

Минэнерго СССР Главный проект ордена Октябрьской Революции ВГПИ и НИИ "Энергосетьпроект"	Руководящие материалы	
	УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ГРОЗОЗАЩИТЫ ПОДСТАНЦИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 35 кВ И ВЫШЕ	ЭСП

7143 -

Главный инженер института
"Энергосетьпроект"
Ильдаронов Т.А. Ильдаронов

Главный инженер Северо-
Западного отделения
Носов И.М. Носов

Начальник технического отдела
Ходжаев М.П. Ходжаев

Начальник Технического
отдела

Голинцев М.В. Голинцев

АРХИВ
ООО «ЭСП-НН»

Главный специалист
Беляев А.С. Беляев

Главный электрик,
зав. лаб. ТВН
Фельдман М.Л. Фельдман

9504ТМ-Т1

„ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ“
Волгоградское отделение
ТЕХНИЧЕСКИЙ АРХИВ

Разработаны Северо-Западным отделением института "Энергосетьпроект"	Утверждены протоколом главного инженера института "Энергосетьпроект" от 30.08. 1979г. № 71	Срок введения в действие 1.09.1979г. 9504ТМ-Т1
---	---	---

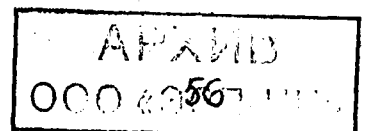
ИСПОЛНИТЕЛИ:

1. ФЕЛЬДМАН М.Л - заведующий лабораторией, к.т.н.
2. КЕГЕЛЕС М.Б - главный специалист
3. ЗАРЖЕВСКАЯ М.И - старший научный сотрудник
4. БЕЛОВА Е.В - инженер

А.ХИВ
ОСО «ЭСП»

О Г Л А В Л Е Н И Е

I.	Введение	7
2.	Требования к защите зданий и сооружений, расположенных на территории подстанций, от прямых ударов молнии...	
	2.1. Классификация зданий и сооружений подстанций по категориям молниезащиты	7
	2.2. Молниезащита II категории ..	8
	2.3. Молниезащита III категории...	11
3.	Защита открытых и закрытых подстанций от прямых ударов молнии	13
	3.1. Защита ОРУ и открытых подстанций	17
	3.2. Защита ЗРУ и закрытых подстанций, а также зданий и сооружений, расположенных на территории ОРУ	24
4.	Защита открытых и закрытых подстанций от набегающих с ВЛ грозовых волн	25
	4.1. Средства защиты от набегающих с ВЛ грозовых волн, применяемые на подходах ВЛ к подстанциям ...	25
	4.2. Средства защиты от набегающих с ВЛ грозовых волн, применяемые на территории подстанции	36
5.	Терминология	53
ПРИЛОЖЕНИЯ:		
I.	Зоны защиты стержневых молниеотводов	
2.	Зоны защиты тросовых молниеотводов	60
3.	Типовые молниеотводы института "Энергосетьпроект"	63



96I8TM-TI

4.	Типовые молниеотводы института "Тяжпромэлектропроект"	65
5.	Типовые молниеотводы ^{Л.О.} института "Теплоэлектропроект"	66
6.	Номограммы для расчета зон за- щиты одиночных, двойных и мно- гократных типовых молниеотво- дов института "Энергосетьпроект".....	67
7.	Определение величины импульсного сопротивления заземления молние- отводов	68

АРХИВ
ОСО «СОФТИ»

СПИСОК ЧЕРТЕЖЕЙ

№ п/п	Наименование	№ чертежа
1	2	3
I	Защита подстанций, присоединяемых к действующим ВЛ с помощью ответвлений	9504ТМ-ТІ лист I/19
2	Защита подстанций, присоединяемых к действующим ВЛ с помощью коротких заходов	лист 2/19
3	Эскиз выполнения и выбор величины координирующих промежутков на ВЛ	лист 3/19
4	Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода	лист 4/19
5	Зона защиты двух стержневых молниеотводов	лист 5/19
6	Зона защиты многократных молниеотводов	лист 6/19
7	Зона защиты одиночного тросового молниеотвода	лист 7/19
8	Зона защиты двух тросовых молниеотводов	лист 8/19
9	Номограмма для определения зоны защиты типового одиночного стержневого молниеотвода	лист 9/19
10	Номограмма для определения типовых молниеотводов при $h_x = 4,3$ м	лист 10/19
11	Номограмма для определения типовых молниеотводов при $h_x = 6,0$ м	лист 11/19
12	Номограмма для определения типовых молниеотводов при $h_x = 7,85$ м	лист 12/19

АРАЛВ
ООО «ЭСНЧ»

I.	2	3
I3	Номограмма для определения типовых молниеотводов при $h_x = 11,3$ м	лист I3/I9
I4	Номограмма для определения типовых молниеотводов при $h_x = 12,8$ м	лист I4/I9
I5	Номограмма для определения типовых молниеотводов при $h_x = 17,0$ м	лист I5/I9
I6	Номограмма для определения типовых молниеотводов при $h_x = 20$ м	лист I6/I9
I7	Номограмма для определения типовых молниеотводов при $h_x = 26$ м	лист I7/I9
I8	Зона защиты двух стержневых молниеотводов разной высоты	лист I8/I9
I9	Пример выполнения зон защиты молниеотводов открытой подстанции 330/220/35 кВ	лист I9/I9

АРХИВ
СОО «РОСЭНЕРГО»

I. ВВЕДЕНИЕ

Настоящие Указания по проектированию грозозащиты подстанций напряжением 35 кВ и выше составлены на основе:

- требований раздела IV "Распределительные устройства и подстанции" Правил устройства электроустановок, издание пятое, 1978 г. (ПУЭ),

- тех рекомендаций "Руководящих указаний по защите электростанций и подстанций 3-500 кВ от прямых ударов молнии и грозовых волн, набегających с линий электропередачи" издания 1975 г., которые не имеют расхождений с требованиями ПУЭ (на основании ДУ института № 23-12/01-78),

- и указаний "Инструкции по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений" СН 305-77 - в части молниезащиты зданий и сооружений, расположенных на территории подстанций.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ПОДСТАНЦИЙ, ОТ ПРЯМЫХ УДАРОВ МОЛНИИ

2.1. Классификация зданий и сооружений подстанций по категориям молниезащиты.

По требованиям к устройству молниезащиты все здания и сооружения в зависимости от их взрыво- и пожароопасности при прямом ударе молнии делятся на три категории (I, 2, 3).

Здания и сооружения, которые размещаются на территории подстанций, относятся ко II и III категориям молниезащиты. Зданий и сооружений, относящихся к I категории молниезащиты на площадках подстанций нет.

АРХИВ
ООО «ЭСР»

Ко II категории молниезащиты относятся расположенные на площадках подстанций электролизные (водородные) установки, помещения для баллонов с водородом и ресиверы с водородом.

Все остальные здания и сооружения на территории подстанций относятся к третьей категории молниезащиты.

Молниезащита II категории должна выполнять следующие функции (л.2):

1. Защиту от прямых ударов молнии.
2. Защиту от электростатической и электромагнитной индукции.
3. Защиту от заноса высоких потенциалов через надземные и подземные металлические коммуникации.

Молниезащита III категории должна выполнять следующие функции (л.2):

1. Защиту от прямых ударов молнии.
2. Защиту от заноса высоких потенциалов через надземные металлические коммуникации.

Если площадь помещений, требующих защиты II категории, составляет в одноэтажных зданиях менее 30% всей площади здания, а в многоэтажных зданиях менее 30% площади помещений верхнего этажа, то молниезащита всего здания в целом (л.2) может быть выполнена по III категории.

2.2. Молниезащита II категории.



2.2.1. Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений выполняется одним из следующих способов:

отдельно стоящими или установленными на зданиях стержневыми или тросовыми молниеотводами ;

при неметаллической кровле - путем наложения на нее молниеприемной сектки ; при металлической кровле - путем использования ее в качестве молниеприемника. В качестве молниеприем-

ника может использоваться арматура железобетонных перекрытий при наличии электрической связи арматуры между собой внутри отдельной плиты и между плитами.

При этом должны быть соблюдены следующие условия:

а) от каждого стержневого или каждой стелки тросового молниеотвода, расположенных на зданиях, должно быть не менее двух токоотводов; при использовании сосредоточенных заземлителей следует располагать их по противоположным сторонам здания, прокладывая к каждому токоотводу; при использовании заземляющих контуров вокруг здания токоотводы прокладываются не реже, чем через 25 м по периметру здания;

б) молниеприемная сетка должна быть выполнена из стальной проволоки диаметром 6-8 мм и уложена на кровлю непосредственно или под слой утеплителя или гидроизоляции (рубероид, толь и пр.). Сетка должна иметь ячейки не более 3 м² (например, с ячейками 6х6 или 3х12 м). Узлы сетки должны быть проварены.

Металлические элементы здания, расположенные на крыше (трубы, вентиляционные устройства и пр.), должны быть соединены со стальной кровлей или молниеприемной сеткой, а неметаллические части здания, возвышающиеся над кровлей, оборудованы дополнительными молниеприемниками, присоединенными к металлу крыши или к сетке.

Токоотводы, соединяющие молниеприемную сетку или металл кровли с заземлителем, должны быть проложены по углам здания или сооружения и не более чем через каждые 25 м по его периметру;

ООО «ЭСП-НН»

в) Расстояние от отдельно стоящего молниеотвода до защищаемого здания и сооружения, а также до подземных коммуникаций не нормируется;

г) величина импульсного сопротивления заземления от прямых ударов молнии в местах присоединения токоотводов

должна быть не более 10 Ом, а в грунтах с удельным сопротивлением 500 Ом.м и выше не более 40 Ом ;

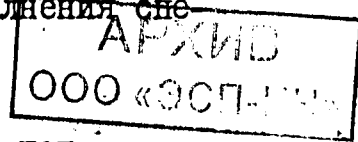
д) разрешается во всех случаях объединение заземлителей защиты от прямых ударов молнии, защитного заземления электрооборудования и заземлителя защиты от электростатической индукции ;

е) на зданиях с верхним перекрытием по металлическим фермам установка молниеприемников не требуется. При этом фермы должны быть соединены токоотводами с заземлителями.

2.2.2. Защита от электростатической индукции обеспечивается присоединением всего оборудования и аппаратов, находящихся в зданиях, сооружениях и в установках, к защитному заземлению электрооборудования, выполненному по требованию Техники безопасности.

2.2.3. Защита от электромагнитной индукции выполняется в виде устройства через каждые 25-30 м металлических перемычек между трубопроводами и другими протяженными металлическими предметами, расположенными друг от друга на расстоянии 10 см и менее.

Кабели, уложенные на металлические конструкции или по дну железобетонных каналов (лотков) не требуют выполнения специальных перемычек.



2.2.4. Защита от заноса высоких потенциалов по подземным коммуникациям осуществляется присоединением их на вводе в здание или сооружение к любому из заземлителей.

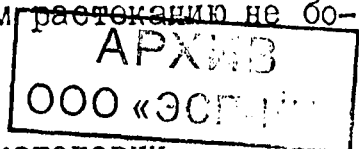
Для наземных металлических конструкций и коммуникаций необходимо:

а) в месте их ввода в защищаемое здание или сооружение, а также ближайшую к зданию или сооружению опору присоединить к заземлителю защиты от прямых ударов молнии,

б) наземные металлические конструкции через каждые 150-200 м следует присоединять к заземлителю с импульсным сопротивлением не более 30 Ом.

Ввод в здания электрических сетей напряжением до 1000В, сетей телефона, радио, сигнализации и т.п. должен осуществляться только кабелем или подземной кабельной вставкой длиной не менее 50 м. Металлические броня и оболочка кабелей должны быть присоединены у ввода в сооружение к защитному заземлению электрооборудования здания с учетом сказанного в п.2.2.3. В месте перехода воздушной линии в кабель металлическая броня и оболочка кабеля, а также штыри или крючья изоляторов линии должны быть присоединены к заземлителю с импульсным сопротивлением не более 10 Ом. В месте перехода между жилами кабеля и его металлической оболочкой должна предусматриваться установка вентильного разрядника РВН - 0,5.

Штыри изоляторов воздушной линии на ближайшей опоре к месту перехода линии в кабель должны быть присоединены к заземлителю с импульсным сопротивлением не более 20 Ом.



2.3. Молниезащита III категории

2.3.1. Защита от прямых ударов молнии должна выполняться аналогично защите зданий и сооружений, относимых по устройству молниезащиты ко II категории, со следующими отличиями:

а) молниеприемная сетка должна иметь ячейки площадью не более 150 м² (например, ячейки 12х12 или 6х24м);

б) Величина импульсного сопротивления заземлителя от прямых ударов молнии в местах присоединения токоотводов должна быть не более 20 Ом. В грунтах с удельным сопротивлением 500 Ом.м и выше импульсное сопротивление заземлителя допускается принимать не более 40 Ом.

Наружные металлические емкости, содержащие горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°C (трансформаторное масло), должны быть защищены от прямых ударов молнии следующим образом:

а) корпуса емкостей при толщине металла крыши менее 4 мм должны быть защищены молниеотводами, установленными отдельно или на самом сооружении;

б) корпуса установок или отдельных емкостей при толщине металла крыши 4 мм и более, а также отдельные емкости объемом менее 200 м³ независимо от толщины металла крыши достаточно присоединить к заземлителю подстанции.

Наружные емкости, содержащие горючие жидкости, с корпусами из железобетона или синтетических материалов, должны быть защищены от прямых ударов молнии отдельно стоящими или установленными на них молниеотводами, либо путем наложения молниеприемной сетки с присоединением ее к заземлителю.

Заземлители для наружных установок в местах присоединения токоотводов должны иметь импульсное сопротивление 50 Ом и к ним должны быть присоединены металлические корпуса и другие металлические конструкции установок.

Присоединение молниеотводов, расположенных на крыше здания, к заземлителям, должно осуществляться не реже, чем через 25 м по периметру установки. При этом общее число присоединений должно быть не менее двух.

Для защиты зданий и сооружений от заноса высоких потенциалов по внешним наземным металлическим конструкциям и коммуникациям последние необходимо на вводе в защищаемое здание и на ближайшей к зданию опоре присоединить к заземлителю.

Для защиты зданий и сооружений от заноса высоких потенциалов по ВЛ напряжением до 1000 В, не экранированным молниеотводами,

АРХИВ
ООО «ОСБ»

зданиями и высокими деревьями, опоры ВЛ должны быть заземлены через каждые 200 м для районов с числом грозových часов в году от 10 до 40 и 100 м - с числом грозových часов более 40. Ближайшая к защищаемому зданию опора должна быть присоединена к заземлителю, при этом наибольшее расстояние от соседнего заземлителя не должно превышать 100 м для районов с числом грозových часов в году от 10 до 40 и 50 м - для районов с числом грозových часов более 40.

Импульсное сопротивление заземлителей для защиты от заноса высоких потенциалов должно быть не более 20 Ом. Рекомендуется использование заземлителей защиты от прямых ударов молнии и защитного заземления электрооборудования.

3. ЗАЩИТА ОТКРЫТЫХ И ЗАКРЫТЫХ ПОДСТАНЦИЙ ОТ ПРЯМЫХ УДАРОВ МОЛНИИ

Защите от прямых ударов молнии подлежат;

1. Открытые распределительные устройства и открытые подстанции напряжением 20 кВ и выше.

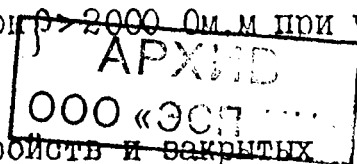
Выполнение защиты от прямых ударов молнии не требуется для открытых подстанций напряжением 20-35 кВ с трансформаторами единичной мощностью 1600 кВА и менее независимо от числа грозových часов в году, для всех ОРУ и подстанций напряжением 20-35 кВ в районах с числом грозových часов в году не более 20, а также для ОРУ и подстанций напряжением 220 кВ и ниже на площадках с эквивалентным удельным сопротивлением земли в грозовой сезон $\rho > 2000$ Ом.м при числе грозových часов в году не более 20.

2. Здания закрытых распределительных устройств и закрытых подстанций (см.3.2).

3. Расположенные на территории открытых подстанций здания трансформаторной башни, маслохозяйства, электролизной, синхронных компенсаторов, резервуаров с горючими жидкостями, места хранения баллонов с водородом и т.п. (см.3.2).

Способы выполнения молниезащиты зданий и сооружений, имеющих на территории подстанций, от прямых ударов молнии приведены в таблице I.

Пример построения зон защиты молниеотводов открытой подстанции 330/220/35 кВ приведен на листе I9.



