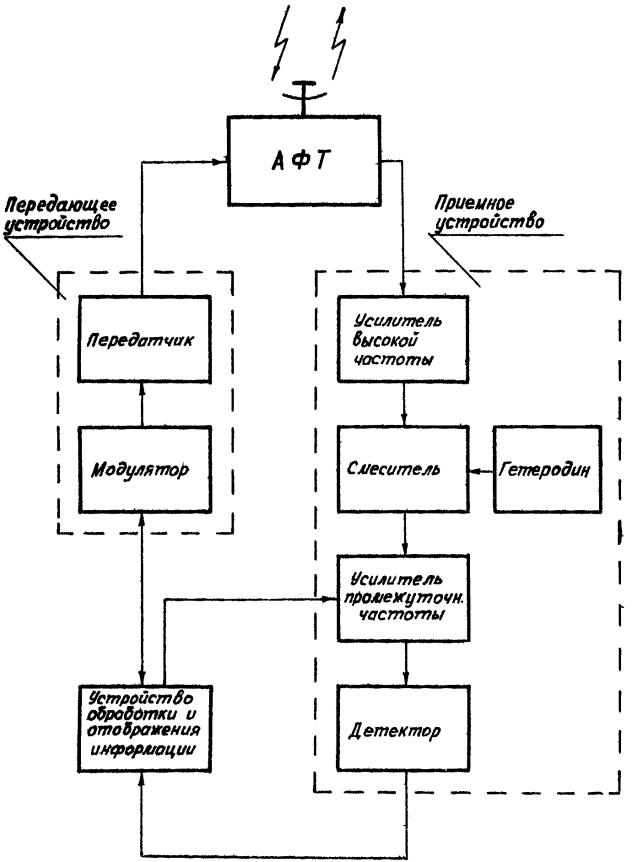

АФТ
Передающее устройство
Приемное устройство
Передатчик
Модулятор
Усилитель высокой частоты
Смеситель
Гетеродин
Усилитель промежуточн. частоты
Устройство обработки и отображения информации
Детектор

Рис. 1.1.

Передающее устройство преобразует подводимую к нему электрическую энергию в электромагнитнитные колебания требуемой частоты, которые через фидерный тракт поступают к антенне.

1.5. Антенна как элемент АФТ служит для излучения и приема радиоволн. В РЛС используется одна и та же антенна для излучения и приема. Это возможно благодаря импульсной работе РЛС, при которой излучение и прием происходят в разное время. В течение короткого промежутка времени, когда передатчик работает, высокочастотная энергия поступает в антенну и излучается в окружающую среду. Во время паузы, когда передатчик не работает, той же антенной принимается отраженный радиоимпульс и высокочастотная энергия поступает в приемник.

1.6. Излучаемая антенной электромагнитная энергия (ЭМЭ) оценивается мощностью Р излучения — величиной ЭМЭ, излученной в единицу времени.

Показателем интенсивности излученной ЭМЭ в СВЧ- и УВЧ-диапазонах является плотность потока энергии (ППЭ; П), определяемая величиной мощности, приходящейся на единицу поверхности, то есть измеряется в Вт/м^2 и соответственно в мВт/см^2, мкВт/см^2.

1.7. Антенны РЛС, как правило, обладают высокой направленностью излучения и приема, оцениваемой диаграммой направленности (ДН), которую принято изображать в виде графиков в полярной (рис. 1.2.) или в прямоугольной (рис. 1.3) системах координат для вертикальной и, аналогично, для горизонтальной плоскостей. Угол в вертикальной Θ, и в горизонтальной плоскости ψ определяет направление относительно фокальной оси антенны, а расстояние от центра диаграммы до ее кривой — величину ППЭ, излучаемой в данном направлении

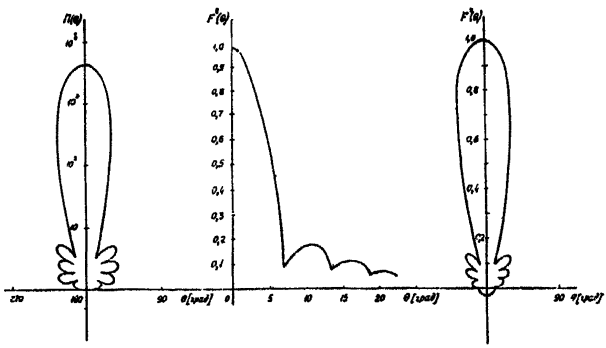


Рис. 1.2. Рис. 1.3 Рис 1.4.

В практике пользуются нормированными ДН:
в вертикальной плоскости

$$F^2(\theta)=\frac{П(\theta)}{П_m}\ ; \qquad (1.1)$$

в горизонтальной плоскости

$$F^2(\varphi)=\frac{П(\varphi)}{П_m}, \qquad (1.2)$$

где $П_m$ — значение ППЭ в максимуме излучения.

Вид нормированной ДН в вертикальной плоскости в прямоугольной и полярной системах координат показан соответственно на рис. 1.3 и 1.4.

1 8. Количественные характеристики направленности действия антенны:

ширина ее ДН, определяемая на уровне половинной мощности $2\Theta_{0,5}$ либо $2\psi_{0,5}$ (см. рис. 1.3 и 1.4);

коэффициент усиления антенны (g_m), который показывает, во сколько раз данная антенна увеличивает ППЭ ($П_m$) по сравнению с ППЭ($П_{из}$), создаваемой антенной ненаправленного действия в виде изотропного излучателя, т. е.

$$g_m=\frac{П_m}{П_{из}}\ . \qquad (1.3)$$

1.9. По особенностям АФТ и функциональной схеме наземные РЛС ГА подразделяются на одночастотные, создающие одну диаграмму направленности антенны (например, тип ДРЛ-7С); двухчастотные, создающие практически одну диаграмму направленности антенны (например, тип ОРЛ-А для автоматизированных систем); двухчастотные, создающие две раздельные диаграммы направленности антенны в вертикальной плоскости (например, тип «Утес»); многочастотные, создающие многолучевые диаграммы направленности антенны в вертикальные плоскости (например, тип П-35М).

При этом необходимо отметить, что большинство одночастотных и двучастотных РЛС ГА создают в вертикальной плоскости диаграмму направленности, так называемую, косеканс квадратного вида.

1.10. Все РЛС ГА используют импульсный метод радиолокации. Длительность импульсов имеет порядок от долей до единиц микросекунд, а периоды повторения (посылок) импульсов — приближенно, в 10^3 раз больше.

1.11. РЛС ГА работают в диапазоне ультравысоких и сверхвысоких частот (УВЧ и СВЧ), то есть частот больше 300 МГц (или длин волн от дециметровых до миллиметровых). В окружающем пространстве эти волны распространяются почти прямолинейно, как лучи света. На характер их распространения значительное влияние оказывает поверхность земли. Часть падающего на нее потока ЭМЭ рассеивается в пространство, а часть отражается. В связи с этим поле в любой точке пространства получается как результат наложения (интерференции) поля падающей и отраженной от земли волн.

В гигиенической практике плотность потока энергии (ППЭ) результирующего поля определяется умножением величины ППЭ в падающем потоке ЭМЭ на множитель $Ф_3$, учитывающий влияние земли. Величина последнего определяется статистически с учетом результатов экспериментальных исследований.

1.12. Электромагнитная энергия СВЧ- и УВЧ-диапазона обладает выраженным биологическим действием. При систематическом действии ЭМЭ на организм человека уровнями, превышающими предельно допустимый (ПДУ), вначале возникают компенсаторно-приспособительные реакции, являющиеся общими неспецифическими реакциями организма. Затем при продолжении облучения могут развиваться патологические изменения, обычно носящие обратимый характер. И только в редких случаях, если облучение продолжалось в течение многих лет, возникают необратимые изменения со стороны нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем.

Степень функциональных нарушений и тяжести патологических изменений зависит от уровня ППЭ и длительности облучения, а также от индивидуальных особенностей организма. Кроме этого эффект действия электромагнитного поля зависит от его частоты и параметров прерывистости. Данные литературы свидетельствуют о том, что к действию этого фактора более чувствительны больные люди, дети и лица пожилого возраста.

В целях охраны человека от воздействия электромагнитной энергии, излучаемой радиолокационными средствами гражданской авиации, необходимо осуществлять как предупредительный санитарный контроль при проектировании и строительстве, так и текущий при эксплуатации РТС.

1.13. Действие на человека электромагнитного поля, создаваемого РЛС ГА в зоне их размещения, носит прерывистый характер, который обусловлен:

перемещением в пространстве диаграммы направленности за счет вращения антенны РЛС вокруг своей оси;

различным временем пребывания человека в зоне действия фактора.

Параметрами этого воздействия являются: интенсивность поля П, скважность импульсного излучения, период прерывистости, продолжительность ее, определяемая шириной ДН антенны в горизонтальной плоскости $2\psi_{0,5}$ и скоростью вращения антенны.

1.14. В местах размещения РТС ГА и на прилегающих к ним территориях при несоблюдении санитарно-гигиенических требований к размещению РТС могут создаваться повышенные уровни энергии электромагнитных волн. Уровень энергии прежде всего зависит от технико-эксплуатационных характеристик РТС, высоты установки антенны над уровнем земли и рельефа местности.

1.15. Использование настоящих методических указаний возможно лишь при выполнении условия

$$r \geqslant \frac{2d^2}{\lambda}, \qquad (1.4)$$

где r — расстояние от РТС до точки облучения;

d — размеры антенны РТС в вертикальной плоскости;

λ — длина волны.

2. Гигиенический норматив

2.1. Ввиду изложенного выше плотность потока энергии ЭМП, создаваемого РТС ГА на территориях населенных мест и аэропорта, не должна превышать ПДУ, установленного действующими санитарными нормами и правилами.

Примечание. В настоящее время ПДУ установлены СН 1823—78 ГОСТом 12.1.006—76 и др.

3. Методика расчета плотности потока ЭМЭ в УВЧ- и СВЧ-диапазонах

3.1. Настоящая методика предназначается для определения плотности потока ЭМЭ, создаваемой РТС УВЧ- и СВЧ-диапазонов, с целью предупредительного санитарного надзора за источни-

ками излучения, а также для проведения расчетного прогнозирования уровней ЭМП при проектировании размещения новых РТС и на территориях, прилегающих к действующим РТС.

При экспертизе проектных материалов санитарные органы должны требовать от проектных организаций расчет распределений ППЭ в районе предполагаемого строительства РТС или на территории, прилегающей к действующей РТС. Расчет должен быть проведен с учетом технико-эксплуатационных характеристик РТС и топографических особенностей рельефа местности.

3.2. Основными техническими характеристиками РЛС, определяющими в основном электромагнитную обстановку в районе аэропорта, которые необходимы для выполнения расчета плотности потока энергии электромагнитного поля в окружающей среде, являются:

импульсная излучаемая мощность $P_и$;

коэффициент усиления антенны g_m;

период посылки (частота посылки) импульсов $T_п$, $F_п$;

длительность импульса $\tau_и$;

ширина диаграммы направленности в вертикальной и в горизонтальной плоскостях $2\Theta_{0,5}$; $2\Psi_{0,5}$;

длина волны λ;

скорость вращения антенны n.

Гигиеническая оценка уровня интенсивности импульсно-модулированного ЭМП производится по средней ППЭ за период посылки $T_п$ импульсов. При этом усреднению подвергается ППЭ в импульсе $П_и$. Следовательно, связь между обеими величинами ППЭ определяется формулой

$$П_{ср} = \frac{П_и}{T_п / \tau_и} = П_и \tau_и F_п . \qquad (3.1)$$

В силу этого существует аналогичная связь между импульсной излучаемой мощностью $P_и$ и средней за период посылки импульсом излучаемой мощностью $P_{ср}$.

$$P_{ср} = P_и \tau_и F_п . \qquad (3.2)$$

Обычно величина $P_{ср}$ среди технических параметров РЛС не указывается. Ее приходится определять, пользуясь формулой (3.2).

3.3. Расчет ППЭ, ЭМП, создаваемого РЛС, производится по формуле:

$$\Pi\,[\text{мкВт/см}^2] = \frac{8 P_{ср}[\text{Вт}]\, g_m\, \Phi_з\, F^2(\theta)}{r^2[\text{м}]}, \qquad (3.3)$$

где $\Phi_з$ — множитель, учитывающий влияние земли;

θ — угол в вертикальной плоскости между направлением максимума излучения антенны и направлением в точку облучения, град;

$F^2(\theta)$ — множитель нормированной диаграммы направленности в направлении объекта облучения;

r — расстояние до точки облучения, принимается приближенно равным его проекции на линию горизонта ($r \cong r'$), м.

Другие величины в формуле (3.3) обозначены в п. 3.2. Иллюстрации к расчету ППЭ даны на рис. 3.1.

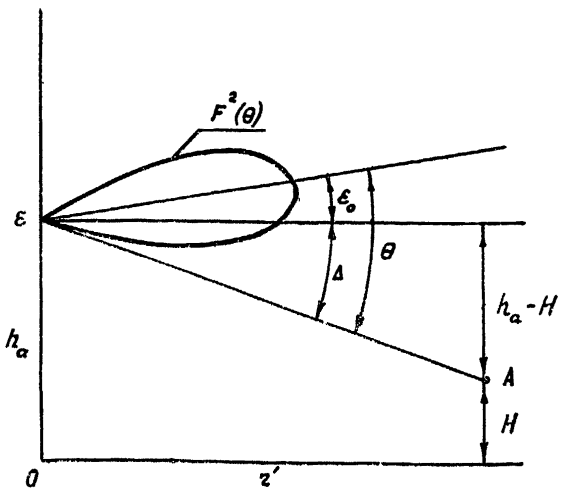


Рис. 3.1.

Величина множителя, учитывающего влияние земли, составляет:

для ОРЛ-Т типа П-35М $\Phi_з = 1{,}5$;

для ОРЛ-Т и ТРЛК всех остальных типов $\Phi_з = 1{,}2$;

для ОРЛ-А всех типов $\Phi_з = 1{,}1$.

3.4. Угол θ определяют по формуле

$$\theta = \varepsilon_0 + \Delta \quad , \qquad (3.4)$$

где E_0 — угловое положение максимума излучения по углу места;

Δ — угол облучения:

$$\Delta = \operatorname{arctg} \frac{\bar{h}}{r} \quad , \qquad (3.5)$$

$\bar{h}$ — разность между высотами расположения электрического центра излучения антенны и точки облучения:

$$\bar{h} = h_a - H \quad , \qquad (3.6)$$

h_a — высота установки антенны над поверхностью земли;

H — высота точки облучения над поверхностью земли.

При этом, если направление в точку облучения оказывается ниже линии горизонта, Δ следует брать со знаком плюс (+), а если выше, то со знаком минус (—).

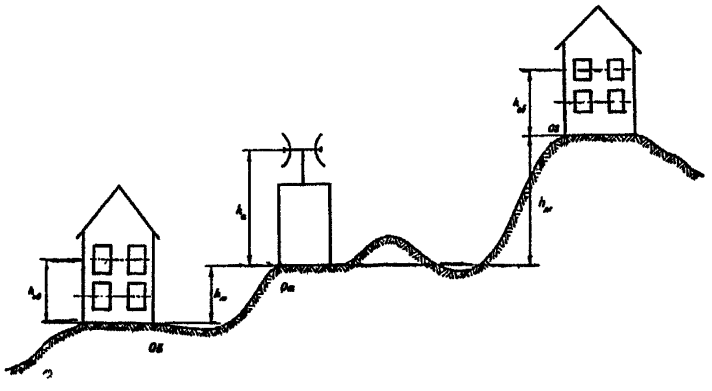


Рис. 3.2.

3.5. Разность высот $h_a - H$ определяется относительно уровня расположения основания эстакады или насыпи, на которой установлена антенна, как показано на рис. 3.2. С этой целью используется теодолит и другие приборы подобного типа, с помощью которых определяют повышение или понижение h_m основания объекта относительно основания антенны, и с учетом высоты объекта $h_{об}$, определяют высоту точки облучения (при понижении величина h_m берется со знаком минус):

$$H = h_{об} \pm h_м . \qquad (3.7)$$

Таким образом, искомая величина разности высот

$$\bar{h} = h_a - H = h_a - (h_{об} \pm h_м) . \qquad (3.8)$$

В случае отсутствия прямой видимости между основаниями антенны и объекта высота точки облучения должна определяться по графическим отметкам этих оснований (точки $O_{об}$ O_m на рис. 3.2) по формуле

$$H = h_{об} - (O_a \pm O_б) . \qquad (3.9)$$

Пример. В ситуации, показанной на рис. 3.2, РЛС П-35М установлена на эстакаде высотой 9 м. Рабочий угол наклона нижнего зеркала $E_к = -0{,}5°$.

Объект облучения (трехэтажный дом) удален на $r = 2$ км с понижением относительно основания эстакады на 2 м ($h_m = -2$ м).

Требуется определить разность $\bar{h}$ между высотами антенны и объектом облучения, угол Θ и значение ДН $F^2(\Theta)$.

Решение. Определяем разность высот, учитывая, что окна верхнего этажа трехэтажного дома расположены на высоте порядка $h_{об} = 9$ м, а высота центра излучения антенны $h_a = 11$ м. Поэтому

$$\bar{h} = h_a - (h_{об} \pm h_м) = 11 - (9 - 2) = 4 м .$$

Вычисляем угол облучения:

$$\Delta = \operatorname{arctg}\frac{\bar{h}}{\eta} = \operatorname{arctg}\frac{4}{2000}\,[\text{рад}] \cong 0.1^\circ$$

и угол $\Theta = \Delta + E_0$,

где E_0 — положение максимума излучения 1-го (нижнего) луча по углу места; при $E_к = -0{,}5^\circ$ он равен 1^0 $(1{,}5-0{,}5^0)$.

Следовательно $\Theta = 0{,}1 + 1 = 1{,}1^\circ$. а при нормировании его значение $\theta/\theta_{0,5} = 1$, так как ширина ДН в вертикальной плоскости $2\Theta_{0,5}$ составляет от 2 до $2{,}2^0$.

По табл. 3.1 или по графику рис. 3.3 находим

$$F^2(\theta/\theta_{0,5}) = F^2(1) = 0.5\,.$$

3.6. В качестве нормированной диаграммы направленности целесообразно использовать экспериментально снятую зависимость. Если такой нет, главный лепесток диаграммы следует аппроксимировать (описать приближенно) посредством кривой Гаусса, которая определяется формулой

$$F^2(\theta/\theta_{0,5}) = e^{-0{,}69(\theta/\theta_{0,5})^2}, \qquad (3.10)$$

где $2\Theta_{0,5}$ — ширина ДН на уровне 0,5;

e — основание натурального логарифма.