СВОДНАЯ ТАБЛИЦА

мероприятий по защите от прямых ударов молнии
зданий и сооружений на территории подстанции

№ п/п	Наименование здания или сооружения	Категория устройства молниезащиты	Способы выполнения молниезащиты при ее необходимости
I	2	3	4
I	Открытое распределительное устройство	III	<p>Молниесводы на порталах, прожекторных и радиомачтах, стержневые и тросовые молниеотводы отходящих ВЛ и т.п. Если зона не обеспечивается, то добавляются отдельно стоящие молниеотводы.</p> <p>Если установка молниеотводов на порталах ОРУ 35-150 кВ не допускается - только молниеотводы на прожекторных и радиомачтах, отдельностоящие молниеотводы и стержневые и тросовые молниеотводы отходящих ВЛ.</p>
2	Синхронные компенсаторы и вспомогательные здания для них	III	аналогично п. I
3	Батарея статических конденсаторов	III	аналогично п. I
4	Закрытое распределительное устройство	III	<p>а) молниеотводы на порталах, прожекторных и радиомачтах, опорах отходящих ВЛ и отдельно стоящие молниеотводы ОРУ.</p> <p>б) Заземление металлической кровли.</p> <p>в) Заземление арматуры ж/б перекрытий при наличии электрической связи арматуры внутри плит и между собой.</p>

АРХИВ
ООО «ЭЭП»

I	2	3	4
			<p>г) Заземление молниеприемной сетки с ячейками не более 150 м²</p> <p>$R_{\text{имп}}$ заземлителя каждого токоотвода при использовании способа б), в) или г) - 20 Ом, в грунтах с $\rho > 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ - 40 Ом.</p>
5	Здание ОПУ	III	аналогично п.4
6	Трансформаторная башня	III	аналогично п.4
7	Ремонтные мастерские	III	аналогично п.4
8	Маслобаки металлические	III	<p>а) При толщине металла менее 4 мм - молниеотводы на порталах, прожекторных и радиомачтах, опорах отходящих ВЛ и отдельностоящие молниеотводы ОРУ</p> <p>б) при толщине металла 4мм и более и при объеме маслобака менее 200 м³ - при соединении к заземлителю подстанции.</p>
9	Электролизная	II ^x	<p>а) Молниеотводы на порталах, прожекторных и радиомачтах, опорах отходящих ВЛ и отдельностоящие молниеотводы ОРУ</p> <p>б) заземление металлической кровли</p> <p>в) Заземление арматуры ж/б перекрытий при наличии электрической связи арматуры внутри плит и между собой</p>

I	2	3	4
			<p>г) Заземление молниеприемной сетки с ячейками не более 36 м²</p> <p>$R_{\text{змп}}$ заземлителя каждого токоотвода при использовании способа б, в) или г) 10 Ом, в грунтах с $\rho > 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ - 40 Ом</p>
IО	Помещения для хранения баллонов с водородом	II ^X	аналогично п.9
II	Наружные установки с рессиверами водорода.	II ^X	аналогично п.9

х) Если площадь помещений, требующих молниезащиты II категории составляет в одноэтажных зданиях менее 30% всей площади здания, а в многоэтажных зданиях менее 30% площади помещений, верхнего этажа, то молниезащита всего здания в целом может быть выполнена по III категории, аналогично п.4.

АРХИВ
ООО «ЭСП-Р»

3.1. Защита ОРУ и открытых подстанций

3.1.1. Защита от прямых ударов молнии ОРУ напряжением 220 кВ и выше выполняется стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми, как правило, на их конструкциях. При этом следует использовать защитное действие высоких объектов, расположенных на территории ОРУ или вблизи него (опоры ВЛ, прожекторных мачт, радиомачт и т.п.)

Для защиты шинных мостов и гибких связей большой протяженности, а также ОРУ высших классов напряжения (750 кВ и выше) является целесообразным использование тросовых молниеотводов, в том числе и в сочетании со стержневыми.

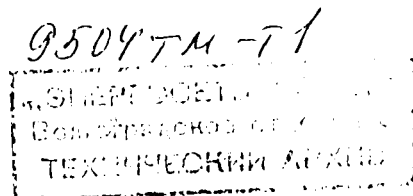
Для более эффективного использования опор ВЛ 35-110 кВ для защиты подстанций от прямых ударов молнии рекомендуется применять специальные тросостойки к опорам 35-110 кВ со стержневыми молниеотводами (см. приложение 3).

При этом, места установки ближайших к ОРУ опор ВЛ следует определять с учетом требований молниезащиты подстанций. Указанные тросостойки с молниеотводами рекомендуется применять при защите первых от подстанции пролетов ВЛ, когда грозозащитный трос не заводится на портал подстанции, а также при защите пересечений ВЛ при снятии троса с пересекаемой ВЛ.

На конструкциях ОРУ напряжением 110-150 кВ стержневые молниеотводы устанавливаются при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон (л. II):

$\rho < 1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ - независимо от площади заземлителя подстанции ;

$1000 < \rho \leq 2000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ - при площади заземлителя подстанции 10000 кв.м и более.



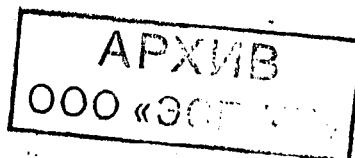
Конструкции (стойки) ОРУ напряжением 110-150 кВ с молниеотводами должны быть присоединены к заземлителю подстанции кратчайшим путем длиной не более 5 м и, таким образом, чтобы в месте присоединения было обеспечено прохождение тока молнии по магистралям заземлителя в 2-3 направлениях. Кроме того, должны быть установлены один-два вертикальных электрода длиной 3-5 м на расстоянии не менее длины электрода от стойки, на которой установлен молниеотвод.

Установка молниеотводов на конструкциях ОРУ напряжением 35 кВ допускается при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон:

- $\rho < 500 \text{ Ом.м}$ - независимо от площади заземлителя подстанции,
- $500 \text{ Ом.м} < \rho \leq 750 \text{ Ом.м}$ - при общей площади заземлителя подстанции 10000 кв.м и более.

Конструкции (стойки) ОРУ напряжением 35 кВ с молниеотводами должны быть присоединены к заземлителю подстанции кратчайшим путем длиной не более 5 м и, таким образом, чтобы в месте присоединения было обеспечено прохождение тока молнии по магистралям заземлителя в 3-4 направлениях и должны быть установлены 2-3 вертикальных электрода длиной 3-5 м на расстоянии не менее длины электрода от места присоединения стойки к заземлителю подстанции. При удельном сопротивлении земли до 500 Ом.м число направлений для растекания тока молнии допускается уменьшить до 2-3.

Установка молниеотводов на порталах, расположенных на расстоянии ближе 15 м по магистралям заземлителя от места присоединения к нему бака трансформатора допускается при выполнении требований 3.1.2.



Подвесная изоляция на порталах ОРУ 35 кВ с тросовыми или стержневыми молниеотводами, а также на концевых опорах:

ВЛ 35 кВ, если трос не заводится на подстанцию, должна быть усилена на два изолятора при отсутствии усиления изоляции относительно нормального уровня по условию загрязнения атмосферы. Расстояние по воздуху между токоведущими частями и заземленными конструкциями этих порталов и опор должно быть не менее длины изолирующей части гирлянды.

Присоединение отдельно стоящих молниеотводов к заземлителю подстанции допускается в тех случаях, когда возможна установка молниеотводов на конструкциях ОРУ.

Присоединение отдельно стоящих молниеотводов к заземлителю подстанции допускается одной полосой.

3.1.2. На конструкциях ОРУ всех напряжений, удаленных по магистралям заземлителя от места присоединения к заземлителю нейтрали и бака трансформатора на расстояние до 15м, молниеотводы могут устанавливаться при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон не более 350 Ом.м, и при соблюдении условий:

1. Непосредственно на выводах обмоток 3-35 кВ трансформаторов или на расстоянии не более 5 м от них по ошиновке, включая ответвления к разрядникам, должны быть установлены вентильные разрядники.

2. Конструкции (стойки) ОРУ с молниеотводами должны быть присоединены к заземлителю подстанции кратчайшим путем длиной не более 5 м и, таким образом, чтобы в месте присоединения было обеспечено прохождение тока молнии по магистралям заземлителя в 3-4 направлениях и должны быть установлены 2-3 вертикальных электрода длиной 3-5 м на магистралях заземлителя на расстоянии не менее длины электрода от места присоединения стойки с молниеотводом к заземлителю.

3. На подстанциях с высшим напряжением 20-35 кВ сопротивление заземлителя подстанции не должно превышать 4 Ом в грозовой сезон, без учета выносных заземлителей.

АВМ.И.В.
000 «ЭС.И.»

4. Заземляющие проводники вентиляных разрядников и трансформаторов рекомендуется присоединять к заземлителю подстанции поблизости один от другого или, по возможности, таким образом, чтобы место присоединения вентиляного разрядника к заземлителю находилось между точками присоединения портала с молниеотводом и трансформатора.

3.1.3. Не допускается установка молниеотводов на конструкциях ОРУ, находящихся на расстоянии менее 15 м:

от трансформаторов, к которым гибкими связями или открытыми шинпроводами присоединены вращающиеся машины;
от открытых шинпроводов и от опор гибких связей, если к ним присоединены вращающиеся машины.

Порталы трансформаторов, связанные с вращающимися машинами и открытыми шинпроводами или гибкими связями, должны входить в зоны защиты отдельно стоящих или установленных на других конструкциях молниеотводов.

3.1.4. Защита от прямых ударов молнии ОРУ, на конструкциях которых требованиями 3.1.1+3.1.3 установка молниеотводов не допускается, выполняется отдельно стоящими молниеотводами, имеющими обособленные заземлители с сопротивлением не более 80 Ом.

Для типовых молниеотводов со сборными железобетонными фундаментами в грунтах с эквивалентным удельным сопротивлением до 500 Ом.м требуемое сопротивление обеспечивается за счет естественной проводимости фундаментов. 000 «000»

Расстояние в земле S_z в метрах между обособленным заземлителем молниеотвода и ближайшей к нему точкой заземлителя подстанции принимается равным:

$S_z \geq 0,2 R_u$, но не менее 3м, где
 R_u - импульсное сопротивление заземлителя отдельно стоящего молниеотвода (см. приложение 7).

Расстояние по воздуху S_g в метрах от отдельно стоящего молниеотвода с обособленным заземлителем до токоведущих частей, а также до заземленных конструкций и оборудования ОРУ должно приниматься равным:

$$S_g \geq 0,12 R_{\text{н}} + 0,1 H, \text{ но не менее } 5 \text{ м.}$$

где H - высота рассматриваемой точки молниеотвода над уровнем земли, м.

При наличии на территории подстанции прожекторных мачт они используются в качестве отдельно стоящих молниеотводов. Прожекторные мачты по условиям техники безопасности должны быть присоединены к заземлителю подстанции.

При этом, в случае несоблюдения условий, указанных в 3.1.1., дополнительно к общим требованиям присоединения заземлителей отдельно стоящих молниеотводов должны быть соблюдены следующие требования:

1. На полосе заземления, соединяющей отдельно стоящий молниеотвод с заземляющим устройством подстанции следует устанавливать три-четыре вертикальных электрода длиной 3-5м с шагом 5м.

2. Если расстояние по магистралям заземления от места присоединения заземлителя молниеотвода к заземляющему устройству до места присоединения к нему трансформатора превышает 15 м, но не менее 40 м, то вблизи выводов обмоток на напряжение до 35 кВ трансформатора должны быть установлены вентильные разрядники.

АРХИВ
ООО «ЭСГ»

Расстояние по воздуху S_g в метрах от отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель которого соединен с заземляющим устройством ОРУ, до токоведущих частей должно составлять

$$S_g \geq 0,1 \cdot H + m$$

где: H - высота токоведущих частей над уровнем земли, м
 m - длина гирлянды изоляторов, м.

3.1.4. Тросовые молниеотводы ВЛ напряжением 110 кВ и выше, как правило, присоединяются к заземленным конструкциям ОРУ.

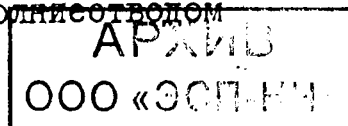
Конструкции (стойки) ОРУ напряжением 110+150 кВ с тросовыми молниеотводами должны быть присоединены к заземлителю подстанции кратчайшим путем длиной не более 5 м и, таким образом, чтобы было обеспечено прохождение тока молнии по магистралям заземлителя в 2-3 направлениях.

Тросовые молниеотводы, защищающие подходы ВЛ напряжением 35 кВ, разрешается присоединять к заземленным конструкциям ОРУ при эквивалентном удельном сопротивлении земли в грозовой сезон:

$\rho \leq 750$ Ом.м - независимо от площади заземлителя подстанции ;

$750 < \rho \leq 1000$ Ом.м - при общей площади заземлителя подстанции 10000 кв.м и более.

Конструкции (стойки) ОРУ напряжением 35 кВ с тросовыми молниеотводами должны быть присоединены к заземлителю подстанции кратчайшим путем длиной не более 5 м и, таким образом, чтобы в месте присоединения было обеспечено прохождение тока молнии по магистралям заземлителя в 2-3 направлениях и должны быть установлены 2-3 вертикальных электрода длиной 3-5 м на магистралях заземлителя на расстоянии не менее длины электрода от места присоединения стойки с молниеотводом к заземлителю.



Импульсное сопротивление заземлителя ближайшей к ОРУ опоры ВЛ напряжением 35 кВ не должно превышать 10 Ом.

Тросовые молниеотводы на подходах ВЛ 35 кВ к тем подстанциям, на которых не допускается установка молниеотводов на конструкциях ОРУ 35 кВ, должны заканчиваться на ближайшей к распределительному устройству опоре. Первый от подстанции бестросовый пролет этих ВЛ может быть защищен стержневым молниеотводом, установленным на этой опоре. Длины пролетов, защищаемых типовыми молниеотводами, устанавливаемыми на ближайших к ОРУ опорах ВЛ 35 кВ, приведены в приложении 3.

3.1.7. При использовании прожекторных мачт в качестве молниеотводов, подвод электропитания к прожекторам на участке от точки выхода кабеля из кабельного канала до прожекторной мачты и далее по мачте должен выполняться кабелями в металлической оболочке либо кабелями без металлической оболочки в металлических трубах. Кабель после спуска с молниеотвода должен прокладываться непосредственно в земле на протяжении не менее 10 м.

В точке ввода кабеля в кабельный канал (лоток, тоннель) металлическая оболочка кабеля, броня и металлическая труба должны быть соединены с заземлителем подстанции и с металлическими оболочками других кабелей, проходящих в канале.

3.1.8. В случаях, когда грозозащитный трос не присоединяется к заземленным конструкциям ОРУ, для использования сопротивления, обеспечиваемого системой трос-опора, заземлитель ближайшей к ОРУ опоры ВЛ следует соединить с заземлителем подстанции в земле.

ООО «ЭОП»

Установка отдельно стоящих молниеотводов на территории ОРУ должна осуществляться с учетом полного развития. При поэтапном вводе подстанции должны сооружаться отдельно стоящие молниеотводы, обеспечивающие необходимую зону защиты для данного этапа. Если этих молниеотводов не хватает для полной защиты ошиновки данного этапа развития подстанции, рекомендуется при отсутствии ограничений к этому, опережающая установ-

ка дополнительных отдельно стоящих молниеотводов. Допускается оставлять участки ошиновки, временно не попавшие в зону защиты, если опережающая установка порталов невозможна.

3.2. Защита ЗРУ и закрытых подстанций, а также зданий, сооружений, расположенных на территории ОРУ

3.2.1. Здания ЗРУ и закрытых подстанций, а также все здания, расположенные на территории открытых подстанций и относящиеся к III категории устройства молниезащиты, подлежат защите от прямых ударов молнии в районах с числом грозových часов в году 20 и более при ожидаемом количестве поражений их молнией в год 0,1 и более.

Ожидаемое количество поражений молнией здания в течение года определяется по формуле:

$$N = (S + 6h) \cdot (L + 6h) \cdot n \cdot 10^{-6}$$

где: S и L - соответственно ширина и длина защищаемого здания, м;

h - наибольшая высота здания, м;

n - среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности в месте расположения здания, определяемое по табл.3.2.1

Табл.3.2.1

Интенсивность грозовой деятельности, час/год	n	Интенсивность грозовой деятельности, час/год	n
10-20	1	60-80	9
20-40	3	80 и более	12
40-60	6		

3.2.2. Здания, расположенные на территории ОРУ и относящиеся ко II категории устройства молниезащиты, подлежат защите от прямых ударов молнии независимо от интенсивности грозовой деятельности и ожидаемого количества поражений их грозowymi разрядами.

3.2.3. Перечень зданий и сооружений подстанций, относящихся ко II и III категориям молниезащиты, и способы их защиты приведен в таблице I.

3.2.4. Если имеющиеся на территории ОРУ прожекторные

мачты, опоры или другие высокие объекты обеспечивают не полную защиту здания, подлежащего защите по III категории, а полная его защита требует дополнительных мероприятий, то указанная часть здания может не защищаться при ожидаемом количестве поражений ее в год 0,1 и менее.

3.2.5. Тросовые молниеотводы ВЛ 110 кВ и выше, как правило, присоединяются к заземленным конструкциям ЗРУ. Тросовые молниеотводы ВЛ 35 кВ разрешается присоединять к заземленным конструкциям ЗРУ при тех же условиях, как и для ОРУ (см.3.1.4).

3.2.6. Если по грунтовым условиям и площади, занимаемой ЗРУ 35 кВ, присоединение тросов к заземленным конструкциям ЗРУ не допускается, то защита последнего пролета может осуществляться с помощью молниеотвода на ближайшей к ЗРУ опоре ВЛ (при длине пролета менее 20 м).

4. ЗАЩИТА ОТКРЫТЫХ И ЗАКРЫТЫХ ПОДСТАНЦИЙ ОТ НАБЕГАЮЩИХ С ВЛ ГРОЗОВЫХ ВОЛН

Защита изоляции электрооборудования подстанций от набегающих с ВЛ грозовых волн осуществляется с помощью средств защиты, применяемых на подходе линии к подстанции и средств защиты, применяемых непосредственно на территории подстанции.

4.1. Средства защиты от набегающих с ВЛ грозовых волн, применяемые на под- ходах ВЛ к подстанциям

4.1.1. Грозные волны возникают на проводах ВЛ в результате прямого поражения их молнией или в результате обратных перекрытий при ударе молнии в опору или трос вблизи опоры.

Защита ВЛ напряжением 35 кВ и выше от прямых ударов молнии на подходе к подстанциям выполняется путем подвески тросовых молниеотводов, а защита от обратных перекрытий заземлением опор ВЛ.

Амплитуда грозовой волны, набегавшей на подстанцию, ограничивается импульсной прочностью линейной изоляции. Фронт грозовой волны, распространяющейся по линии, затухает под действием импульсной короны и влияния земли.

Величина грозowych перенапряжений на изоляции оборудования подстанции при прочих равных условиях, зависит от амплитуды и крутизны набегавшей грозовой волны.

Грозовые волны, возникающие на проводах ВЛ за пределами длины опасной зоны не оказывают влияния на надежность грозозащиты подстанции. Грозозащита линии за пределами длины опасной зоны определяется лишь необходимостью уменьшения числа грозowych отключений линии.

Защита подходов ВЛ к подстанциям тросовыми молниеотводами должна применяться и в случаях, когда тросовая защита ВЛ вне подходов к подстанциям отсутствует.

На подходах ВЛ к подстанциям, с целью повышения надежности грозозащиты подстанции, должен быть обеспечен повышенный, по сравнению со всей линией, защитный уровень, обеспечивающий снижение вероятности прорыва и обратных перекрытий в пределах опасной зоны.

Длина защищенных тросом подходов с повышенным защитным уровнем, сопротивления заземлителей опор, число и защитные углы тросов должны соответствовать приведенным в таблице 4.1.

АРХИВ
ООО «ЭСП-М»

На каждой опоре подхода, если тросы не используются для плавки гололеда, емкостного отбора или связи, трос должен быть присоединен к заземлителю опоры.

Сечение грозозащитных тросов на подходе к подстанции должно удовлетворять требованию термической устойчивости к току однофазного короткого замыкания на концевой опоре ВЛ (л.9).

Защита подходов ВЛ к подстанциям

Номиналь- ное на- пряжение ВЛ, кВ	Подходы ВЛ на порталных опорах						Подходы ВЛ на одностоечных опорах ²⁾						
	Длина за- щищенного подхода с повышен- ным защит- ным уров- нем, км ¹⁾	К-во тро- сов	Защит- ный угол троса, град.	Сопротивление за- землителей опор при эквивалентном удельном сопротив- лении земли, Ом.м			Длина за- щищенного подхода с повышен- ным защит- ным уров- нем, км ¹⁾	К-во тро- сов	Защит- ный угол троса, град.	Сопротивление заземлителей опор при эквивалентном удель- ном сопротивлении земли, Ом.м			
				до 100	более 100 до 500	более 500				до 100	более 100 до 500	более 500	
35	0,5 ⁵⁾												
	1-2	2	25-30	10	15	20	1-2	1-2	30	10	15	20	
110	1-3	2	25-30	10	15	20 ⁴⁾	1-3	1-2	25 ³⁾	10	15	20	
150	2-3	2	25-30	10	15	20 ⁴⁾	2-3	1-2	25 ³⁾	10	15	20	
220	2-3	2	25	10	15	20 ⁴⁾	2-3	2	20 ³⁾	10	15	20	
330	2-4	2	25	10	15	20 ⁴⁾	2-4	2	20	10	15	20	
500	3-4	2	25	10	15	20 ⁴⁾	-	-	-	-	-	-	

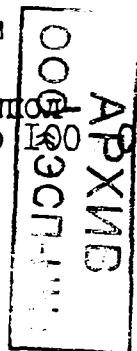
1) Выбор длины защищенного подхода производится с учетом расстояний между вентиляльным разрядником и защищаемым оборудованием в соответствии с табл. IV-2-4.

2) На подходах ВЛ 110-330 кВ на одностоечных двухцепных опорах заземлители опор рекомендуется вы-
бирать с сопротивлением не более 5, 10 и 15 Ом при эквивалентном удельном сопротивлении земли до 100 Ом.м
100-500 Ом.м и более 500 Ом.м соответственно.

3) На одностоечных железобетонных опорах допускается угол защиты до 30°.

4) В грунтах с эквивалентным удельным сопротивлением более 1000 Ом.м допускается сопротивление
заземлителей опор 30 Ом.

5) Применяется для подстанций с трансформаторами мощностью до 1600 кВА.



В районах со слабой интенсивностью грозовой деятельности допускается увеличение, относительно требований табл.4-I, сопротивлений заземлителей опор на подходах ВЛ 35-220 кВ к подстанциям:

при числе грозových часов в год менее 20 в 1,5 раза,
при числе грозových часов в год менее 10 в 3 раза.

При высотах над уровнем моря более 1000 м, наибольшие допустимые сопротивления заземлителей опор (таблица 4.I) допускается увеличивать в 3 раза, независимо от числа грозových часов.

Если выполнение заземлителей обычной конструкции (л.10) с требуемыми величинами сопротивлений заземления оказывается сложным, в грунтах с $\rho > 1000$ Ом.м должны быть применены одиночные или двойные сплошные противовесы. Одиночные противовесы укладываются по оси ВЛ, двойные - на расстоянии между ними 6-12 м.

Импульсное сопротивление сплошных одиночных противовесов, даже в грунтах весьма большого удельного сопротивления составляет величину порядка 50 Ом (л.6,7).

АРХИВ
ООО «ЭСБ-НИИ»

При двух противовесах, расположенных на расстоянии 12 м и более друг от друга, коэффициент экранирования может быть принят равным единице.

При расстоянии между противовесами равном 8 м, коэффициент экранирования может быть принят равным 0,85. При меньших расстояниях коэффициент экранирования уменьшается линейно до значения 0,5, когда расстояние между двойными противовесами уменьшается до нуля.

4.1.2. Не требуется защиты тросом подходов ВЛ напряжением 35 кВ к подстанциям 35 кВ с двумя трансформаторами мощностью до 1600 кВА каждый или с одним трансформатором мощностью

до 1600 кВА и наличием резервного питания нагрузки со стороны низшего напряжения в районах, имеющих не более 60 грозных часов в год. При этом металлические и железобетонные опоры подхода ВЛ к подстанциям на длине 0,5 км должны иметь заземлители с сопротивлением, соответствующим табл.4-I.

При выполнении ВЛ напряжением 35 кВ на деревянных опорах на подходе ВЛ длиной 0,5 км следует присоединить к заземлителям опор подвески гирлянд изоляторов и установить комплект трубчатых разрядников на первой опоре подхода со стороны ВЛ. Расстояние между вентильными разрядниками и трансформатором должно быть не более 10 м.

При отсутствии резервного питания на подстанции с одним трансформатором мощностью до 1600 кВА, подходы ВЛ 35 кВ к подстанции должны быть защищены тросом на длине не менее 0,5 км.

4.1.3. На подходах к подстанциям ВЛ напряжением 35-220кВ на первой опоре подхода, со стороны ВЛ должен быть установлен комплект трубчатых разрядников в случаях:

I. Линия по всей длине, включая подход к подстанциям, построена на деревянных опорах. На подходе к подстанции линия защищена грозозащитным тросом.

Архив
ООО «ЭСП»

В данном случае трубчатый разрядник выполняет задачу защиты изоляции первой тросовой опоры от частых грозных перекрытий и ожогов дугой промышленной частоты. В связи с высокой импульсной прочностью изоляции ВЛ на деревянных опорах без троса, грозовые волны с амплитудой превышающей импульсную прочность изоляции на тросовом участке (деревянные стойки опор шунтированы заземляющими спусками) воздействуют на гирлянду изоляторов первой тросовой опоры со стороны линии, вызывая ее частые перекрытия. В связи с повышенным числом перекрытий этих гирлянд и принимаются меры по их защите.

2. Линия построена на деревянных опорах без троса, подход линии - на металлических или железобетонных опорах с тросом. Как и в предыдущем случае задача трубчатого разрядника заключается в защите от частых перекрытий гирлянд первой тросовой опоры.

3. На подходах к подстанциям 35 кВ ВЛ 35 кВ на деревянных опорах, защита которых выполняется упрощенно в соответствии с п.4.2.

4. Установка трубчатых разрядников комплекта РТ₁ в начале подходов ВЛ, построенных по всей длине на металлических и железобетонных опорах, не требуется независимо от наличия или отсутствия тросовой защиты ВЛ за пределами подходов к подстанциям.

5. Сопротивление заземлителей опор с трубчатыми разрядниками должно быть не более 10 Ом при эквивалентном удельном сопротивлении земли $\rho < 1000 \text{ Ом.м}$ и не более 15 Ом при более высоком эквивалентном удельном сопротивлении. На деревянных двух- и четырехстоечных опорах заземляющие спуски от РТ, должны прокладываться по двум стойкам.

При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые величины токов короткого замыкания и при наличии АПВ допускается применять вместо них основные защитные промежутки.

Рекомендуемые размеры основных защитных промежутков приведены в таблице 4.2, эскиз выполнения - на листе 3.

На ВЛ напряжением 35-110 кВ, которые имеют защиту тросом только на подходах к подстанциям, и в грозовой сезон могут ^{быть} длительно отключены с одной стороны при наличии напряжения с другой, должны устанавливаться трубчатые разрядники (комплект РТ₂) или защитные промежутки на входных порталах или на первой от подстанции опоре того конца ВЛ, который может быть длительно отключен.

Архив
ООО «ЭОС»

4.1.4. Уровень изоляции на подходе ВЛ определяет амплитуду грозových волн, набегających на подстанцию. По ВЛ с повышенным уровнем изоляции могут набегать грозových волны с амплитудой, превышающей расчетную и представляющие опасность для изоляции электрооборудования подстанции.

Повышенные уровни изоляции ВЛ имеют место в случаях временной эксплуатации линий на пониженном напряжении и при применении в зоне подхода усиленной изоляции в районах с загрязненной атмосферой.

1. На ВЛ с усиленной изоляцией должны применяться устройства для ограничения амплитуды грозových волн: трубчатые разрядники, искровые промежутки или гирлянды изоляторов с уменьшенным числом изоляторов (часть изоляторов зашунтирована).

2. Устройства для ограничения амплитуды грозových волн должны устанавливаться:

на ВЛ, защищенных тросом только на подходах к подстанциям - на первой тросовой опоре подхода со стороны ВЛ;

на ВЛ, защищенных тросом по всей длине - в начале подхода, защищенного с повышенным защитным уровнем, на расстоянии от подстанции в соответствии с таблицей 4.4.

3. Выбор устройства для ограничения амплитуды набегających волн производится в зависимости от напряжения линии и от наличия или отсутствия загрязнения атмосферы.

На ВЛ, эксплуатирующихся на пониженном относительно класса изоляции напряжении, на первой опоре подхода, считая со стороны линии, должны быть установлены трубчатые разрядники класса напряжения соответствующего фактическому рабочему напряжению передачи.

При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые величины токов короткого замыкания могут устанавливаться искровые промежутки, или может производиться шунтирование части изоляторов в гирляндах на 1-2 смежных опорах (при отсутствии загрязнения изоляции промышленными, солончаковыми, морскими и др. уносами). Шунтирование производится со стороны траверса. Оставшееся незашунтирова-

ное число изоляторов в гирляндах должно соответствовать рабочему напряжению передачи.

4. На ВЛ с изоляцией, усиленной по условию загрязнения атмосферы, в случае, если начало защищенного подхода с повышенным защитным уровнем находится в зоне усиленной изоляции, на первой опоре защищенного подхода должен устанавливаться комплект трубчатых разрядников, соответствующих рабочему напряжению ВЛ. При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые величины токов короткого замыкания могут устанавливаться основные защитные искровые промежутки.

Для предотвращения коротких замыканий при случайных загорачиваниях защитных промежутков на ВЛ с деревянными опорами 3-35 кВ, рекомендуется выполнять дополнительные промежутки в заземляющих спусках основных промежутков, расположенные на расстоянии 2,0 - 3,0 м от земли.

Рекомендуемые размеры основных и дополнительных защитных промежутков приведены в таблице 4.2, эскиз выполнения - на листе 3.

Таблица 4.2.

Рекомендуемые размеры основных и дополнительных защитных промежутков

Номинальное напряжение, кВ	Размеры основных защитных промежутков, мм	Размеры дополнительных защитных промежутков на ВЛ с деревянными опорами, мм
1	2	3
3	20	5
6	40	10
10	60	15
20	140	20
35	250	30

АРХ.В
ООО «ЭОП»

I	2	3
110	650	-
150	930	-
220	1350	-
330	1850	-
500	3000	-

х) см.4.1.5.

4.1.4. Трубочатые разрядники должны выбираться по токам короткого замыкания в соответствии со следующим:

Для сетей напряжением до 35 кВ (с нейтралью изолированной или заземленной через дугогасящую катушку) верхний предел тока, отключаемого трубчатим разрядником, должен быть не менее наибольшего возможного тока трехполюсного короткого замыкания, а нижний предел - не более наименьшего возможного установившегося тока двухполюсного короткого замыкания.

Для сетей напряжением 110 кВ и выше с эффективно заземленной нейтралью трубчатый разрядник выбирают по наибольшему возможному току однополюсного или трехполюсного короткого замыкания и по наименьшему возможному установившемуся току однополюсного или двухполюсного замыкания.

При отсутствии трубчатых разрядников на требуемые величины токов короткого замыкания допускается устанавливать вместо них защитные промежутки.

Арт. 113
ООО «ЭОП-11»

На ВЛ с деревянными опорами при установке на опоре защитного искрового промежутка должны быть заземлены подвески гирлянд, а число изоляторов должно быть принято таким же, как для металлических опор.

4.1.5. Защитные промежутки в большинстве случаев не гасят возникшей на них электрической дуги. Поэтому их рекомендуется применять только на ВЛ, оборудованных АПВ.

4.1.6. Защиту подстанций напряжением 35-110 кВ с мощностью трансформаторов до 40000 кВА, присоединяемых к ответвлениям протяженностью менее требуемой длины защищенного подхода с повышенным защитным уровнем (табл.4.4) от действующих ВЛ с деревянными, металлическими или железобетонными опорами без тросов, допускается выполнять по упрощенной схеме, включающей:

вентильные разрядники, устанавливаемые на подстанции на расстоянии не более 10 м от силового трансформатора; защиту тросовыми молниеотводами подхода к подстанции на всей длине ответвления; при длине ответвления менее 150 м следует дополнительно защитить тросовыми или стержневыми молниеотводами по одному пролету действующей ВЛ в обе стороны от ответвления;

комплекты трубчатых разрядников PT_1 и PT_2 с сопротивлением заземления каждого разрядника не более 10 Ом, устанавливаемые на деревянных опорах: PT_2 - на первой опоре с тросом со стороны ВЛ или на границе участка, защищаемого стержневыми молниеотводами; PT_1 - на незащищенном тросом участке ВЛ, на расстоянии 150-200 м от PT_2 (лист I), при длине захода более 500 м установка комплекта трубчатых разрядников PT_1 не требуется.

Защита подстанций, на которых расстояние между вентильными разрядниками и трансформатором превышает 10 м, выпол-

АРХИВ
ООО «ЭСР»

няется в соответствии с требованиями, приведенными в 4.2.6.

Упрощенную защиту подстанций, в соответствии с указанными выше требованиями, допускается выполнять и для случая присоединения подстанций к действующим ВЛ с помощью коротких заходов (лист 2). Однако, учитывая возможность снижения наценности грозозащиты при отключении одной из линий и появление тупикового режима работы подстанции, трансформаторы должны защищаться вентильными разрядниками типа РВМГ (II группа по ГОСТ 16357-70).

Выполнение грозозащиты подстанций, присоединяемых к вновь сооружаемым ВЛ, по упрощенным схемам не допускается.

4.1.7. В районах с плохопроводящими грунтами ($\rho > 1000$ Ом·сопротивление заземлителей трубчатых разрядников PT_1 и PT_2 напряжением 35-110 кВ, устанавливаемых для защиты подстанций, присоединяемых к действующим ВЛ на ответвлениях и с помощью коротких заходов может быть увеличено до 30 Ом. При этом заземлитель PT_2 должен быть соединен с заземлителем подстанции.

4.1.8. Кабельные вставки в ВЛ напряжением 35-220 кВ должны защищаться с обеих сторон трубчатыми или вентильными разрядниками независимо от наличия или отсутствия троса на ВЛ. Кабели напряжением 35-110 кВ защищаются вентильными разрядниками типа РВС (III группа по ГОСТ 16357-70), кабели напряжением 220 кВ защищаются вентильными разрядниками типа РВМГ (II группа по ГОСТ 16357-70).

При длине кабельной вставки (в ВЛ, защищенную тросом, на металлических и железобетонных опорах) 1,5 км и более установка разрядников по концам кабеля не требуется.

АРХИ
000 «ЭЭС»

4.1.9. Линейные разъединители, устанавливаемые на ВЛ напряжением 35 и 110 кВ у места ответвления, должны монтироваться непосредственно на опорах (конструкциях), на которых установлены трубчатые разрядники PT_2 . При установке PT_1 и PT_2 непосредственно на ответвлении для защиты линейных разъединителей, на ВЛ должны быть установлены дополнительные трубчатые

разрядники (на опорах, на которых установлены разъединители). Трубочатые разрядники во всех случаях должны устанавливаться на общей с разъединителем опоре со стороны питания.

4.1.10. Для защиты изоляции разъединителей, устанавливаемых на деревянных опорах ВЛ напряжением 3-20 кВ, на опорах с разъединителями должен быть установлен комплект трубчатых разрядников, присоединенный со стороны питания.

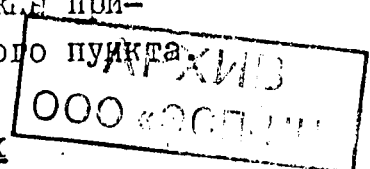
4.1.11. В случае присоединения ответвления к ВЛ, защищенной тросом по всей длине, питающей ответственные электроустановки (например, тяговые подстанции), ответвление, выполняемое на металлических или железобетонных опорах, должно быть также защищено тросом по всей длине.

При выполнении от ВЛ с металлическими опорами ответвления на деревянных опорах без тросов длиной более требуемой длины в месте его присоединения к линии должен быть установлен комплект трубчатых разрядников.

4.1.12. Для защиты переключательных пунктов напряжением 3-10 кВ должны устанавливаться трубчатые разрядники по одному комплекту на концевой опоре каждой питающей ВЛ с деревянными опорами. При этом заземляющие зажимы разрядников должны присоединяться к заземляющему устройству переключательного пункта

4.2. Средства защиты от набегающих с ВЛ грозовых волн, применяемые на территории подстанции.

4.2.1. По экономическим соображениям уровень грозоупорности электрооборудования подстанций является более низким, чем грозоупорность отходящих от подстанции ВЛ. Поэтому, даже ограниченные по амплитуде импульсной прочностью линейной изоляции и имеющие сглаженный фронт в результате пробега по проводам подхода грозовые волны, набегающие с ВЛ на подстанцию, могут представлять опасность для изоляции электрооборудования.