Зависимость $F^2(\theta/\theta_{0,5})$, рассчитанная по формуле (3.10), оформляется в виде таблицы (табл. 3.1) либо в виде графика (рис. 3.3)

Таблица 3.1

$\theta/\theta_{0,5}$	$F^2(\theta/\theta_{0,5})$	$\theta/\theta_{0,5}$	$F^2(\theta/\theta_{0,5})$
0	1	1,8	0,11
0,25	0,96	2,0	$6{,}3\cdot10^{-2}$
0,5	0,84	2,25	$3{,}05\cdot10^{-2}$
0,7	0,72	2,5	$1{,}32\cdot10^{-2}$
1,0	0,5	2,75	$5{,}27\cdot10^{-3}$
1,1	0,44	3,0	$2{,}0\cdot10^{-3}$
1,2	0,37	3,25	$6{,}5\cdot10^{-4}$
1,4	0,26	3,5	$2{,}1\cdot10^{-4}$
1,6	0,17	3,5	$2{,}1\cdot10^{-4}$

При расчете распределений ППЭ для РЛС, имеющих антенны с косекансными ДН, по (3.10) или табл. 3.1 аппроксимируется нижний участок этой ДН, расположенный под линией максимума излучения.

3.7. При расчете ППЭ по (3.3) для двухчастотных РЛС, создающих одну диаграмму направленности, величина средней мощности берется суммарной для обоих каналов.

Для многочастотных РЛС, а также для двухчастотных РЛС, создающих две диаграммы направленности в вертикальной плоскости, приближенный расчет ППЭ ведется для нижнего (первого)

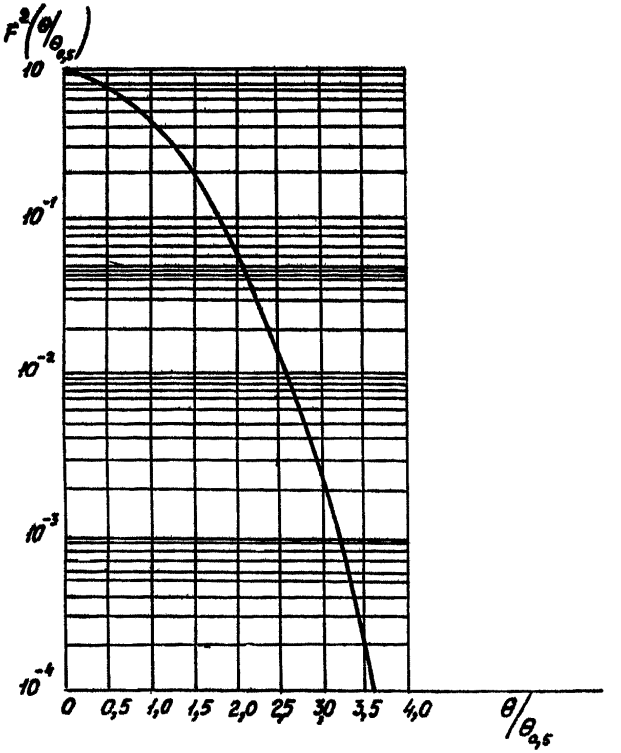


Рис. 3.3.

луча антенны. Более точные расчеты выполняются с учетом ЭМЭ, излучаемой первым и вторым лучами антенны (каналами). Расчет ППЭ в этом случае выполняется по формуле

$$\Pi\,[\text{мкВт/см}^2] = \frac{\delta P_{ср}[\text{Вт}]\, g_м \Phi_з}{r^2[\text{м}]} \cdot \left[F^2(\theta) + F^2(\theta+\delta)\right], \quad (3.11)$$

где δ — пространственный сдвиг по углу места максимумов излучения первого и второго частотных каналов (для РЛС П-35М $\delta = 2°$).

3.8. С помощью перечисленных формул (3.3), (3.11) представляется возможным рассчитать ППЭ, создаваемой излучением РЛС на различных расстояниях r, для различных разностей высот h, и на основе этого построить вертикальные диаграммы излучения, которые используются для прогнозирования и определения существующей электромагнитной обстановки в районе размещения РЛС.

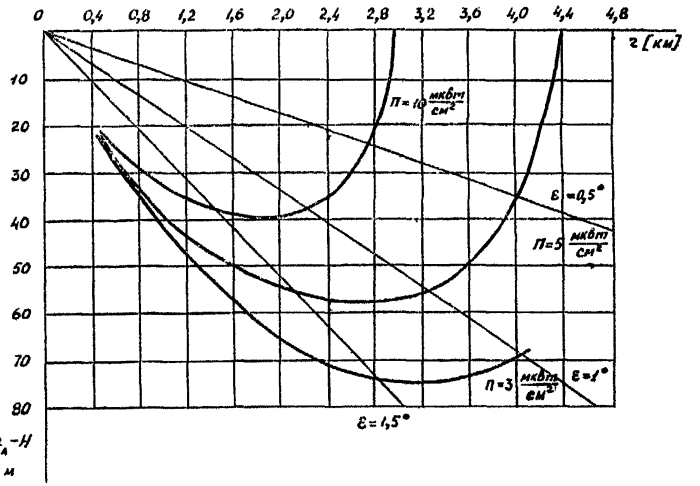


Рис. 3.4.

Вертикальная диаграмма излучения (ВДИ) представляет собой совокупность кривых в вертикальной плоскости, каждая из которых имеет постоянное значение ППЭ и называется изоплотностной кривой (рис. 3.4). Ее уравнение имеет вид

$$\Pi = f(r, \bar{h}) = const \ . \qquad (3.12)$$

Кроме кривых равных плотностей на график ВДИ наносятся линии положения максимума излучения антенны по углу места (E_0).

Изоплотностные кривые строятся в прямоугольной системе координат (r, $\bar{h}$), начало которой соответствует расположению электрического центра излучения антенн, а ось r располагается горизонтально в направлении излучения антенны.

3.9. В целях упрощения расчета ВДИ формула (3.3) представляется в следующем виде:

$$F^2(\theta) = \frac{r^2[м]}{C[мкВт]} \Pi\left[мкВт/см^2\right] = F^2(\theta/\theta_{0.5}) \ , \quad (3.13)$$

где

$$C[мкВт] = 8 P_{ср}[Вт] \ g_m \Phi_з \ . \qquad (3.14)$$

3.10. Расчеты ВДИ с помощью (3.13) выполняются следующим образом:

вычисляется значение коэффициента С;

принимаются необходимые для ВДИ уровни ППЭ (П), один из которых должен быть ПДУ. Применительно к СН 1823—78 этот уровень составляет 5 мкВт/см^2;

для каждого из уровней определяются значения П/С и величины максимальных расстояний до этих уровней. Так как это будет иметь место в максимуме излучения $F^2(\theta) = 1$, то указанные расстояния определяются по формуле (3.13), т. е.

$$r'[м] = \sqrt{\frac{C[мкВт]}{П[мкВт/см^2]}} \qquad (3.15)$$

принимается шкала значений расстояний r, в которую должны быть включены и значения r'. Интервал значений шкалы определяется в зависимости от требующейся подробности определения ВДИ. Обычные в практике значения: 200 м — для ОРЛ-Т и 50 м — для ОРЛ-А;

дальше выполняется непосредственный расчет ВДИ, для чего на каждом из принятых значений r для соответствующих уровней П по формуле (3.13) определяются: значения $F^2(\theta/\theta_{0,5}$; затем по графику (см. рис. 3.3) или по таблице (см. табл. 3.1) этой зависимости — величины $\theta/\theta_{0,5}$; а затем — значения $\theta\frac{\theta}{\theta_{0,5}}\theta_{0,5}$ и величины разности высот $\bar{h}$

$$\bar{h} = r \cdot tg(\theta - \varepsilon_0) \ . \qquad (3.16)$$

В заключение расчета строится график ВДИ — совокупность изоплостностных кривых для уровней $П_{1,2,3}$ в координатах r, $\bar{h}$ каждая по форме графиков, показанных на рис. 3.4 в качестве примера.

3.11. Определение ППЭ в отдельных точках и на объектах облучения (зданиях и т. п.) выполняется с помощью (3.3) в следующем порядке:

определяется разность высот расположения $\bar{h}$ антенны и точки облучения;

рассчитывается угол облучения по (3.5);

по известной величине угла E_0 находится угол $\Theta = \Delta + E_0$ и его нормированная величина $\theta/\theta_{0,5}$;

определяется значение $F^2(\theta/\theta_{0,5})$ по графику (см. рис. 3.3) или по табл. 3.1, которое подставляется в (3.3) как величина $F^2(\Theta)$;

по (3.3) определяется величина ППЭ.

3.12. Расчет ВДИ производится для идеализированных условий. В качестве идеализированных приняты следующие условия:

3.12.1. Технические параметры и характеристики РЛС берутся из технического описания РЛС. Параметры, определяющие направленность действия антенн РЛС, не зависят от расстояния. ДН антенны в вертикальной плоскости, если она не задана, соответствует зависимости, принятой для ее аппроксимации.

3.12.2. Поверхность земли считается ровной, гладкой, а диэлектрические параметры почвы, ее покров не зависят от географических, сезонно-климатических и погодных условий. Их воздействию на распределение ЭМП соответствуют множители, учитывающие влияние земли, указанные в п. 3.3.

3.12.3. Прерывистость действия ЭМП соответствует прерывистости, для которой СН 1823—78 установлена гигиеническая норма ППЭ.