4.2.2. Наиболее совершенным средством грозозащиты оборудования подстанции являются вентильные разрядники. Перенапряжения на оборудовании, в непосредственной близости от которого установлен разрядник, совпадают с напряжением на разряднике и определяются вольтсекундной и вольтамперной характеристикой последнего, амплитудой и формой протекающего через него тока молнии. Перенапряжения на оборудовании, удаленном от вентильного разрядника, превышают напряжение на разряднике за счет колебательной составляющей, накладывающейся на остающееся напряжение разрядника.

Это превышение или величина колебательной составляющей зависит в основном от крутизны фронта и амплитуды набегающей на подстанцию грозовой волны и параметров схемы подстанции: количества устанавливаемых разрядников и расстояния от них до защищаемого оборудования, волнового сопротивления ошиновки и входных емкостей аппаратов и оборудования, количества отходящих линий.

4.2.3. Надежность грозозащиты подстанции определяется числом случаев появления опасных для ее изоляции грозовых волн в течение года. При определении надежности принимается во внимание, что все грозовые удары в линию вне опасной зоны будут безопасными. Однако и большая часть волн, возникающих в пределах опасной зоны, является безопасной. Появление в опасной зоне волны, способной вызвать на оборудовании подстанции перенапряжения, превышающие допустимые, есть функция статистического распределения амплитуды, крутизны, длины хвоста грозовой волны набегающей на подстанцию, удаленности грозового удара от пределов опасной зоны и др. Поэтому, для уточненной оценки надежности используются статистические методы, учитывающие указанные выше факторы. Эти методы позволяют определить долю опасных грозовых волн, из всех волн, возникающих в пределах опасной зоны. Расчеты ведутся по специальной программе на ЭВМ.

АРЗ/МВ
ООО «ЭОП-Н»

4.2.4. Оборудование РУ напряжением 35 кВ и выше с присоединенными к ним ВЛ, как правило, должно быть защищено вентильными разрядниками.

При присоединении к РУ 35-220 кВ только кабельных линий защита оборудования подстанций от грозовых перенапряжений с помощью вентильных разрядников не требуется, за исключением обмоток трансформаторов (автотрансформаторов), перечисленных в 4.2.8. В этих случаях вентильные разрядники требуются по условию защиты от внутренних перенапряжений при отключении трансформаторов.

4.2.5. Напряжение гашения вентильных разрядников должно выбираться с учетом характера заземления нейтрали сети, в которой он работает, и возможности повышения напряжения на здоровых фазах при возникновении замыканий на землю одной фазы сети.

4.2.6. Вентильные разрядники должны выбираться с учетом координации их защитных характеристик с изоляцией защищаемого оборудования.

Перечень электрооборудования и соответствующих ему вентильных разрядников, с характеристиками которых скоординирована изоляция электрооборудования, приведен в таблице 4.3.

АРЗ ИД
ООО «ЭСР»

Таблица 4.3

П Е Р Е Ч Е Н Ь

электрооборудования и соответствующих ему
вентильных разрядников с характеристиками
которых скоординирована изоляция электро-
оборудования

№ п/п	Наименование электрооборудования	Класс напряже- ния изо- ляции кВ	Серия вентильных разрядников
1	2	3	4
1	Вращающиеся машины	3-20	РВРД (I группа по ГОСТ 16357-70)
2	Трансформаторы, аппа- раты и изоляторы	3-10	РВП, РВО (IV группа по ГОСТ 16357-70)
3	Трансформаторы, аппа- раты и изоляторы, за исключением обмоток 150, 220 кВ силовых трансформаторов (авто- трансформаторов), име- ющих основной уровень испытательных напряже- ний по ГОСТ 1516-73 или по ГОСТ 1516.1-76	15-220	РВС (III группа по ГОСТ 16357-70)
4	Обмотки напряжением 150, 220 кВ силовых трансформаторов (авто- трансформаторов), име- ющие основной уровень испытательных напря- жений по ГОСТ 1516-73 или по ГОСТ 1516.1-76	150-220	РВМГ (II группа по ГОСТ 16357-70)
5	Трансформаторы, аппа- раты и изоляторы	330-500	РВМГ, РВМК (II группа по ГОСТ 16357-70)

АРХИВ
ООО «ЭСД»

Места установки разрядников следует выбирать таким образом, чтобы защита подстанции осуществлялась при их минимальном количестве. При этом установка разрядников на трансформаторном присоединении является более предпочтительной.

Расстояния от разрядников до трансформаторов и до аппаратов, измеряемые по огиновке, включая ответвления, не должны превышать максимально допустимых значений, приведенных в таблице 4.4 - 4.6.

При повышенных расстояниях между разрядниками и защищаемым оборудованием с целью сокращения числа устанавливаемых разрядников или габаритов распредустройств могут применяться вентильные разрядники с характеристиками, лучшими требуемых условиями координации изоляции, например, разрядники ОПН или разрядники I группы по ГОСТ I6357-70.

На подстанциях, подходы ВЛ напряжением 35 кВ к которым не имеют защиты тросом или длина защищенных подходов к ним снижена, вентильные разрядники 35 кВ должны устанавливаться на присоединениях трансформаторов на расстоянии не более 10 м от них.

4.2.7. Определение наибольших допустимых расстояний между вентильными разрядниками и защищаемым оборудованием должно производиться исходя из числа линий и вентильных разрядников, включенных в нормальном режиме работы подстанции. Аварийные и ремонтные режимы работы подстанции при этом не учитываются.

Архив
ООО «ЭОС»

Допустимые расстояния от разрядников до защищаемого оборудования должны обеспечиваться для каждого этапа (очереди) развития подстанции. При необходимости на пусковом этапе должна предусматриваться опережающая установка вентильных разрядников, предусмотренных дальнейшим этапом развития подстанции, и по возможности, без последующего переноса.

НАИБОЛЬШИЕ ДОПУСТИМЫЕ РАССТОЯНИЯ ОТ ВЕНТИЛЬНЫХ РАЗРЯДНИКОВ ДО ЗАЩИЩАЕМОГО
ОБОРУДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ 35 - 220 кВ

Номиналь- ное на- пряжение кВ	Тип опор на подходах ВЛ к под- станциям	Длина за- щищенно- го тро- сом под- хода сплыв- шенным за- щитным уровнем мм	Расстояние до силовых трансформаторов, м										Расстояние до остального оборудования									
			РУ с одной отходящей ВЛ		РУ с двумя постоянно включенными ВЛ		РУ с тремя и более постоянно включ. ВЛ		РУ с одной отходящей ВЛ		РУ с двумя и более по- стоянно включенными ВЛ		РУ с одной отходящей ВЛ		РУ с двумя и более по- стоянно включенными ВЛ							
			разрядники III группы		разрядники II группы		разрядники III группы		разрядники II группы		разрядники III группы		разрядники II группы		разрядники III группы		разрядники II группы					
			Ix PBC	2x PBC	Ix PBMГ	2x PBMГ	Ix PBC	2x PBC	Ix PBMГ	2x PBMГ	Ix PBC	2x PBC	Ix PBMГ	2x PBMГ	Ix PBC	2x PBC	Ix PBMГ	2x PBMГ	Ix PBC	2x PBC	Ix PBMГ	2x PBMГ
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
35	Портальные опоры (в т.ч. деревянные с РТ в начале подхода)	0,5	20	30	-	-	30	40	-	-	35	45	-	-	25	40	-	-	30	50	-	-
		1,0	40	60	-	-	50	100	-	-	90	120	-	-	75	100	-	-	100	150	-	-
		1,5	60	90	-	-	80	120	-	-	120	150	-	-	100	120	-	-	125	200	-	-
		2,0	75	110	-	-	100	150	-	-	150	180	-	-	125	150	-	-	150	200	-	-
II0	Одностоечные опоры (металлические и железобетонные)	1,0	20	30	-	-	30	40	-	-	40	50	-	-	40	60	-	-	50	100	-	-
		1,5	30	50	-	-	50	60	-	-	60	70	-	-	60	90	-	-	80	120	-	-
		2,0	45	70	-	-	70	90	-	-	90	100	-	-	70	120	-	-	90	150	-	-
II0	Портальные опоры (в т.ч. деревянные с РТ и в начале подхода)	1,0	30	50	40	100	50	70	60	120	70	90	80	125	120	140	130	180	130	150	140	190
		1,5	50	80	70	150	70	90	80	160	90	110	100	175	140	170	150	200	200	200	200	200
		2,0	70	110	90	180	80	120	100	200	110	135	120	250	170	200	180	220	200	200	200	220
		2,5	90	165	120	220	95	150	125	250	125	180	135	250	190	200	220	250	200	200	220	250
		3,0	100	180	150	250	110	200	160	250	140	200	170	250	200	200	250	250	200	200	250	250
II0	Одностоечные опоры (металлические и железобетонные)	1,0	15	20	20	50	20	30	30	75	30	40	40	100	70	90	80	110	100	130	120	170
		1,5	30	55	40	80	40	60	50	100	50	70	60	130	110	130	120	160	150	180	160	200
		2,0	50	75	70	120	60	90	70	150	70	100	90	190	120	150	140	180	200	200	200	250
		2,5	65	100	90	160	70	115	100	200	80	125	120	250	130	200	160	230	200	200	200	250
		3,0	80	140	120	200	80	140	130	250	95	150	140	250	150	200	180	250	200	200	220	250

AP.113
000-205-111

Таблица 4.5

НАИБОЛЬШИЕ ДОПУСТИМЫЕ РАССТОЯНИЯ ОТ ВЕНТИЛЬНЫХ РАЗРЯДНИКОВ ДО
ЗАЩИЩАЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ 330 КВ

Тип под- станции, число ВЛ	Тип, число комплектов вентильных разрядников, место установки	Длина за- щищенного подхода с повышен- ным защит- ным уров- нем, км	Р а с с т о я н и я , м					
			до силовых транс- форматоров (авто- трансформаторов) и шунтирующих реакторов		до трансформа- торов напряже- ния		до остального оборудования	
			порталь- ные опо- ры	одно- стоечные опоры с 2 тросами	порталь- ные опо- ры	одно- стоеч- ные опоры с 2 троса- ми	порталь- ные опо- ры	одно- стоеч- ные опо- ры с 2 троса- ми
I	2	3	4	5	6	7	8	9
Тупиковая по схеме ОРУ "Блок трансформа- тор-линия"	I комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформа- тора	2,5	45	-	75	-	130	100
		3,0	70	20	90	30	140	110
		4,0	100	50	115	85	150	130
То же	2 комплекта вентильных разрядников II группы	2,5	70	-	250 ^{x)}	-	330 ^{x)}	235 ^{x)}
		3,0	120	20	320 ^{x)}	100	380 ^{x)}	270 ^{x)}
		4,0	160	90	400 ^{x)}	250	450 ^{x)}	340 ^{x)}
	Один комплект у сило- вого трансформатора. второй - в линейной ячейке.							

I	2	3	4	5	6	7	8	9
Тупиковая по схеме ОРУ "объединенный блок"	2 комплекта вентильных разрядников II группы на трансформаторных присоединениях	2,0	70	-	210	-	335	280
		2,5	110	20	240	100	340	320
		3,0	150	65	260	200	355	340
Проходная с двумя ВЛ и одним трансформатором по схеме ОРУ "треугольник"	I комплект вентильных разрядников II группы у силового трансформатора	2,0	80	-	160	-	390	300
		2,5	110	50	210	120	410	350
		3,0	150	80	250	150	425	380
Проходная с двумя ВЛ и двумя трансформаторами по схеме ОРУ "мостик"	2 комплекта вентильных разрядников II группы у силовых трансформаторов	2,0	60	-	320	-	420	300
		2,5	80	20	400	260	500	360
		3,0	130	60	475	310	580	415
Проходная с двумя ВЛ и двумя трансформаторами по схеме ОРУ "четырехугольник"	2 комплекта вентильных разрядников II группы у силовых трансформаторов	2,0	150	-	500	-	1000	1000
		2,5	200	80	700	320	1000	1000
		3,0	240	140	750	470	1000	1000

0000000000

I	2	3	4	5	6	7	8	9
Многофи- дерная с тремя ВЛ и двумя трансформа- торами	2 комплекта вентиль - ных разрядников II группы у силовых трансформаторов	2,0	150	40	960	-	1000	1000
		2,5	220	80	1000	400	1000	1000
		3,0	300	140	1000	1000	1000	1000
Многофи - дерная с тремя ВЛ и одним трансфор- матором	I комплект вентиль - ных разрядников II группы у силового трансформатора	2,0	100	30	700	-	1000	750
		2,5	175	70	800	200	1000	1000
		3,0	250	100	820	700	1000	1000

ПРИМЕЧАНИЯ: I. Расстояния, отмеченные звездочкой, соответствуют допустимым удалениям оборудования от разрядников, установленных у силового трансформатора.

2. При использовании разрядников I группы по ГОСТ 16357-70 допустимые расстояния увеличиваются в 1,3 раза.



Таблица 4.6

НАИБОЛЬШИЕ ДОПУСТИМЫЕ РАССТОЯНИЯ ОТ ВЕНТИЛЬНЫХ
РАЗРЯДНИКОВ ДО ЗАЩИЩАЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ 500 кВ

Схема подстанции, число ВЛ	Тип, число разрядников, место установки	Расстояния, м		
		до силовых трансформаторов и автотрансформаторов и шин сирующих реакторов	до трансформаторов напряжения	до осевого оборудования
I	2	3	4	5
Тупиковая, по схеме ОРУ "блок трансформатор-линия"	2 комплекта вентильных разрядников II группы один у силового трансформатора, второй - в линейной ячейке или на реакторном присоединении	95	150/700	150/700 ^{х)}
Проходная, с двумя ВЛ и одним трансформатором по схеме ОРУ "треугольник"	2 комплекта вентильных разрядников II группы. Один комплект у силового трансформатора, второй - на шинах, в линейной ячейке или на реакторном присоединении	130	350/700	350/900 ^{х)}
Проходная с двумя ВЛ и двумя трансформаторами по схеме ОРУ "четыреугольник"	2 комплекта вентильных разрядников II группы у силовых трансформаторов	160	350	800 ^{х)}

А/Х/И/В
000 кЭСГ/И/В

I	2	3	4	5
Многофидерная, с тремя ВЛ и двумя транс- форматорами	2 комплекта вен- тильных разряд- ников II группы у силовых транс- форматоров	240	450	900 ^{x)}
Многофидерная, с тремя ВЛ и одним транс- форматором	I комплект вен- тильных разряд- ников II группы у силового транс- форматора	175	400	600 ^{x)}

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. В значениях указанных дробью, числитель - допустимое расстояние до ближайшего вен- тильного разрядника (в линейной ячейке, на шинах или на реакторном присоединении), знаменатель - до разрядника, установленного у силового трансформатора.

2. При использовании вен- тильных разрядников I группы по ГОСТ 16357-70 для защиты обо- рудования с изоляцией по ГОСТ 1516.1-76 допус- тимые расстояния увеличиваются в 1,5 раза, за исключением расстояний, отмеченных звез- дочкой, которые увеличиваются в 1,1 раза.

А. Б. ...
ООО «ООП»

Приведенные в таблицах 4.4-4.6 допустимые расстояния от вентильных разрядников до трансформаторов и оборудования соответствуют приемлемой надежности при нормальных условиях, принятых за расчетные (отсутствие загрязненной атмосферы, 30 грозových часов в год, высота местности над уровнем моря до 1000м и т.д). При существенном отклонении конкретных условий от принятых за расчетные, допустимые расстояния от вентильных разрядников до оборудования должны уточняться на основе специальных расчетов на анализаторе грозозащиты подстанций или на ЭВМ (см. директивное указание института ЭСП № 37-1/1 от 23.06.69).

4.2.8. Вентильные разрядники должны устанавливаться без коммутационных аппаратов в цепи между разрядником и трансформатором (автотрансформатором, реактором) в случаях защиты:

1. Обмоток всех напряжений силовых трансформаторов, имеющих автотрансформаторную связь с другими обмотками.
2. обмоток 330-500 кВ трансформаторов.
3. обмоток 150, 220 кВ трансформаторов, имеющих основной уровень изоляции по ГОСТ 1516-73 или по ГОСТ 1516.1-76.
4. шунтирующих реакторов 330, 500 кВ.

4.2.9. Токоограничивающие реакторы напряжением 110 кВ, устанавливаемые на отходящих линиях, подлежат защите со стороны ВЛ вентильными разрядниками. Изоляция токоограничивающих реакторов соответствует изоляции силовых трансформаторов 110 кВ. Поэтому необходимость установки вентильных разрядников на линейных токоограничивающих реакторах со стороны подстанций, определяется по общему правилу допустимости удаления трансформаторной изоляции от вентильных разрядников, установленных на подстанции. Если расстояние от установленных на подстанции вентильных разрядников до токоограничивающих реакторов выше допустимого, вблизи токоограничивающего реактора должен устанавливаться комплект вентильных разрядников.

АРХИВ
000 000 000

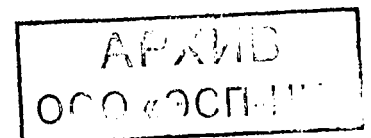
4.2.IO. Для присоединения трансформатора к РУ кабельной линией напряжением 110 кВ и выше независимо от длины кабеля у кабельной муфты со стороны присоединения кабеля к шинам РУ должен быть установлен комплект вентильных разрядников. Заземляющий зажим разрядника должен быть присоединен к металлическим оболочкам кабеля. В случае присоединения к шинам РУ нескольких кабелей, непосредственно соединенных с трансформаторами, на шинах РУ устанавливается один комплект вентильных разрядников. Место установки разрядника выбирается возможно ближе к присоединению кабелей.

4.2.II. Неиспользуемые обмотки трансформаторов (автотрансформаторов) должны быть соединены, в соответствии с предусмотренной заводом схемой их соединения, в звезду или треугольник и защищены вентильными разрядниками либо заземлены. Защита неиспользуемых обмоток, расположенных первыми от сердечников магнитопроводов, выполняется заземлением фазы или нейтрали, либо установкой одного вентильного разрядника (на фазе или в нейтрали) соответствующего класса напряжения.

Неиспользуемые обмотки низшего напряжения, расположенные между частями обмотки высшего напряжения, должны быть защищены вентильными разрядниками, установленными на выводах всех фаз.

Защита неиспользуемых обмоток не требуется если к ним постоянно присоединены кабельные линии суммарной длиной не менее 30 м, имеющие заземленную оболочку или броню. Также не требуется защита неиспользуемых обмоток 35 кВ для трехобмоточных трансформаторов с высшим напряжением 110 кВ.

Место расположения обмоток у трехобмоточных трансформаторов определяется по значениям напряжения короткого замыкания U_k . Наибольшие значения U_k соответствуют обмоткам, наиболее удаленным друг от друга, т.е. крайним. Из двух крайних обмоток обмотка более низкого напряжения расположена первой от сердечника.



Установку разрядников и заземляющих аппаратов (л.13) следует предусматривать только в случае, если обмотка не имеет присоединения к РУ соответствующего напряжения или длительно отключена от него (пусковой период, ремонтный режим, наличие АВР).

4.2.12. Запрещается разземление нейтрали трансформаторов напряжением 110 кВ и выше и установка в цепи ее заземления коммутационных аппаратов и вентиляных разрядников, если изоляция нейтрали рассчитана на работу только при глухом заземлении.

Для защиты нейтралей обмоток 110-220 кВ силовых трансформаторов, имеющих изоляцию, пониженную относительно линейного конца обмотки и допускающую работу с разземленной нейтралью, должны устанавливаться вентиляные разрядники.

Нейтраль обмоток трансформаторов 110 кВ с пониженной относительно линейного конца изоляцией, допускающей работу с разземленной нейтралью, защищается разрядниками РВС-35 +РВС-15, а в схемах, где отделившийся от сети 110 кВ трансформатор с изолированной нейтралью может иметь питание со стороны среднего или низшего напряжения, которое в момент выделения схемы не может быть отключено, - разрядниками РВМ-35 +РВМ-20.

Нейтраль обмоток трансформаторов 150 кВ с пониженной изоляцией, допускающей работу с разземленной нейтралью, защищается разрядниками 2хРВМ-35.

Указанные разрядники для защиты нейтрали трансформаторов 110-150 кВ не обеспечивают необходимую защиту изоляции нейтрали от внутренних и грозовых перенапряжений. Их следует применять, как вынужденное решение, до разработки промышленностью специальных вентиляных разрядников для защиты нейтралей трансформаторов с пониженной изоляцией.

АРХИВ
ООО «ЭС-11»

4.2.13. Шунтирующие реакторы напряжением 500 кВ, устанавливаемые на линиях или шинах высокого напряжения подстанций для защиты от внутренних перенапряжений, защищаются комбинированными вентильными разрядниками.

Применение вентильных разрядников некомбинированного типа для защиты шунтирующих реакторов допускается в схемах, где восстанавливаемое напряжение на разряднике не превышает его напряжения гашения.

4.2.14. Распределительные устройства напряжением 3-20 кВ, к которым присоединены воздушные линии, должны быть защищены вентильными разрядниками, установленными на шинах или у трансформатора (см.4.2.11).

При наличии на присоединениях трансформаторов на стороне 3-20 кВ токоограничивающих реакторов, для защиты изоляции оборудования вентильные разрядники должны устанавливаться на шинах 3-20 кВ, независимо от наличия разрядников у трансформаторов.

4.2.15. За исключением случаев установки молниеотводов на конструкциях ОРУ, удаленных от трансформаторов по магистралям заземления на расстояние до 15 м (см.3.1.2), в распределительных устройствах 3-20 кВ при выполнении связи трансформаторов с шинами с помощью кабелей расстояния от вентильных разрядников до трансформаторов и аппаратов не ограничиваются, а в случаях воздушной связи трансформаторов с шинами расстояния от вентильных разрядников до трансформаторов и аппаратов не должны превышать:

60 м - при воздушных линиях, на деревянных опорах,

90 м - при воздушных линиях на металлических и железобетонных опорах.

АР. ИВ
ООО «ЭСГДН»

Тросовыми молниеотводами подходы ВЛ 3-20 кВ к подстанциям не защищаются.

На подходах к подстанциям с трансформаторами мощностью более 630 кВА ВЛ 3-20 кВ с деревянными опорами на расстоянии 250-300 м от подстанции устанавливается комплект трубчатых разрядников (комплект РТ_I).

На ВЛ, которые в грозовой сезон могут быть длительно отключены с одной стороны, при наличии напряжения с другой, должны устанавливаться трубчатые разрядники (комплекта РТ₂) на конструкции подстанции или на ближайшей к РУ опоре того конца ВЛ, который может быть длительно отключен.

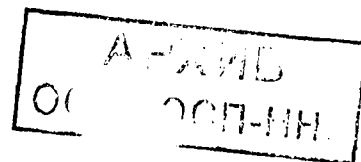
Сопротивления заземлителей разрядников РТ_I и РТ₂ не должны превосходить 10 Ом при эквивалентном удельном сопротивлении земли $\rho \leq 1000$ Ом, и 15 Ом - при более высоком сопротивлении.

На подходах к подстанциям ВЛ 3-20 кВ с металлическими и железобетонными опорами установка трубчатых разрядников комплектов РТ_I, РТ₂ не требуется.

4.2.16. Защита подстанций напряжением 3-20 кВ с низким напряжением до 1000 В должна выполняться вентильными разрядниками, устанавливаемыми с высокой и низкой стороны подстанции.

Распределительные устройства напряжением 3-20 кВ, к которым присоединены только кабельные линии, не требуют защиты вентильными разрядниками.

При установке вентильного разрядника в одной ячейке с трансформатором напряжения, разрядник рекомендуется присоединять до предохранителя во избежание перегорания предохранителя при протекании импульсных токов.



4.2.18. В случае присоединения ВЛ 3-20 кВ к подстанции при помощи кабельной вставки на конце кабеля в месте присоединения его к ВЛ должен устанавливаться комплект трубчатых разрядников. Если ВЛ выполнена на деревянных опорах, на расстоянии 200-300 м от конца кабеля устанавливается второй комплект трубчатых разрядников.

Заземляющие зажимы разрядников кратчайшим путем соединяются с металлическими оболочками кабеля и присоединяются к заземлителю с сопротивлением не более приведенных выше для PT_1 и PT_2 .

5. ТЕРМИНОЛОГИЯ

1. Молниезащита - комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий и сооружений и оборудования от возможных взрывов, загораний и разрушений, возникающих при воздействии молнии.

2. Прямой удар молнии - непосредственный контакт молнии с объектом, сопровождающийся протеканием через него тока молнии.

3. Электростатическая индукция - наведение потенциалов на наземных предметах в результате изменения электрического поля грозового облака, создающее опасность искрения между металлическими элементами конструкций и оборудования.

4. Электромагнитная индукция - наведение потенциалов в незамкнутых металлических контурах в результате быстрых изменений тока молнии, создающее опасность искрения в местах сближения этих контуров.

5. Занос высоких потенциалов - перенесение наведенных молнией высоких электрических потенциалов в защищаемое здание по внешним металлическим сооружениям и коммуникациям,

АРХИВ
ООО «ЭСП-НИ»

14. Подход линии к подстанции (длина опасной зоны) - длина участка ВЛ, за пределами которого любые удары молнии в линию безопасны для изоляции электрооборудования подстанции.

15. Заземлитель - проводник (электрод) или совокупность металлических соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей.

16. Земля-верхние слои земной коры, в которых могут протекать токи электрических установок.

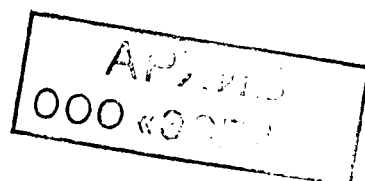
17. Удельное сопротивление земли - электрическое сопротивление куба земли объемом 1 м³ току, протекающему от одной грани этого куба к противоположной.

18. Эквивалентное удельное сопротивление земли - удельное сопротивление однородной земли, при котором сопротивление заземлителя имеет ту же величину, что и в реальной неоднородной (л. 8).

19. Сопротивление заземления (сопротивление растеканию) - отношение напряжения заземлителя (в месте ввода тока в землю) к току заземлителя при протекании тока промышленной частоты, измеряемое общепринятыми методами.

20. Импульсное сопротивление заземлителя - отношение напряжения заземлителя к току заземлителя при протекании токов молнии, не поддающееся измерению общепринятыми методами. Импульсное сопротивление заземлителя $R_{и}$ связано с сопротивлением заземлителя при растекании тока промышленной частоты $R_{н}$ через импульсный коэффициент

$$\alpha_{и} = \frac{R_{и}}{R_{н}}$$



21. Противовесы - горизонтальные заземлители, прокладываемые вдоль оси ВЛ от опоры к опоре.

22. Защитное заземление - преднамеренное соединение с землей металлических частей электрической установки, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции сетей или электроприемников, устраиваемое с целью обеспечения безопасности.

Ар-Хинь
ООО «ЭСГ»

ЗОНЫ ЗАЩИТЫ СТЕРЖНЕВЫХ МОЛНИЕОТВОДОВ

Защитное действие молниеотводов основано на свойстве молнии с большей вероятностью поражать более высокие и хорошо заземленные металлические предметы по сравнению с рядом стоящими менее высокими. Для защиты открытых распределительных устройств рекомендуется применять, как правило, стержневые молниеотводы. Для защиты ОРУ высших классов напряжения (750 кВ и выше) является целесообразным использование тросовых молниеотводов, в том числе и в сочетании со стержневыми.

Расчет молниезащиты ведется по зонам защиты. Очертания и размеры зоны защиты определяются числом, высотой и взаимным расположением молниеотводов и зависят от допускаемой вероятности прорыва молнии. Защитное действие молниеотвода снижается с увеличением высоты защищаемого объекта.

Зоны защиты стержневых молниеотводов высотой до 60 м рассчитанные по приведенной ниже методике, проверены многолетним опытом эксплуатации и обеспечивают вероятность прорывов не более 10^{-3} , а зоны защиты стержневых молниеотводов высотой выше 60 м - не более 10^{-2} .

I. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой до 60 м имеет форму, показанную на листе 4. Размеры зоны определяются соотношением

$$\frac{r_x}{h_a} = \frac{16}{1 + \frac{h_x}{h}} \cdot P$$

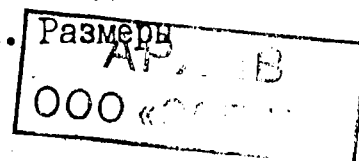
(п. I. I)

где r_x - радиус защиты на высоте h_x ;

h_a - превышение молниеотвода над уровнем h_x
(активная высота молниеотвода)

$$P = 1 \text{ при } h \leq 30 \text{ м} \quad P = \frac{5.5}{\sqrt{h}} \text{ при } h > 30 \text{ м.}$$

h - высота молниеотвода, м.



Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой от 60 до 250 м усечена на расстоянии Δh от вершины (см. лист 4) и определяется соотношениями

$$\frac{r_x}{h_a} = \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}} \cdot \rho \quad \text{при } h_a \geq \Delta h$$

$$r_x = 0 \quad \text{при } h_a < \Delta h \quad (\text{п. I.2})$$

$$\Delta h = 0,5 (h - 60) \quad \text{при } 60 < h \leq 100 \text{ м}$$

$$\Delta h = 0,2 h \quad \text{при } 100 < h \leq 250 \text{ м}$$

Расчет зон защиты одиночных типовых стержневых молниеотводов может быть выполнен с использованием номограмм (см. приложение 6).

2. Очертания зоны защиты двух стержневых молниеотводов показаны на листе 5. Для каждого из молниеотводов высотой более 60 м зона защиты с внешней стороны усечается на расстоянии Δh от вершины, как и для одиночного молниеотвода. Построение внешней зоны молниеотводов производится аналогично построению зоны одиночного молниеотвода по формулам (п. I.1 и п. I.2) с учетом высоты. Наименьшая ширина зоны защиты между молниеотводами на уровне h_x определяется по кривым, приведенным на листе 5

При $\frac{a}{h_a} \cdot \frac{1}{\rho} \geq 7$ совместная зона разрывается и $r_x \leq 0$

Для молниеотводов высотой более 30 м $\rho = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$

Расчет зоны защиты двойных типовых молниеотводов для реальных высот ошиновки оборудования типовых ОРУ 35-500кВ может быть выполнен с использованием номограмм (см. приложение 6).



3. Зона защиты трех и более молниеотводов значительно превышает сумму зон защиты одиночных молниеотводов. Построение горизонтальных сечений зоны защиты на уровне h_x показано на листе 6, на примере трех и четырех молниеотводов. Размеры $\frac{b_x}{2}$ определяются также как для двойного молниеотвода. Радиус защиты r_x определяется аналогично одиночному молниеотводу. При произвольном расположении нескольких молниеотводов их зона защиты может быть определена суммированием зон защиты любых трех соседних молниеотводов.

зоны

Часть защиты трех и более молниеотводов, высотой выше 60 м, расположенная вне окружностей, проходящих через центры соседних трех молниеотводов усекается на расстоянии Δh от вершины. Внутренняя часть зоны защиты не усекается. Величина Δh определяется аналогично одиночному стержневому молниеотводу.

Необходимым условием защищенности всей площади между тремя молниеотводами на уровне h_x является:

$$\begin{aligned} \text{для молниеотводов высотой } h \leq 30 \text{ м} & \quad D \leq 8 \cdot h_a \\ \text{для молниеотводов высотой } 30 < h < 250 \text{ м} & \quad D \leq 8 \cdot h_a P \end{aligned}$$

где: D — диаметр окружности, проведенной через три смежных молниеотвода.

4. Построение зоны защиты двух молниеотводов разной высоты приведено на листе 18 (приложение 6).

Для молниеотвода 2 большей высоты строится зона защиты как для одиночного молниеотвода. Далее через вершину молниеотвода меньшей высоты проводится горизонтальная линия до пересечения с зоной защиты молниеотвода 2. Принимая эту точку пересечения за вершину некоторого фиктивного молниеотвода 3 той же высоты, что и молниеотвод 1, строится зона защиты для двух молниеотводов 1 и 3 одинаковой высоты,

АРХИВ
000 «ЭСП-НН»

очертания которой ограничивают внутренний участок суммарной зоны защиты. Для стержневых молниеотводов высотой $h > 60$ м зона защиты у их вершины усекается с внешней стороны на расстоянии Δh от вершины конкретно для каждого из молниеотводов в соответствии с их высотами.

Для построения внутренней зоны защиты двух типовых молниеотводов разной высоты на листе І8 приведена таблица, позволяющая без выполнения каких-либо вычислений определить расстояние между молниеотводом меньшей высоты и фиктивным молниеотводом той же высоты. Ширина зоны защиты b_x на высоте h_x определяется аналогично двум молниеотводам одинаковой высоты. Построение внутренней зоны защиты двух молниеотводов разной высоты завершается проведением касательных из точек удаленных от оси внутренней зоны защиты на расстояние $b_x/2$ к окружностям, образующим внешние зоны защиты двух молниеотводов разной высоты.

АР. 318
ООО «ЭЭР»

ЗОНА ЗАЩИТЫ ТРОСОВЫХ МОЛНИЕОТВОДОВ

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода (горизонтально подвешенного троса) имеет форму, показанную на листе 7. Зона защиты на уровне h_x ограничивается двумя параллельными молниеотводу линиями, расположенными на расстоянии r_x от вертикальной плоскости проходящей через тросовый молниеотвод. Это расстояние r_x , условно называемое по аналогии с одиночным стержневым молниеотводом радиусом защиты, определяется по формулам:

для одиночного тросового молниеотвода высотой $h < 30$ м

$$\frac{r_x}{h_a} = \frac{k_1}{1 + \frac{h_x}{h}} \quad (\text{П.2.1})$$

для одиночного тросового молниеотвода высотой h от 30 до 250 м

$$\frac{r_x}{h_a} = \frac{k_1}{1 + \frac{h_x}{h}} \cdot P \quad (\text{П.2.2})$$

где $P = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$

Зона защиты тросового молниеотвода высотой $30 < h < 250$ м усекается сверху на величину

$$\begin{aligned} \Delta h &= 0,29 (h - 30) \cdot K_2 \quad \text{при } 30 < h < 100 \text{ м} \\ \Delta h &= 0,2 \cdot h \cdot K_2 \quad 100 < h < 250 \text{ м} \end{aligned} \quad (\text{П.2.3})$$

Величины K_1 и K_2 зависят от допускаемой вероятности прорывов молнии в зону защиты. Для защиты с вероятностью прорыва молнии не более 10^{-2} $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,0$, а с вероятностью не более 10^{-3} $K_1 = 0,6$; $K_2 = 1,3$.

Для защиты сооружений на территории станций и подстанций, учитывая их ограниченную территорию, рекомендуется

АРХИВ
ООО «ОСП-НИИ»

очертания которой ограничивают внутренний участок суммарной зоны защиты. Для стержневых молниеотводов высотой $h > 60\text{м}$ зона защиты у их вершины усекается с внешней стороны на расстоянии Δh от вершины конкретно для каждого из молниеотводов в соответствии с их высотами.

Для построения внутренней зоны защиты двух типовых молниеотводов разной высоты на листе 18 приведена таблица, позволяющая без выполнения каких-либо вычислений определить расстояние между молниеотводом меньшей высоты и фиктивным молниеотводом той же высоты. Ширина зоны защиты b_x на высоте h_x определяется аналогично двум молниеотводам одинаковой высоты. Построение внутренней зоны защиты двух молниеотводов разной высоты завершается проведением касательных из точек удаленных от оси внутренней зоны защиты на расстояние $b_x/2$ к окружностям, образующим внешние зоны защиты двух молниеотводов разной высоты.