3.13. Величина ППЭ в отдельных точках на различных расстояниях от электрического центра антенны может быть также найдена с помощью так называемой радиальной диаграммы излучения (РДИ).

РДИ представляет собой зависимость $П=f(r)$ при постоянных типовых для конкретного типа РЛС значениях высоты расположения антенны h_a, высоты расположения объекта облучения H, разности высот $\bar{h}$ и углового положения максимума излучения по углу места E_0.

Расчет РДИ может быть произведен также по (3.3). На рис. 3.5 в качестве примера приведена РДИ.

3.14. В прил. 1 приведены ВДИ ряда РЛС ГА, относящихся к классам ОРЛ-Т, ТРЛК и ОРЛ-А, которые в основном определяют электромагнитную обстановку в районе аэропортов ГА в УВЧ- и СВЧ-диапазонах.

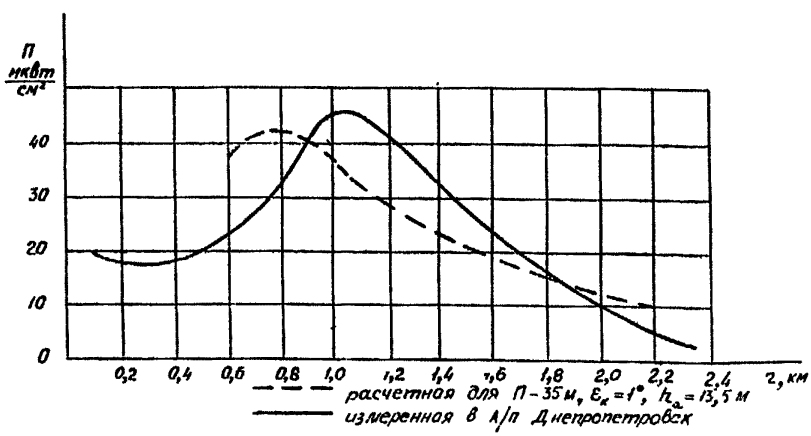


Рис. 3.5.

Приведенные в прил. 1 ВДИ являются усредненными для каждого типа РЛС. Они рассчитаны с помощью настоящей методики и уточнены в результате экспериментальных измерений в различных аэропортах страны.

Примечание: По мере получения и накопления расчетных и экспериментальных данных Киевский НИИ общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Марзеева будет дополнять приложение 1 ВДИ и РДИ для других находящихся в эксплуатации и вновь разрабатываемых РТС ГА. При этом будут учитываться данных о характеристиках РТС, представляемые организациями-разработчиками.

4. Методика расчета уровней электромагнитного поля в ОВЧ-диапазоне

4.1. Величина ЭМЭ в диапазоне от 30 до 300 МГц очень высоких частот (ОВЧ), по старой классификации именуемого также диапазоном ультракоротких волн (УКВ), должна оцениваться напряженностью электромагнитного поля.

4.2. Расчетной единицей напряженности поля для ее электрической составляющей являются В/м или его производные мВ/м и мкВ/м.

4.3. В районе аропортов ГА в диапазоне ОВЧ источниками изучения являются в основном радиосвязные средства (РСС) передающих радиоцентров.

4.4. Расчет напряженности ЭМП РСС производится по формуле

$$E = \sqrt{30 P_{ср} g_м} \frac{F(\theta) \cdot K}{r}, \qquad (4.1)$$

где E — напряженность поля, В/м;

$P_{ср}$ — средняя мощность излучения, Вт;

g_m — коэффициент усиления антенны;

$F(\theta)$ — множитель нормированной диаграммы направленности антенны РСС в направлении объекта облучения;

k — коэффициент, учитывающий неравномерность диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости (обычно принимается равным $K = 1{,}4$);

r — расстояние от электрического (фазового) центра антенны до объекта облучения, м;

θ — угол в вертикальной плоскости между горизонталью и направлением из электрического центра антенны на объект облучения, град.

В случае, если коэффициент усиления антенны неизвестен, то он может быть найден по формуле

$$g_m = 1.64\, g'_m \qquad (4.2)$$

g'_m — коэффициент усиления антенны относительно полуволнового вибратора.

В случае, когда сохраняется неравенство $r \gg \bar{h}$ для нахождения величин r и $\bar{h}$ целесообразно пользоваться методикой, подробно изложенной в разделе 3. Если максимум диаграммы направленности антенны в вертикальной плоскости, практически параллелен поверхности земли, а величины r и $\bar{h}$ соизмеримы, то целесообразно использовать формулу

$$r = \frac{\bar{h}}{\sin\theta} .$$

Необходимо отметить, что в большинстве практических случаев РСС ГА ОВЧ-диапазона имеют слабо направленные антенны для которых величину $F(\Theta)$ можно принять равной единице ($F(\Theta) = 1$).

4.5. Особенностью электромагнитной обстановки в районе связного радиоцентра аэропорта ГА является возможность применения в ОВЧ-диапазоне сравнительно большого количества (до нескольких десятков) одновременно работающих наземных передатчиков. В этом случае необходимо оценивать суммарную напряженность поля, создаваемую всеми одновременно работающими передатчиками ОВЧ-диапазона, по формуле

$$E_\Sigma = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \ldots + E_n^2} ,$$

где $E_1, E_2, \ldots, E_n$ — напряженности поля, создаваемые каждым отдельным передатчиком, в месте расположения объекта облучения.

5. Методика измерения уровней ЭМЭ

5.1. Измерения плотности потока энергии, как правило, производятся в порядке текущего санитарного надзора за источниками излучения с целью контроля соблюдения санитарно-гигиенических

требований эксплуатации этих источников, обеспечивающих условия пребывания людей на территориях, прилегающих к РТС.

5.2. Для измерения ППЭ в УВЧ- и СВЧ-диапазонах рекомендуется применять измеритель плотности потока энергии ПЗ-9. Этот прибор представляет собой комплект аппаратуры, предназначенной для контроля интенсивности излучения от различных радиотехнических СВЧ-устройств в местах нахождения людей в лабораторных, производственных и полевых условиях. Для измерения напряженности ЭМП в ОВЧ-диапазоне рекомендуется применять приборы типа ПЧ-5А, ПЗ-2, ИЭМП-1 и BSM ф. RFT ГДР. Указанные приборы должны иметь в паспорте отметку о прохождении обязательной поверки в Государственном комитете стандартов Совета Министров СССР.

5.3. При определении ППЭ аппаратура устанавливается в местете измерений и подготавливается к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

5.4. В период измерений вращающиеся антенны должны быть зафиксированы в положении излучения энергии в точку измерения. Угол наклона антенны должен соответствовать оптимальному режиму работы радиолокатора.

Проведение измерений при подвижной антенне РЛС не допускается.

5.5. Определение уровней ЭМП производится следующим образом. Вначале составляется план-схема расположения контрольных точек, в которых намечается определить уровень поля. Контрольные точки выбираются в направлении одной, а при необходимости двух, трех радиальных трасс, условно отходящих от места расположения РТС. Выбранные трассы должны соответствовать наиболее характерным условиям рельефа местности, прилегающей к РТС. Протяженность их для трассовых радиолокационных станций и комплексов должна быть не менее 3 км, а для аэродромных радиолокационных станций не менее 1,0 км. Точки, в которых производятся измерения ППЭ на избранных трассах, должны размещаться одна по отношению к другой на расстоянии 50-200 м.

На план-схему также наносятся населенные пункты, отдельно стоящие здания и другие объекты, находящиеся в зоне предполагаемого действия РТС. После составления план-схемы антенна РТС при оптимальном угле излучения фиксируется (закрепляется) в направлении трассы, избранной для измерения ППЭ (напряженности ЭМП). Для наводки антенны в направление выбранной трассы рекомендуется пользоваться теодолитом, который устанавливается на трассе в точке измерения и наводится вертикальной визирной нитью на электрический центр антенны РТС. Затем медленным вращением антенны добиваются, чтобы юстированные точки зеркала и облучателя антенны совпали с указанной нитью тео-

долита. После этого в избранной точке, где должно производиться измерение ППЭ (напряженности ЭМП), устанавливается измерительная антенна и производится соответствующее измерение.

5.6. Для выполнения измерений ППЭ на точках трассы необходимо взаимодействие оператора РЛС с измерительной группой, работающей на трассе. Оно должно осуществляться с помощью переносных портативных радиостанций.

5.7. Контрольные измерения на точках трассы должны производиться на уровне от 0,3 до 2,0 м от поверхности земли в местах наибольших значений интерференционного поля. При наличии в зоне действия РЛС многоэтажной застройки контрольные измерения производят в помещениях каждого этажа при открытых и закрытых окнах. В том случае, если в точке измерения обнаруживается не только прямое, но и отраженное излучение от различных металлических и других элементов конструкций зданий, измерения производятся в точках наибольших интерференционных максимумов.

5.8. При измерении ЭМП в каждой точке снимается не менее трех показаний прибора. В качестве результата принимается среднее арифметическое значение полученных данных.

5.9. Контрольные измерения ЭМП производятся в плановом порядке один раз в год. Кроме того, контрольные измерения производятся после изменений ситуационной обстановки:

при вводе в эксплуатацию новых РТС;

после реконструкции существующих РТС;

после модернизации АФТ и передающих устройств;

при изменении ситуационных условий размещения РТС (перенесения на другую территорию, установки антенны на более высокие эстакады, изменения положения максимумов излучения по углу места, застройки прилегающей территории, появления в зоне расположения естественных и искусственных препятствий для распространения ЭМП и пр.);

после ввода в действие защитных мероприятий и средств, обеспечивающих необходимое снижение уровней ЭМП.

5.10. Измерения ЭМП на территориях населенных мест производятся соответствующими специалистами санитарно-эпидемиологических станций МЗ СССР с участием представителей от санитарно-эпидемиологической службы УГА (ГПО) и базы ЭРТОС.

Измерения ЭМП на территориях аэропортов производятся группой специалистов, представляющих санитарно-эпидемиологическую службу УГА (РПО), технику безопасности, базу ЭРТОС и местную организацию профсоюза авиаработников. Состав этой группы назначается приказом руководителя предприятия ГА.

Результаты измерений ЭМП на территории аэропорта и в населенных местах оформляются протоколом, который подписывается

всеми участниками измерений (форма протокола прилагается, прил. 3).

6. Гигиенические и планировочные требования к размещению РТС и определение санитарно-защитной зоны

6.1. Площадки под размещение РТС в районах аэропортов должны выбираться в специальных зонах на удалении от жилой застройки. Наиболее удобным в этом отношении являются территории аэропортов, если они находятся на требуемом расстоянии от жилой застройки и не оказывают отрицательного влияния на санитарно-гигиенические условия проживания населения.

6.2. Одной из эффективных средозащитных мер от вредного воздействия энергии СВЧ-поля, излучаемого РТС, является создание санитарно-защитных зон. Последняя представляет собой территорию, в пределах которой уровень ЭМП (ППЭ или напряженности) выше нормативного, а ее радиус есть расстояние от РТС до границы зоны, где уровень поля равен нормативному.

6.3. Санитарно-защитные зоны для РТС устанавливаются в каждом конкретном случае и размеры их зависят:

от принятого (действующего) ПДУ;
от назначения и мощности РТС;
от диаграммы направленности антенны;
от высоты установки антенны РТС над уровнем земли;
от углов излучения антенны;
от рельефа местности.

6.4. Определение радиусов санитарно-защитных зон для РЛС производят с помощью ВДИ, описанных в пп. 3.8, 3.9 и 3.10 настоящих «Методических указаний». Полученные при этом значения будут справедливы для идеализированных условий размещения, поскольку ВДИ рассчитываются для этих условий. Последующие уточнения указанных величин производятся с учетом реальных условий размещения, а также путем измерений распределений ППЭ в районе размещения РЛС.

Входами в ВДИ для указанного определения являются разность высот расположения антенны и наиболее высокой точки облучения ($h_a - H$) и положение максимума излучения антенны по углу места (E_0). Процесс определения осуществляется следующим образом:

на оси ординат ВДИ находится точка известной разности высот ($h_a - H$);

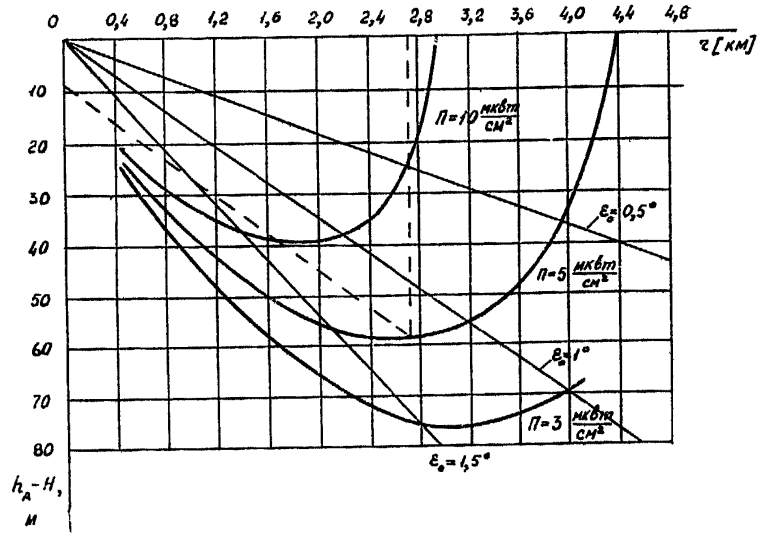


Рис 6 1.

из этой точки проводится линия, параллельная линии угла E_0;

отыскивается точка пересечения этой линии с изоплотностной кривой ВДИ, соответствующей нормативному уровню ППЭ;

положение этой точки сносится на ось абсцисс расстояний r;

полученное при этом расстояние r и есть величина радиуса санитарно-защитной зоны

Методика указанного определения иллюстрируется примером, показанным на рис. 6.1, по ВДИ типа РЛС П-35М м. При $h_а - H = 8$ м и $E_0 = 1°$ величина радиуса санитарно-защитной зоны для идеализированных условий оказалось равной 2750 м.

6.5. Величины радиуса санитарно-защитной зоны ряда основных РЛС, используемых в ГА, приведены в прил 2. Они соответствуют идеализированным условиям и ПДУ 5 мкВ/см², установленному санитарными нормами СН 1823—78 для населения.

Примечание. По мере получения и накопления расчетных и экспериментальных данных Киевский НИИ общей и коммунальной гигиены им. А. Н. Марзеева будет дополнять прил. 2 данными о радиусах санитарно-защитных зон для других находящихся в эксплуатации и вновь разрабатываемых РТС ГА.

6.6. Величины радиуса санитарно-защитной зоны некоторых одиночных наземных ОВЧ (УКВ)-радиостанций, применяемых в ГА, также представлены в прил. 2. Они соответствуют идеализи-

рованным условиям и ПДУ 2 В/м, установленному санитарными нормами СН 1823—78 для населения.

6.7. Неравномерный по высоте характер распределения интенсивности электромагнитной энергии, излучаемой радиолокаторами и радиостанциями, обуславливает необходимость устанавливать размер санитарно-защитной зоны дифференцированно в зависимости от соотношения высот антенны и объектов облучения.

В связи с этим в проектной документации на установку РТС, а также на строительство жилого массива или отдельно стоящего здания, которые будут размещены в районе действующих РТС, должны быть приведены расчетные данные, характеризующие распределение уровней ЭМП для прилегающей к РТС территории и каждого этажа проектируемого здания. При этом в обязательном порядке должен учитываться рельеф местности, позволяющий определять разность между высотами расположения антенны РТС и объектами облучения.

6.9. В жилой зоне, где обнаружены уровни ЭМП, превышающие нормативные, должны быть проведены защитные мероприятия, обеспечивающие необходимые санитарно-гигиенические условия проживания населения. К таким мероприятиям могут быть отнесены снижение ППЭ за счет экранирующих средств (металлическая сетка, металлизированные стекла, зеленые насаждения и т. д.), увеличение высоты установки антенны РТС, ограничение излучения ЭМЭ в направлении жилой застройки в определенном секторе, ограничение высоты жилой застройки в зоне расположения действующего РТС, вынос РТС за пределы жилой застройки, вынос зданий из зоны вредного влияния РТС, запрещение жилищного строительства вблизи РТС.

Приложение 1

Таблица П 1.1

Радиусы санитарно-защитной зоны для ОРЛ-Т типа П-35 М, км

Угол наклона нижнего зеркала	Разность высот $h_a - H$, м					
	0 м	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м
+0,5	1,3	0,8	0	0	0	0
0	2,1	1,8	1,4	0	0	0
—0,5	3,2	3,0	2,75	2,5	2,0	0
—1.0	4,0	3,9	3,75	3,65	3,5	3,35
—1,5	4,2	4,18	4,17	4,12	4,12	4,09

Таблица П 1.2

Радиусы санитарно-защитной зоны для аэродромных типа «Экран», ДРЛ-7 СМ, м

Положение максимума излучения, E_0	Разность высот				
	0 м	2 м	4 м	6 м	8 м
5	275	260	225	190	0

Таблица П 1.3

Радиусы санитарно-защитной зоны для аэродромных ОРЛ автоматизированных систем, м

Положение максимума излучения, E_0	Разность высот				
	0 м	2 м	3 м	4 м	5 м
5°	210	200	0	0	0
4°	320	270	240	200	0

Таблица П 1.4

Радиусы санитарно-защитной зоны для трассовых радиолокационных комплексов ТРЛК типа «Скала» и «Утес», км

ТРЛК тип	Положение максимума излучения, E_0	Разность высот,						
		0 м	10 м	20 м	30 м	40 м	50 м	60 м
«Скала	2°	4,3	4,15	3,85	3,65	3,2	2,9	0
«Утес»	1,5°	4,16	4,0	3,72	3,4	2,6	0	

Таблица П 1.5

Радиусы санитарно-защитной зоны для некоторых одиночных наземных УКВ-радиостанций, применяемых в ГА

Тип радиостанции	Р-822	Р.824	Щегол	Спрут	Пальма
Радиус санитарно-защитной зоны, м	13,5	96 250*	12	86	15

* С новой антенной.

Приложение 3

ПРОТОКОЛ
обследования санитарно-гигиенических условий на территориях, прилегающих к РТС

1. Авиапредприятие _____

2. Тип РТС, заводской №, год выпуска _____

Мощность передатчика (ток магнетрона) _____, частота повторения _____, режим работы в течение суток _____, рабочий угол наклона зеркала антенны _____, высота установки антенны h_a над поверхностью земли _____

3. Тип измерительного прибора _____

дата выпуска и номер _____

дата гос. поверки _____

4. Измерения проводили (Ф., И., О., занимаемая должность)

_____

5. Название, характеристика исследуемых объектов (отдельные строения, жилые массивы, здания: кирпичные, блочные, деревянные, этажность) и разность между высотами расположения антенны РТС и точки облучения, где проводились измерения.