АРХИВ
ООО «ЭСГ»

ЗОНА ЗАЩИТЫ ТРОСОВЫХ МОЛНИЕОТВОДОВ

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода (горизонтально подвешенного троса) имеет форму, показанную на листе 7. Зона защиты на уровне h_x ограничивается двумя параллельными молниеотводу линиями, расположенными на расстоянии r_x от вертикальной плоскости проходящей через тросовый молниеотвод. Это расстояние r_x , условно называемое по аналогии с одиночным стержневым молниеотводом радиусом защиты, определяется по формулам:

для одиночного тросового молниеотвода высотой $h < 30$ м

$$\frac{r_x}{h_a} = \frac{K_1}{1 + \frac{h_x}{h}} \quad (\text{П.2.1})$$

для одиночного тросового молниеотвода высотой h от 30 до 250 м

$$\frac{r_x}{h_a} = \frac{K_1}{1 + \frac{h_x}{h}} \cdot P \quad (\text{П.2.2})$$

где $P = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$

Зона защиты тросового молниеотвода высотой $30 < h < 250$ м усекается сверху на величину

$$\begin{aligned} \Delta h &= 0,29 (h - 30) \cdot K_2 \quad \text{при } 30 < h < 100 \text{ м} \\ \Delta h &= 0,2 \cdot h \cdot K_2 \quad 100 < h < 250 \text{ м} \end{aligned} \quad (\text{П.2.3})$$

Величины K_1 и K_2 зависят от допускаемой вероятности прорывов молнии в зону защиты. Для защиты с вероятностью прорыва молнии не более 10^{-2} $K_1 = 1,2$; $K_2 = 1,0$, а с вероятностью не более 10^{-3} $K_1 = 0,6$; $K_2 = 1,3$.

Для защиты сооружений на территории станций и подстанций, учитывая их ограниченную территорию, рекомендуется

АРХИВ
000 «ЭСБ-1111»

применять коэффициенты K_1 и K_2 , соответствующие вероятности прорыва не более 10^{-2} , а для протяженных ВЛ - не более 10^{-3} .

На листе 7 приведена номограмма для определения зоны защиты одиночного тросового молниеотвода высотой до 30 м.

Построение зоны защиты двух параллельных тросовых молниеотводов представлено на листе 8.

Внешние области зоны защиты определяются как для одиночного тросового молниеотвода, а при $h > 30$ м усекаются на расстоянии Δh от вершины.

Вертикальное сечение зоны защиты между двумя тросовыми молниеотводами ограничивается дугой окружности, проходящей через молниеотводы и среднюю точку между молниеотводами 0, находящуюся на высоте

$$h_0 = h - \frac{a}{K_3 P}$$

где a = расстояние между молниеотводами,

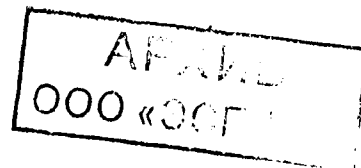
$$P = 1 \quad \text{при } h \leq 30 \text{ м}$$

$$P = \frac{5.5}{\sqrt{h}} \quad \text{при } 30 < h < 250 \text{ м}$$

Величина K_3 зависит от вероятности прорыва молнии в зону защиты. Для зоны с вероятностью прорыва не более 10^{-2} $K_3=5$; для зоны с вероятностью прорыва не более 10^{-3} $K_3=3$.

Для защиты объекта между двумя тросами необходимо соблюсти условие

$$h_a = h - h_x \geq \frac{a}{K_3 P}$$



определяющее превышение молниеотвода над защищаемым сооружением.

Суммарная зона защиты тросового и стержневого молниеотвода определяется наложением их зон. Также строится конфигурация зоны защиты у конца тросового молниеотвода. При этом конец троса следует рассматривать как стержневой молниеотвод соответствующей высоты.

АРХИВ
000 «9071»

ТИПОВЫЕ МОЛНИЕОТВОДЫ ИНСТИТУТА
ЭНЕРГОСЕТЫПРОЕКТ

Таблица 1

Тип молниеотводов	Высота, м	№ типового проекта
Отдельно стоящие молниеотводы:		
МЖ-24,3	24,3	7093ТМ
МЖ-27	27,05	
МЖ-30,6	30,55	
МС-26,2	26,17	
МС-33,2	33,19	
Молниеотводы на прожекторных мачтах		
ПМЖ-16,6	24,3	7093ТМ
ПМЖ-19,3	27,05	
ПМЖ-22,8	30,55	
ПМС-18,4	26,17	
ПМС-25,5	33,19	
ПМС-30,5	38,24	
Молниеотводы на порталах:		
35 кВ	15,85	7020ТМ
110 кВ	19,35	7021ТМ
220 кВ	30,5	7022ТМ
330 кВ	21,8	7023ТМ
330 кВ	33,5	-"-
500 кВ	26,7	7025 ТМ
500 кВ	40,6	-"-
500 кВ	44,5	-"-
Молниеотводы на тросостойках концевых опор		
ВІ 35-110 кВ	5; 8	5736ТМ-Т3

Атлас
ООО «Энергосетьпроект»

ТИПОВЫЕ МОЛНИЕОТВОДЫ ИНСТИТУТА "Тяжпромэлектропроект"

Тип молниеотводов		Высота, м	№ типового проекта	
Стержневой молниеотвод	СМ-15	15	А 105 лист 5	
"	СМ-20	20	"	6
"	СМ-25	25	"	7
"	СМ-30	30	"	8
"	СМ-35	35	"	9
"	СМ-40	40	"	10
"	СМ-45	45	"	11
"	СМ-50	50	"	12
"	СМ-55	55	"	13
"	СМ-60	60	"	14
"	СМ-65	65	"	15
"	СМ-70	70	"	16
"	СМ-75	75	"	17
Антенный молниеотвод	АМ-15	15	"	18
"	АМ-20	20	"	19
"	АМ-25	25	"	20
"	АМ-30	30	"	21
"	АМ-40	40	"	22
"	АМ-45	45	"	23
"	АМ-50	50	"	24
"	АМ-55	55	"	25
"	АМ-60	60	"	26
"	АМ-65	65	"	27
"	АМ-70	70	"	28
"	АМ-75	75	"	29

АГХЛБ
ООО «ЭОТ-М»

ТИПОВЫЕ МОЛНИЕОТВОДЫ ЛО ИНСТИТУТА
ТЕПЛОЭЛЕКТРОПРОЕКТ

Тип молниеотводов	Высота, м	№ типового проекта
<u>Молниеотводы с площадками для прожекторов</u>		
Молниеотвод с одной площадкой для прожекторов ПЗ-45	25	
То же, для прожекторов ПЗ-35	20	
Молниеотвод с двумя площадками для прожекторов ПЗ-35, ПЗ-45	25	см. заглавный лист 48446-С
<u>Молниеотводы без площадок для прожекторов</u>		
Молниеотвод	20	
- " -	25	
- " -	20	
- " -	16,5	

АРХИВ
ООО «ЭЭП»

НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗОН ЗАЩИТЫ ОДИНОЧНЫХ,
ДВОЙНЫХ И МНОГОКРАТНЫХ ТИПОВЫХ МОЛНИЕОТВОДОВ
ИНСТИТУТА ЭНЕРГОСЕТЫПРОЕКТ

Использование номограмм для расчета зон защиты типовых молниеотводов полностью исключает необходимость вычислений по формулам и значительно ускоряет процесс проектирования грозозащиты подстанций от прямых ударов молнии.

Приведенная на листе 9 номограмма дает возможность определить радиус защиты r_x на любой заданной высоте h_x для всех типовых одиночных молниеотводов. Номограмма может быть использована и при других значениях высот молниеотводов при применении метода интерполяции.

Приведенные на листах І0+І7 номограммы дают возможность без проведения каких-либо расчетов определить ширину зоны защиты b_x для двойных типовых молниеотводов и для всех реальных высот ошиновки оборудования типовых ОРУ 35 - 500кВ. Для пользования номограммами предварительно надо найти лист, соответствующий требуемой высоте зоны защиты.

Горизонтальная прямая, соответствующая расстоянию между молниеотводами a , проводится до пересечения с кривой соответствующей высоте применяемых молниеотводов h . Абсцисса точки пересечения дает значение половины ширины зоны грозозащиты $\frac{b_x}{2}$ на высоте h_x .

Построение внутренней зоны защиты двух типовых молниеотводов разной высоты производится с использованием данных приведенных на листе І8. Представленная на этом чертеже таблица, дает возможность без выполнения каких-либо вычислений определить расстояние между молниеотводом меньшей высоты и фиктивным молниеотводом той же высоты. Ширина зоны защиты на высоте h_x определяется аналогично двум молниеотводам одинаковой высоты по листам І0+І7.

А.И.И.
ООО «ЭСР-1»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИМПУЛЬСНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ МОЛНИЕОТВОДОВ

Определение величины импульсного сопротивления заземлителей следует производить по формуле:

$$R_{и} = R_{\sim} \cdot \alpha$$

где: α - импульсный коэффициент заземлителя
 R_{\sim} - сопротивление заземлителя молниеотвода при прохождении ^{тока} частоты 50 ц.

При отсутствии уточненных данных по импульсным коэффициентам заземлителей, допускается использование таблицы I для определения импульсных сопротивлений заземлителей молниеотводов.

Таблица I

ПЕРЕСЧЕТ ИМПУЛЬСНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ОБОСОБЛЕННЫХ
ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ МОЛНИЕОТВОДОВ НА СОПРОТИВЛЕНИЯ
РАСТЕКАНИЮ ТОКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

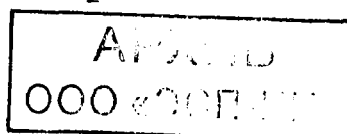
(л.2)

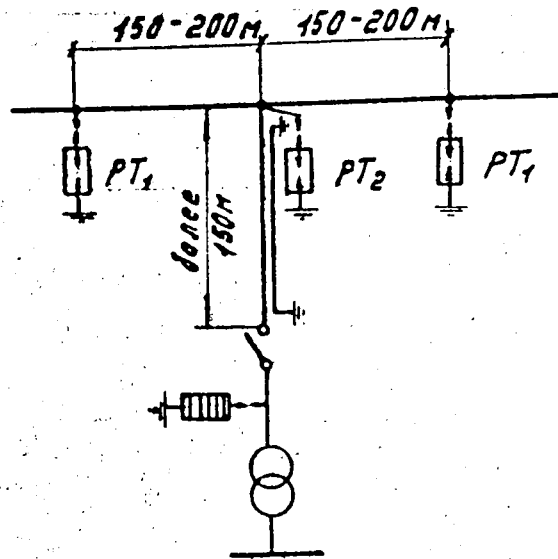
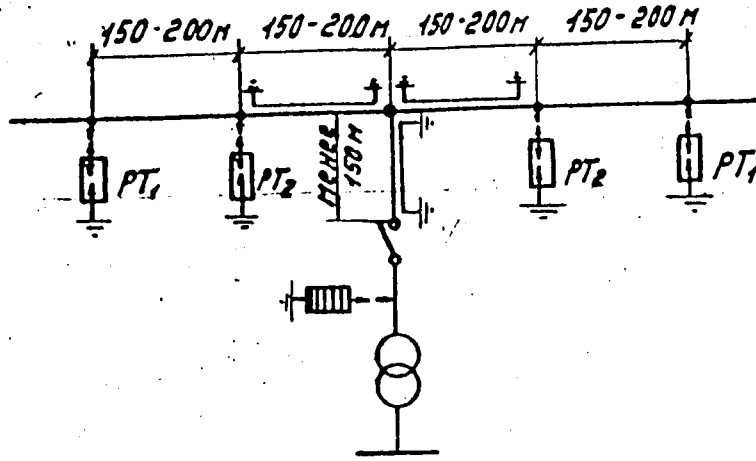
Величины импульсных сопротивлений заземлителей ($R_{и}$) в Ом	Величины сопротивлений растеканию тока промышленной частоты (R_{\sim}) в Ом в зависимости от эквивалентного удельного сопротивления грунта в Ом.м			
	до 100	500	1000	более 1000
5	5	7,5	10	15
10	10	15	20	30
20	20	30	40	60
30	30	45	60	90
40	40	60	80	120
50	50	75	100	150

АРХИВ
ООО «ЭСБ»

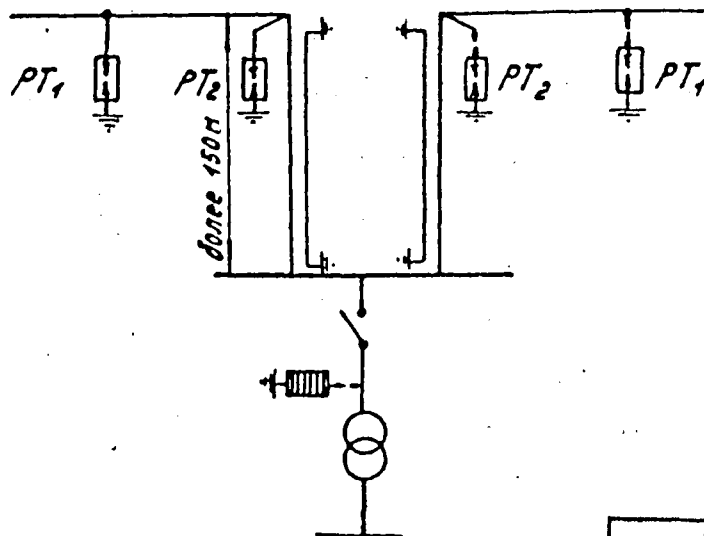
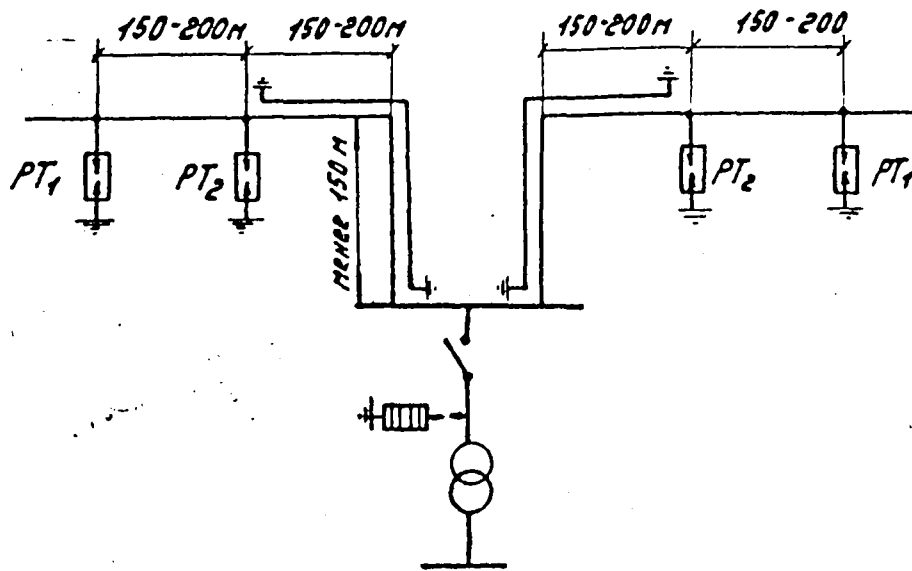
Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Правила устройства электроустановок, 1966г.
2. СН 305-77. Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений.
3. Решение НТС МЭиЭ № 118 от 25 сентября 1975г.
Перечень зданий и помещений энергетических предприятий и объектов стройиндустрии Минэнерго СССР с указанием категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности.
4. Унифицированные прожекторные мачты и отдельностоящие молниеотводы, 1974г., 7093тм, СЗО ЭСП.
5. Решение НТС МЭиЭ № 25 от 5 марта 1973 г.
6. В.З.Анненков "Расчет импульсного сопротивления противовесов". Электричество, 1970, № 2.
7. Е.Я.Рябкова и В.З. Анненков. Исследование противовесов в плохопроводящих грунтах". Электричество, 1971, № 6.
8. Руководящие указания по проектированию, сооружению и эксплуатационному контролю заземляющих устройств подстанций напряжением 3-500 кВ (проект) Б.О., ЭСП, 1977г
9. Методические указания по расчету термической устойчивости грозозащитных тросов воздушных линий электропередачи 5290тм-тI.
10. Заземляющие устройства опор ВЛ 35-750 кВ.
Типовой проект 3602тм-тI, 2.
11. Правила устройства электроустановок, раздел IV. Атомиздат, 1978г.
12. Правила устройства электроустановок, раздел П.
Атомиздат, 1978.
13. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, 1977г.