№ п/п	Название облучаемого объекта и его характеристика	Расстояние от РТС, м	Уровень ППЭ /мкВт/см² /Е, В/м/		Разность между высотами расположения	Примечание
			окно открытое	окно закрытое		

1. ул. Пирогова, 15, дом кирпичный,
   5 этаж
   1 этаж
   и др. этаж
2. ул. Садовая, 3, дом деревянный
   одноэтажный

6. Выводы по результатам измерений: _____

_____

_____

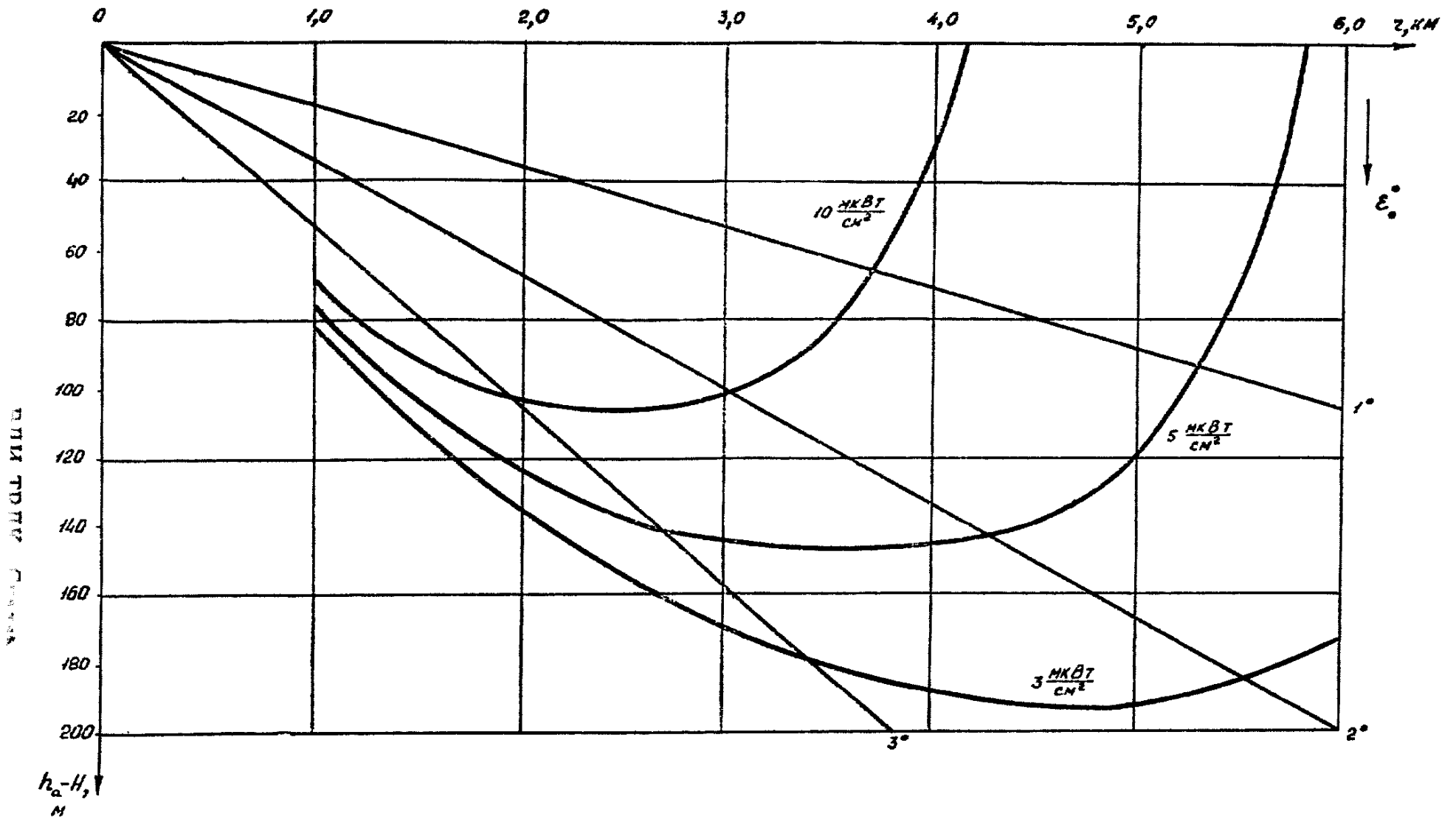
_____

7. Подписи: Начальник объекта (участка)

Председатель ОТБ предприятия

8. Предложения СЭС УГА _____

« » 19 г. Ответственный врач СЭС УГА _____


0
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
6,0
r, км
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
$h_a - H$, м
$10 \frac{мкВт}{см^2}$
$5 \frac{мкВт}{см^2}$
$3 \frac{мкВт}{см^2}$
1°
2°
3°
ε_0°

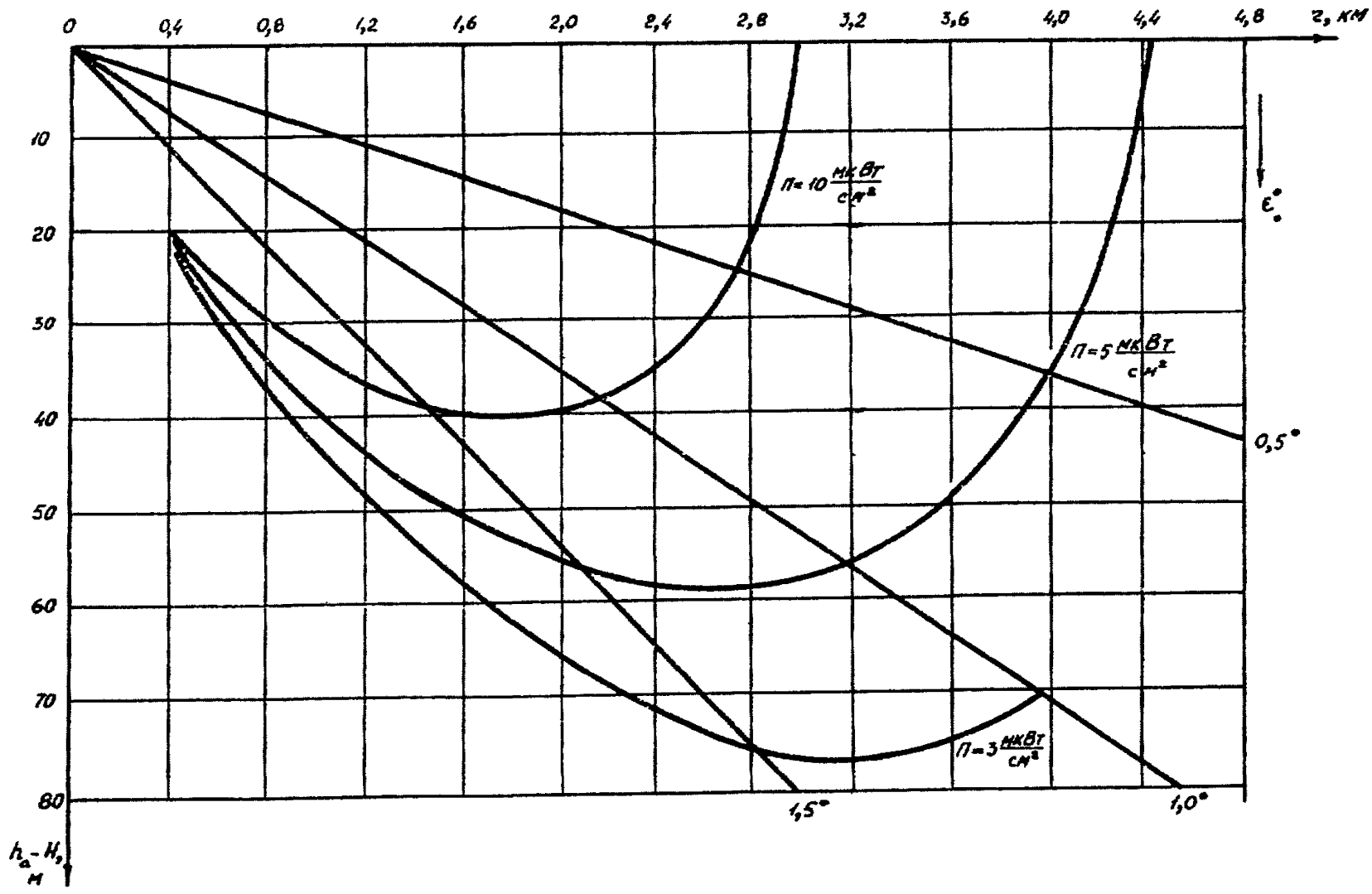


Рис. П. 2.2. ВДИ радиолокатора П-35М для уровней 3,5 и 10 мкВт/см²

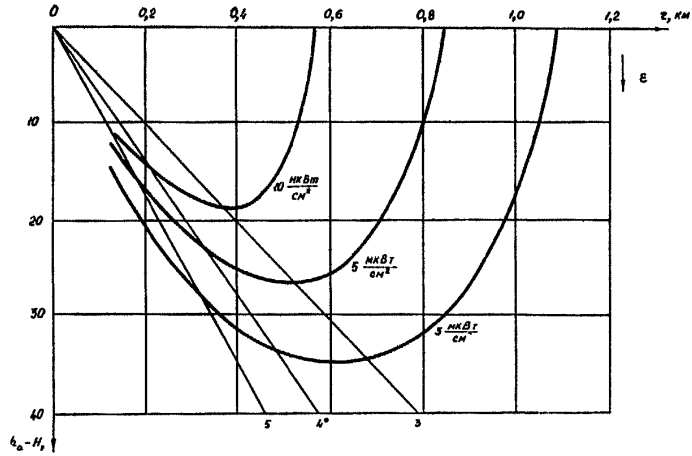


Рис. П. 2.4. ВДИ радиолокатора «Экран» и «ДРЛС=7 см» уровней 3,5 и 10 мкВт/см², $2\Theta_{0,5}=8^0$.

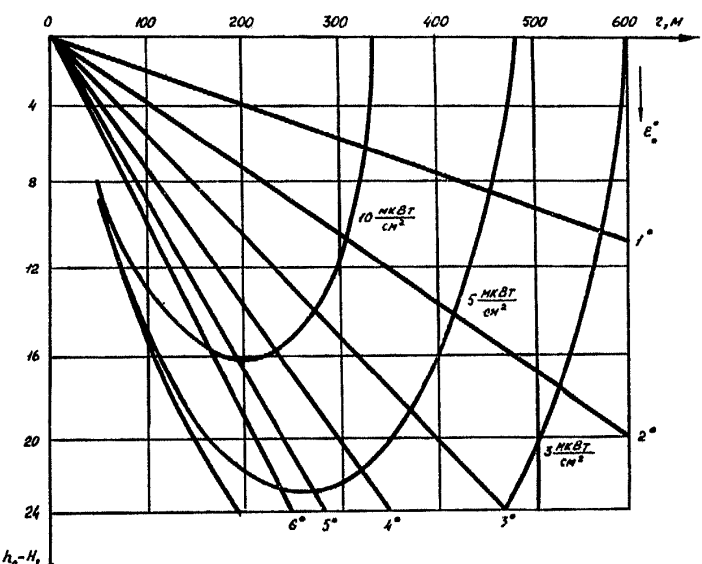


Рис. П. 2.3. ВДИ аэродромных ОРЛ автоматизированных систем для уровней 3,5 и 10 мкВт/см².

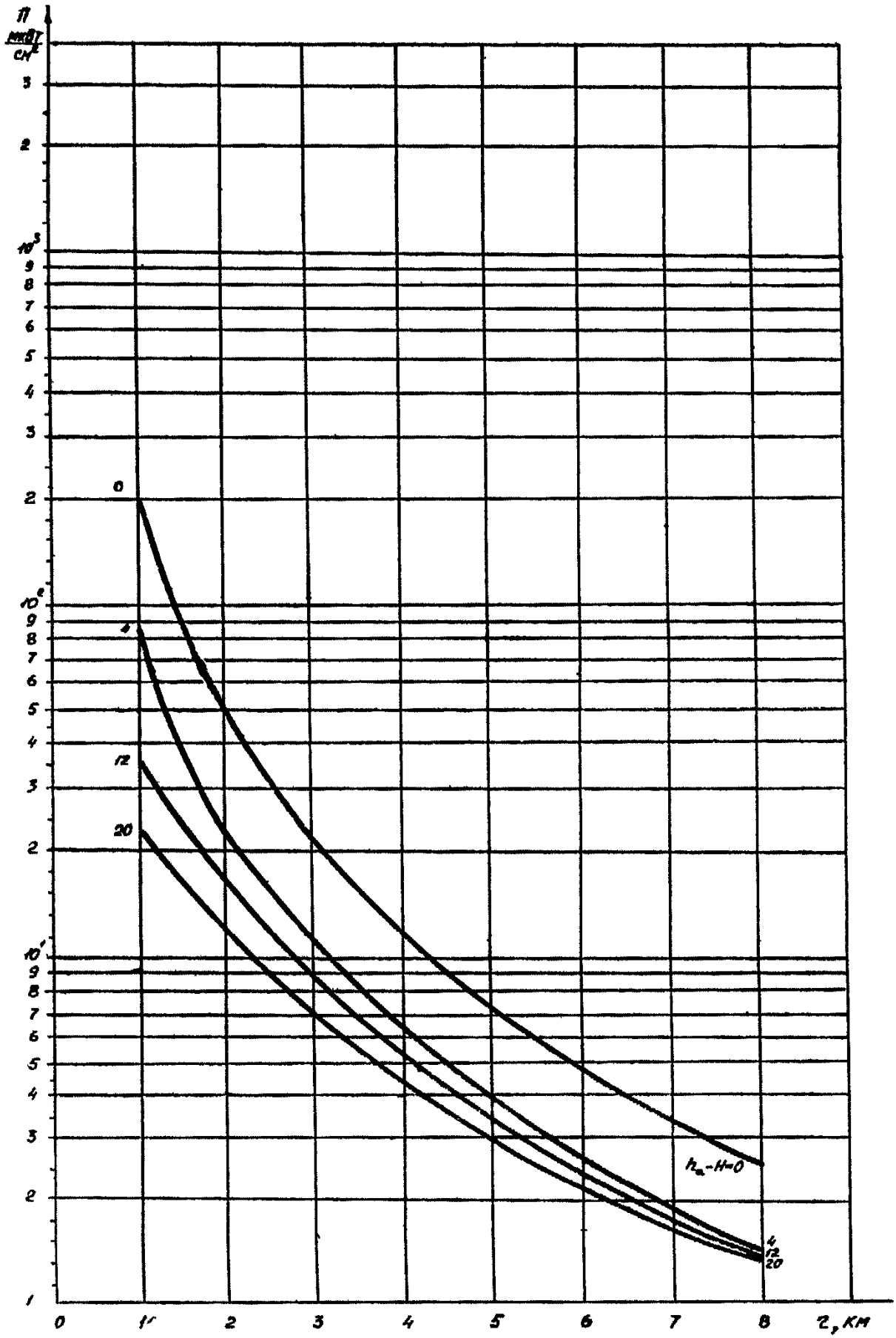


Рис. П 25 ВДИ ТРДК У

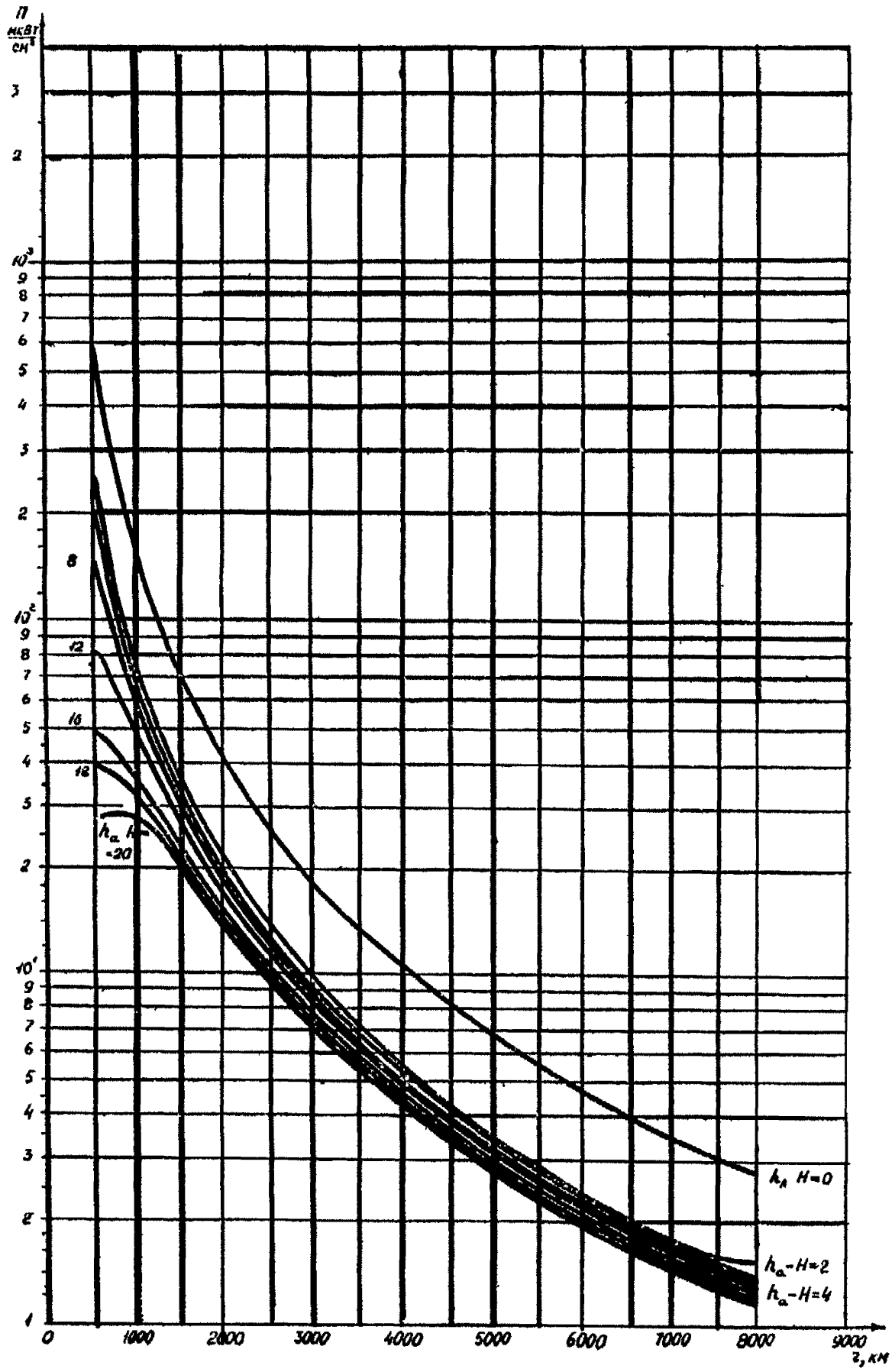


Рис. П. 2.6. РДИ ТРЛК «Скала».