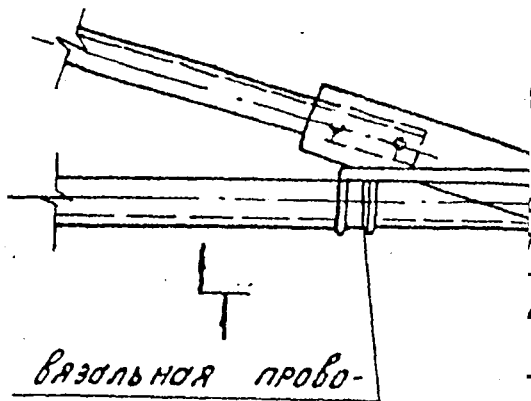




АВТОМ
ООО «ЭРЭЛ»



АРХИВ
ООО «ЭСР-НН»



Вязальная проволока ϕ 2-3 мм

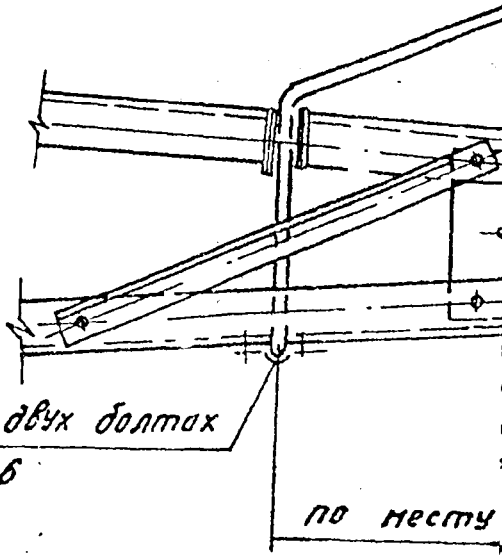
ВЕДУЩАЯ:

а координирующего защитного промежутка должна составлять:

Напряжение ВЛ, кВ	Величина координирующего промежутка, мм
35	250
110	650
150	930
220	1500
330	1850
500	3000

в соответствии с этим выбирается величина "а"

1-1



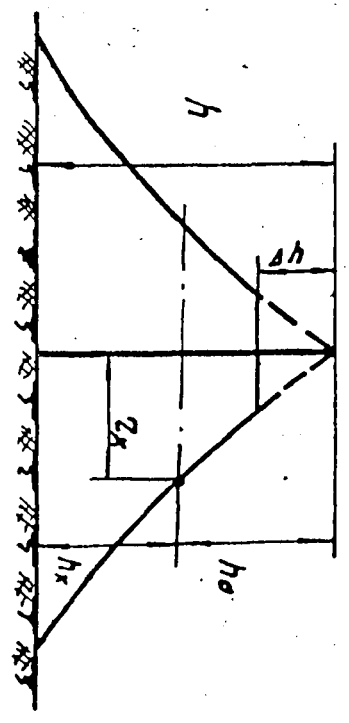
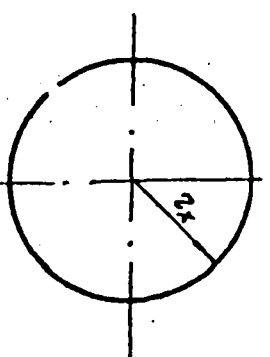
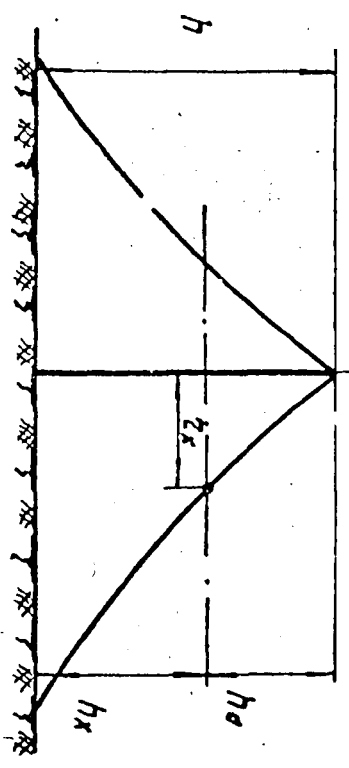
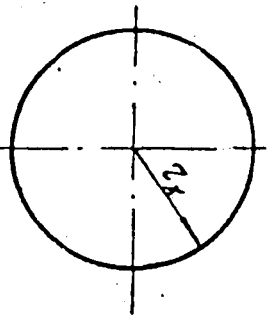
в стоящем эскизе показана установка хвоста защитного промежутка на траверсах промежуточных унифицированных опор. На траверсах других типов стержень устанавливается аналогично.

Для предохранения от пережога провод против защитного стержня должен быть обмотан алюминиевой проволокой на протяжении 25 см в обе стороны.

На унифицированных траверсах стержень защитного промежутка закрепляется алюминиевой проволокой, как показано на эскизе. На нецинкованных траверсах стержень по месту может быть приварен к поясам опор.

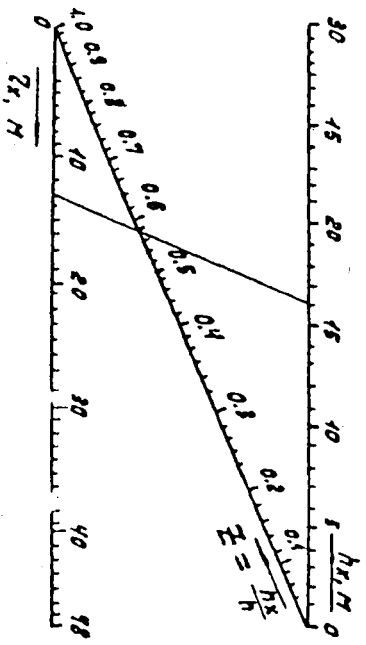
Хомут на двух болтах
И-6

АРХИВ
ООО «ЭСОГ-М»



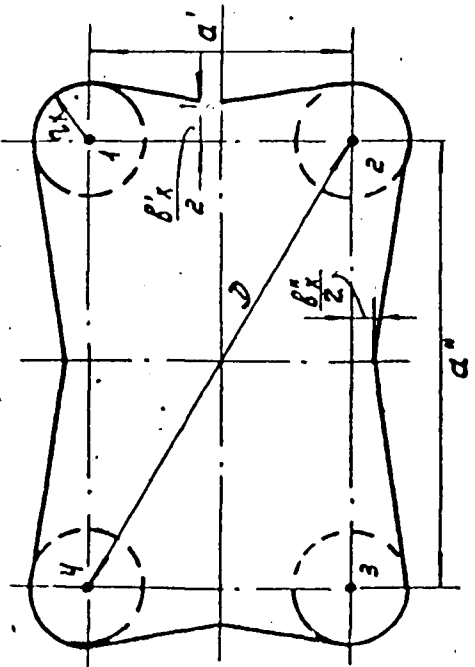
Зона защиты одиночного стержневого мачтового высотой до 60м
 h - высота мачтеговода; h₀ - высота точки на границе защищаемой
 зоны h₀ = h - h_x - активная высота мачтеговода; r_x - радиус защиты.

Зона защиты одиночного стержневого мачтеговода
 высотой более 60м.
 Δh = 0.5(h - 60) при 60 < h ≤ 100м; Δh = 0.2 · h при 100 < h ≤ 250м

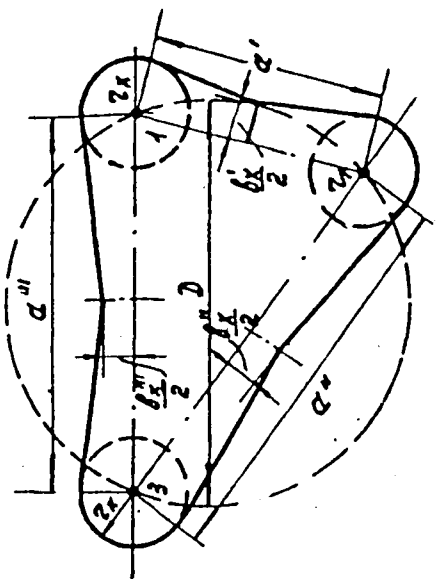


АРХИВ
 ООО «ЭСЛ-НН»

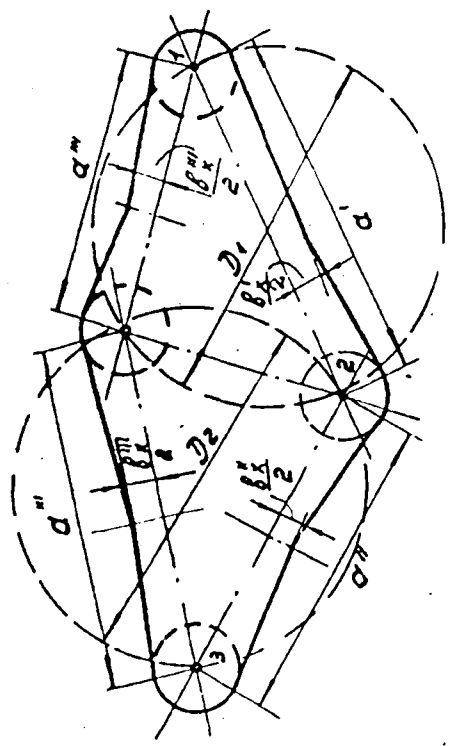
Номаграмма для расчета зоны защиты одиночного стержневого мачтеговода высотой h до 30м
 Пример: Дано h_x = 16м, r_x = 13м. Соединяя прямой линией точки на шкалах h_x и r_x получаем Z = h_x/h = 0.56;
 h = h_x/Z = 28.6м.



Зона защиты четырех стержневых молниеотводов одинаковой высоты; горизонтальное сечение зоны защиты на урбне h_x 1, 2, 3, 4 - молниеотводы.



Зона защиты трех стержневых молниеотводов одинаковой высоты; горизонтальное сечение зоны защиты на урбне h_x 1, 2, 3 - молниеотводы.



Зона защиты четырех стержневых произвольно расположенных молниеотводов одинаковой высоты; горизонтальное сечение зоны защиты на урбне h_x .

АРХИВ
ООО «ЭСП-НН»

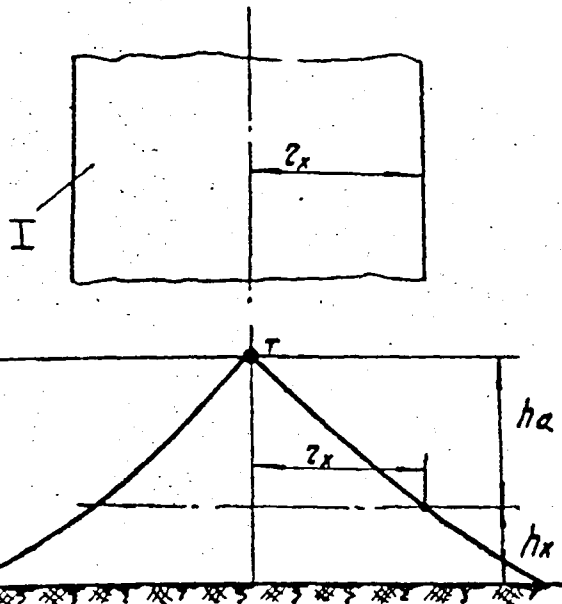
ЭСП

для защиты одиночного тросового молниеотвода

тросового

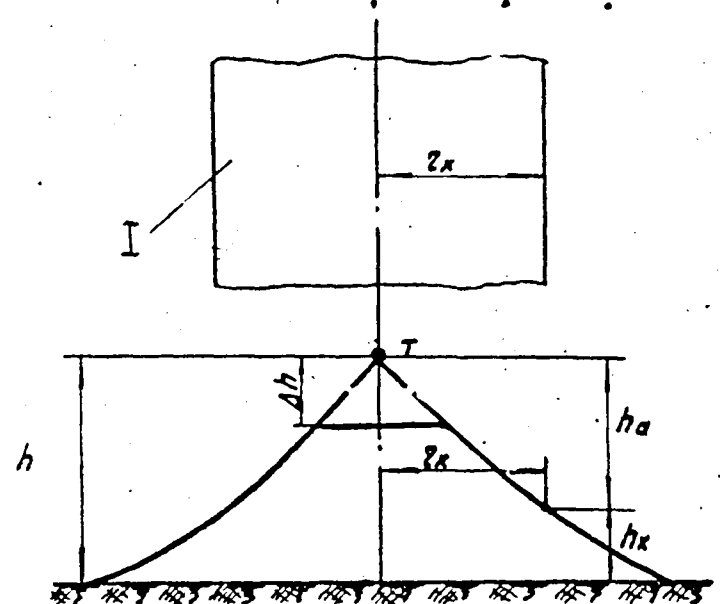
М.В.С.П.Ч.Т.М.Т.

Лист 7/19



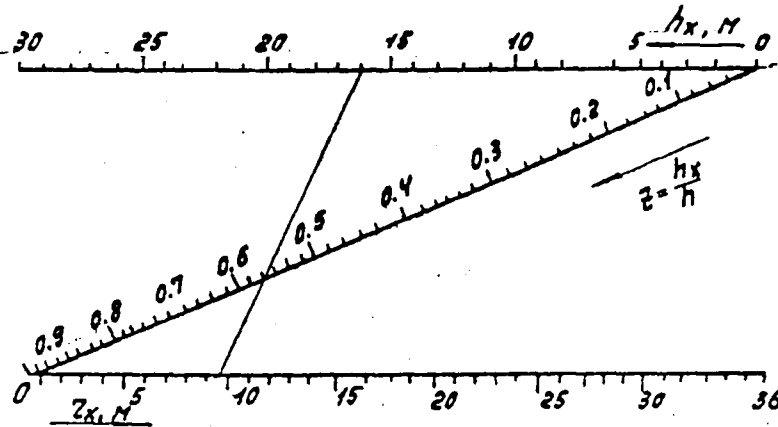
Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой до 30 м

T - горизонтальное сечение зоны защиты на уровне h_x .
T - трос



Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой более 30 м

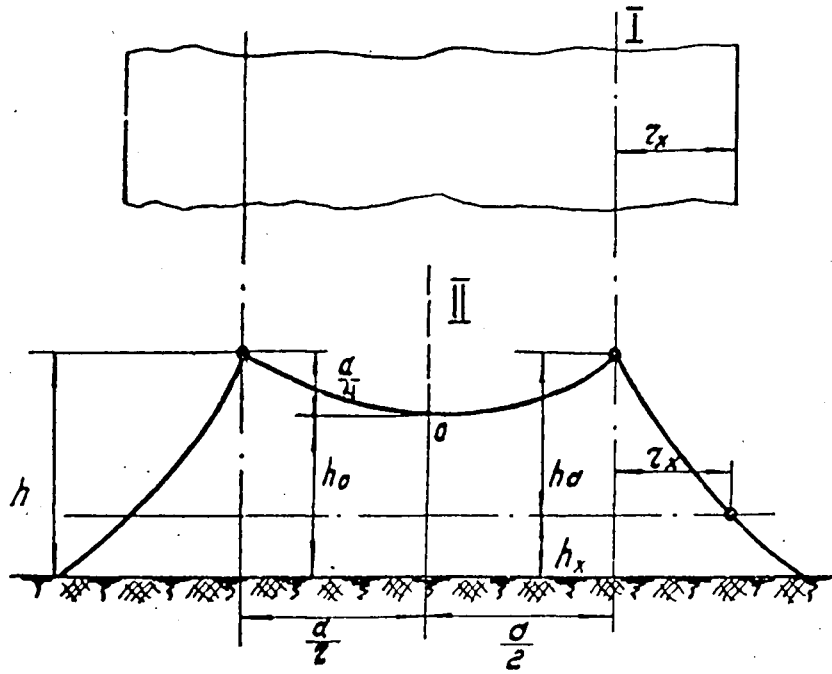
I - горизонтальное сечение зоны защиты на уровне h_x .
T - трос



Номаграмма для расчета зоны защиты одиночного тросового молниеотвода высотой h до 30 м

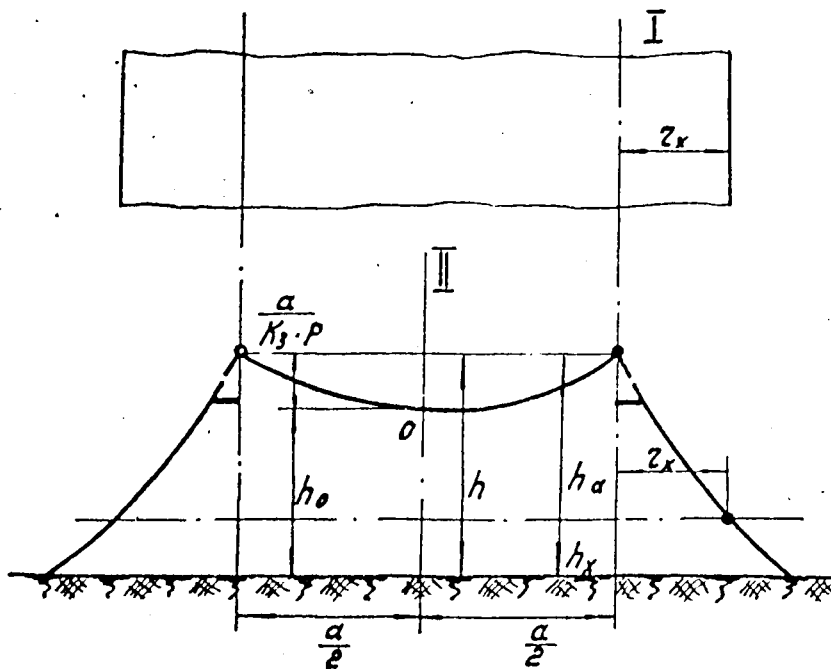
Пример: Дано $h_x = 16$ м, $z_x = 9.75$ м. Соединяя прямой линией точки на шкалах h_x и z_x получаем $z = h_x/h = 0.56$; $h = h_x/z = 28.6$ м

ООО «ЭСПЛ»



Зона защиты двух тросовых молниеотводов высотой до 30 м

I - горизонтальное сечение на уровне h_x ;
 II - вертикальное сечение зоны защиты.



Зона защиты двух тросовых молниеотводов высотой более 30 м.