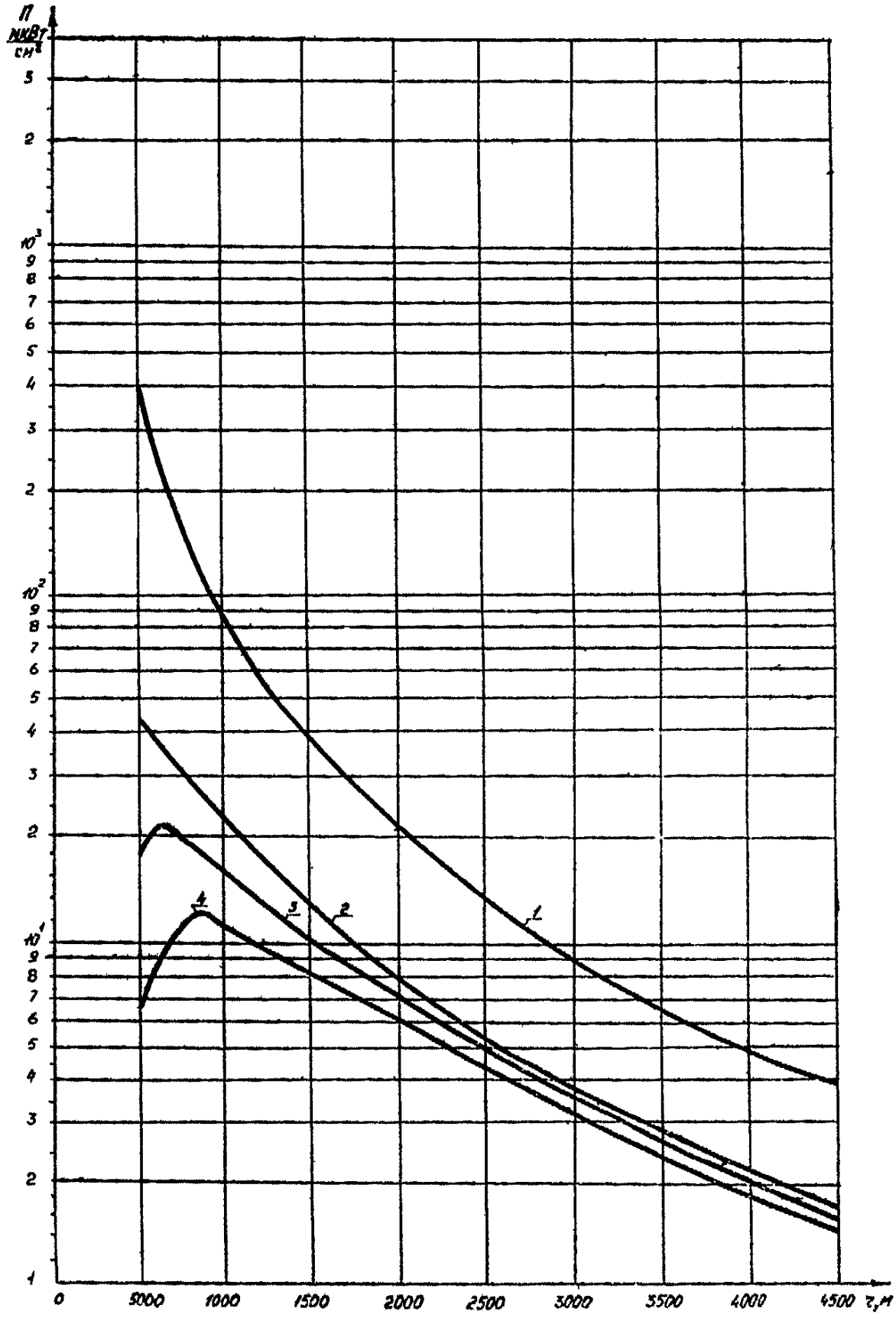


Рис. П. 2.7. РДИ радиолокатора П=35 М $E_к$=—0,5°, для значений h_a—Н:
1—0; 2—6; 3—9. 4—12 м

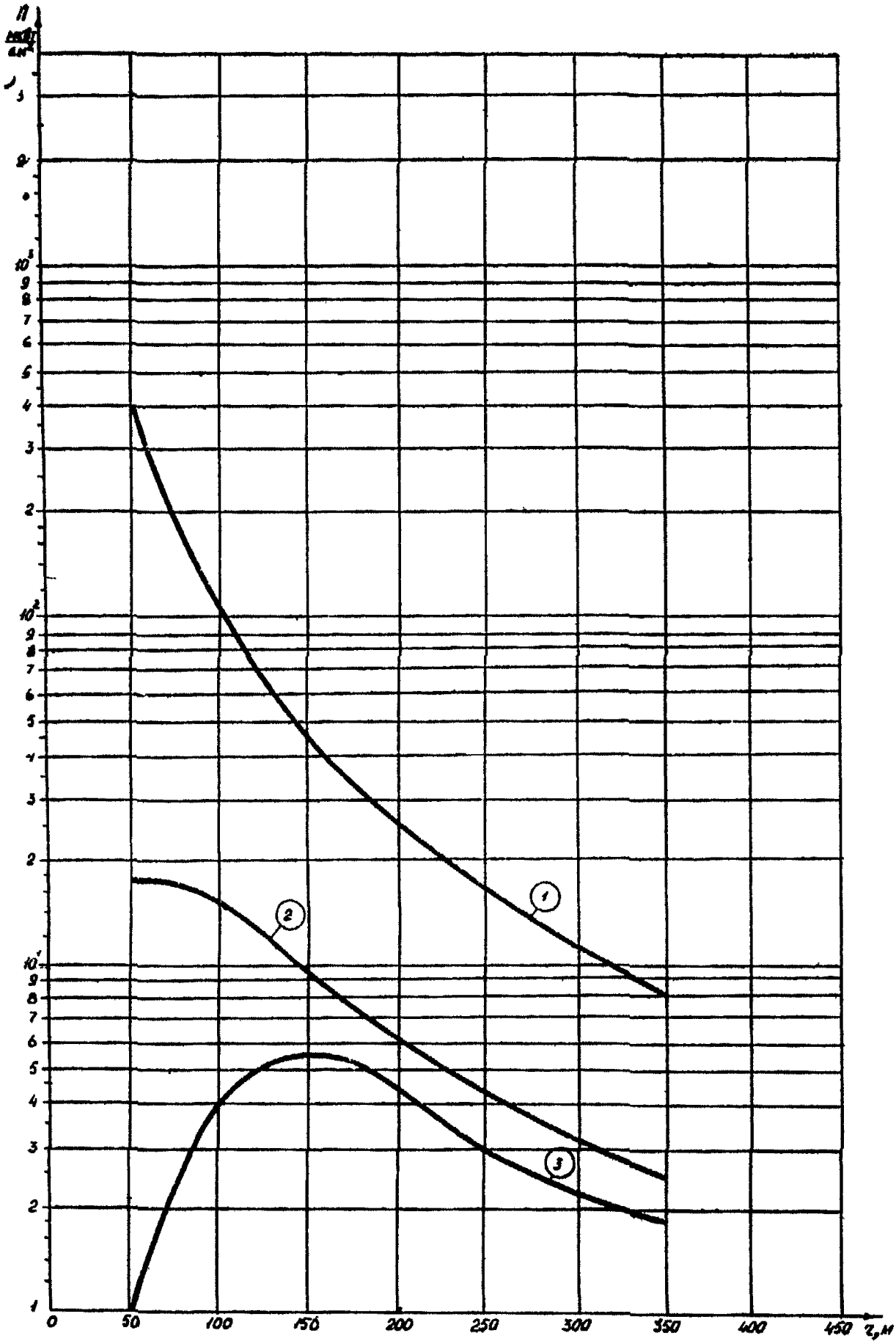


Рис. П. 2.8. РДИ радиолокатора «Экран», $E_0 = 5^0$, $2\Theta_{0,5} = 8^0$ для значений h_0—Н: 1—0; 2—3; 3—6 м.

Методические указания по определению уровней электромагнитного поля и гигиенические требования к размещению ОВЧ-, УВЧ- и СВЧ-радиотехнических средств гражданской авиации

Михаил Георгиевич Шандала
Юрий Данилович Думанский
Владимир Николаевич Солдатченков
Филипп Романович Холявко
Юрий Михайлович Демидов и др.

Корректор А. И. Волков

Подп. к печ. 16.06.81. Л 78833. Изд. № 1044. Формат 60×84 1/16.
Бумага тип. № 1. Печать высокая. Физ. печ. л. 2,25. Уч.-изд. л. 2,48.
Усл. печ. л. 2,09. Тираж 2000. Зак. № 5469. Бесплатно.

Межвузовское полиграфическое предприятие.
252135, Киев, бульвар Т. Шевченко, 78.

Бесплатно

Зак. 5469.