АФХИД
 ООО «ЭСП»

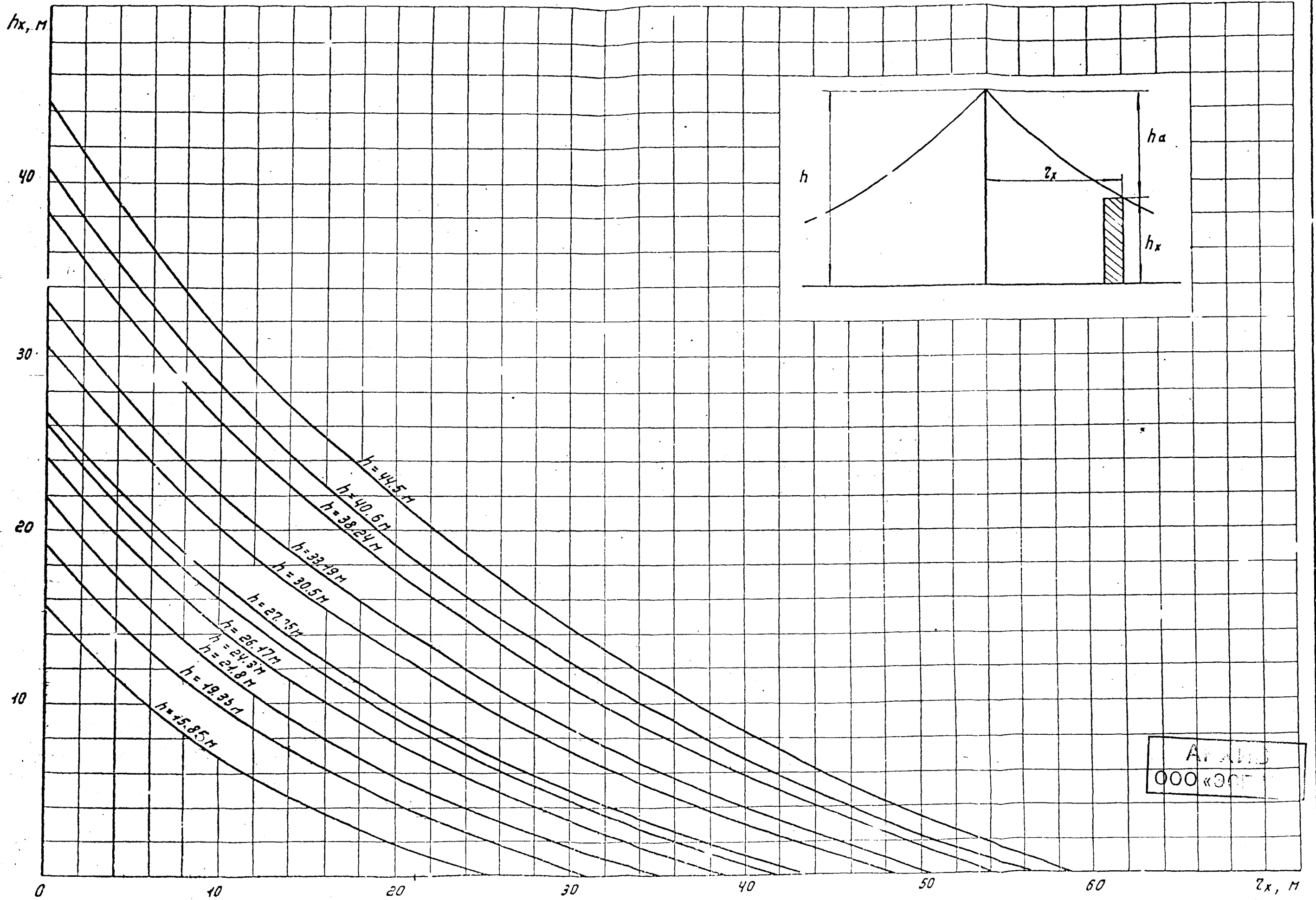
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
150-220 (основной уровень изоляции трансфор- маторов по ГОСТ 1516-73 или по ГОСТ 1516.1-76	Портальные опоры	2,0	-	-	20	65	-	-	60	100	-	-	90	110	90	160	100	210	150	220	200	280
		2,5	-	-	35	75	-	-	70	140	-	-	100	150	110	180	120	250	170	280	250	350
		3,0	-	-	80	100	-	-	90	170	-	-	120	180	120	200	160	280	190	310	270	400
	Одностоечные опоры (метал- лические и же- лезобетонные)	2,0	-	-	10	35	-	-	35	60	-	-	45	65	60	90	75	130	90	120	100	150
		2,5	-	-	15	70	-	-	65	90	-	-	80	90	80	120	100	180	120	160	140	220
		3,0	-	-	40	90	-	-	85	110	-	-	100	120	100	160	140	230	150	200	180	300
150-220 (повышен- ный уро- вень изо- ляции транс- формато- ров по ГОСТ 1516-73)	Портальные опоры	2,0	30	70	60	80	50	90	70	130	90	120	110	140	90	160	100	210	150	220	200	280
		2,5	40	90	80	100	70	120	90	170	110	160	130	190	110	180	120	250	170	280	250	350
		3,0	50	110	90	120	90	150	120	200	120	200	150	220	120	200	160	280	190	310	270	400
	Одностоечные опоры (метал- лические и железобетон- ные)	2,0	20	50	40	60	30	50	50	80	50	70	65	80	60	90	75	130	90	120	100	150
		2,5	30	70	60	80	45	80	80	110	70	100	95	110	80	120	100	180	120	160	140	220
		3,0	40	90	85	110	60	100	100	130	85	130	120	140	100	160	140	230	150	200	180	300

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Расстояние от вентиляных разрядников до оборудования кроме силовых трансформаторов не ограничивается при числе отходящих от шин ОРУ параллельно работающих ВЛ:

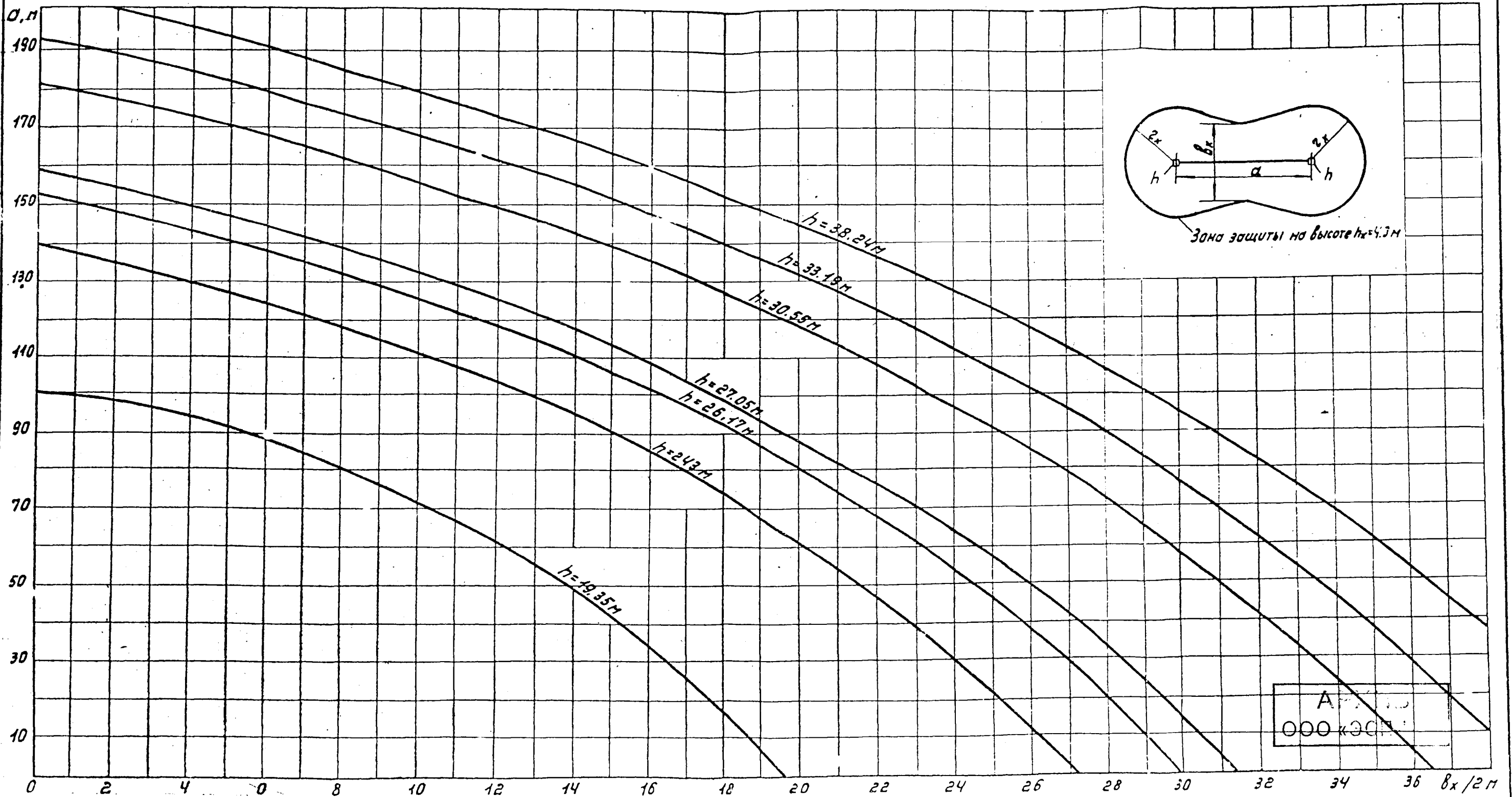
110 кВ - 7 и более
150 кВ - 6 и более
220 кВ - 4 и более.

2. Допустимые расстояния определяются до ближайшего вентиляного разрядника.
3. При использовании разрядников первой группы вместо разрядников второй группы по ГОСТ 16357-70 допустимые расстояния до силовых трансформаторов 150-220 кВ с основным уровнем изоляции по ГОСТ 1516-73 или по ГОСТ 1516.1-76 могут быть увеличены в 1,5 раза.
4. При присоединении к шинам ОРУ кабельной линии напряжением 35-220 кВ длиной 1,5 км и более допустимые расстояния от вентиляных разрядников, установленных на трансформаторных присоединениях до остального оборудования не ограничиваются.
5. Длина защищенного тросом подхода 0,5 км для подстанций 35 кВ допускается при мощности трансформаторов до 1600 кВА.

АРХИВ
ООС 207-НН



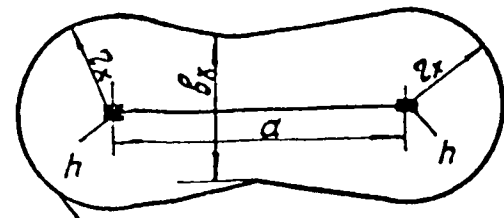
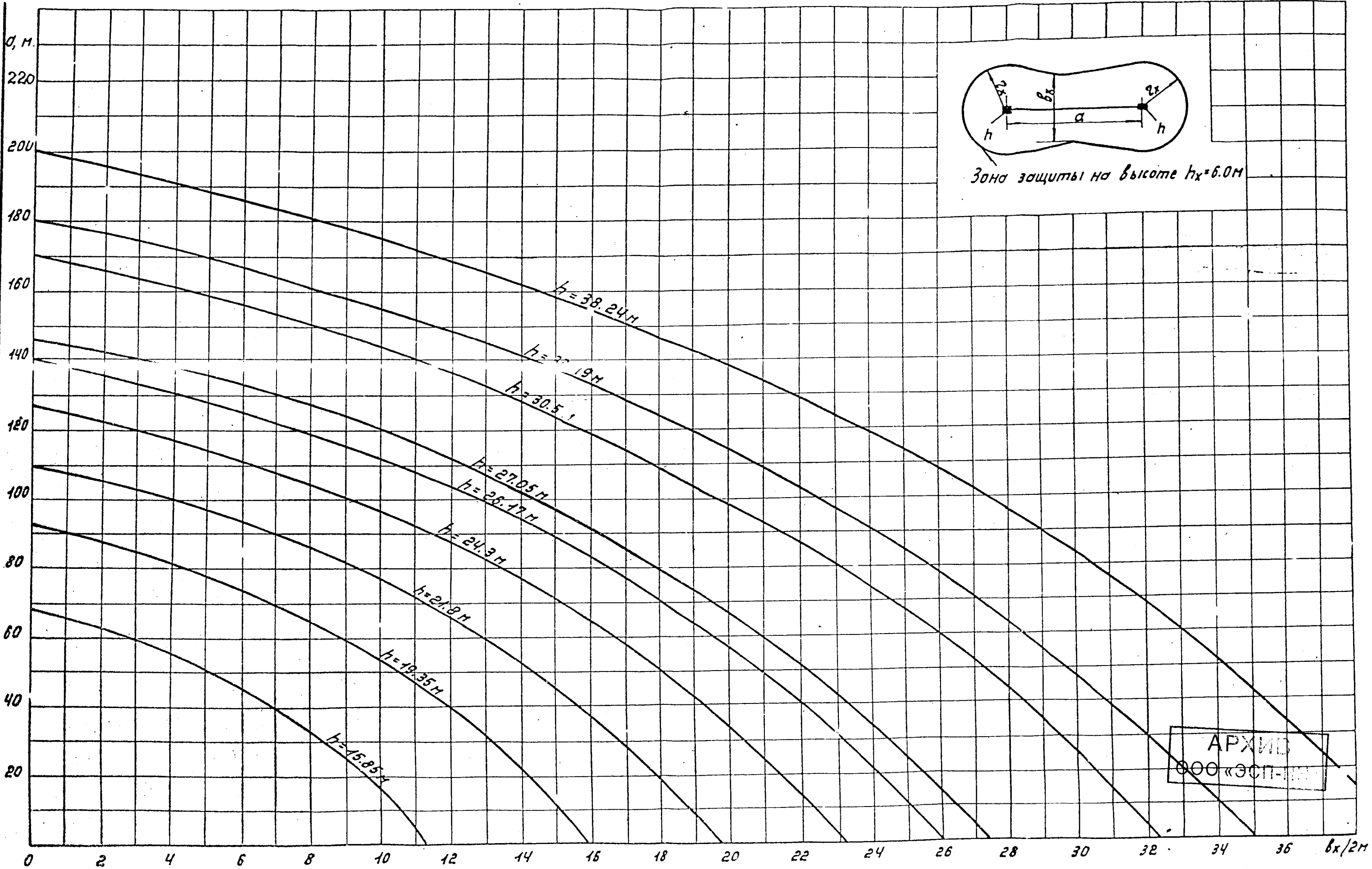
АГАНД
ООО «ЭОГ»



6

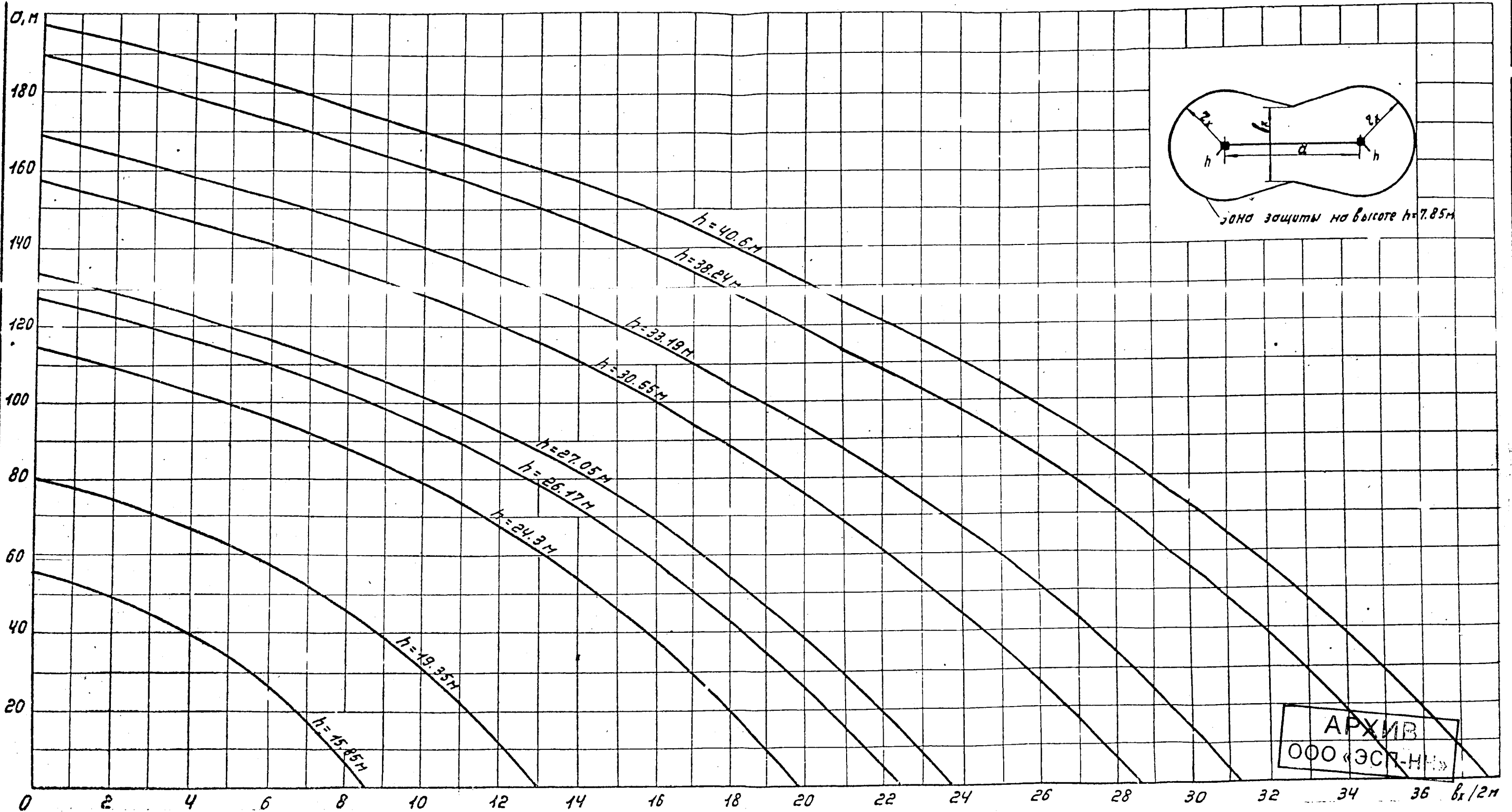
10

График для определения в тире... (partially obscured)



Зона защиты на высоте $h_x = 6.0m$

АРХИВ
ООО «ЭСП-1997»



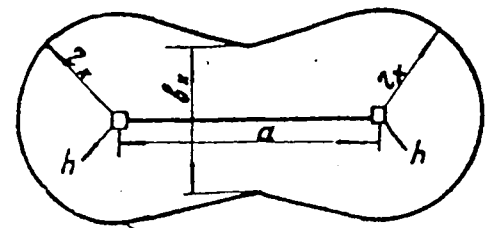
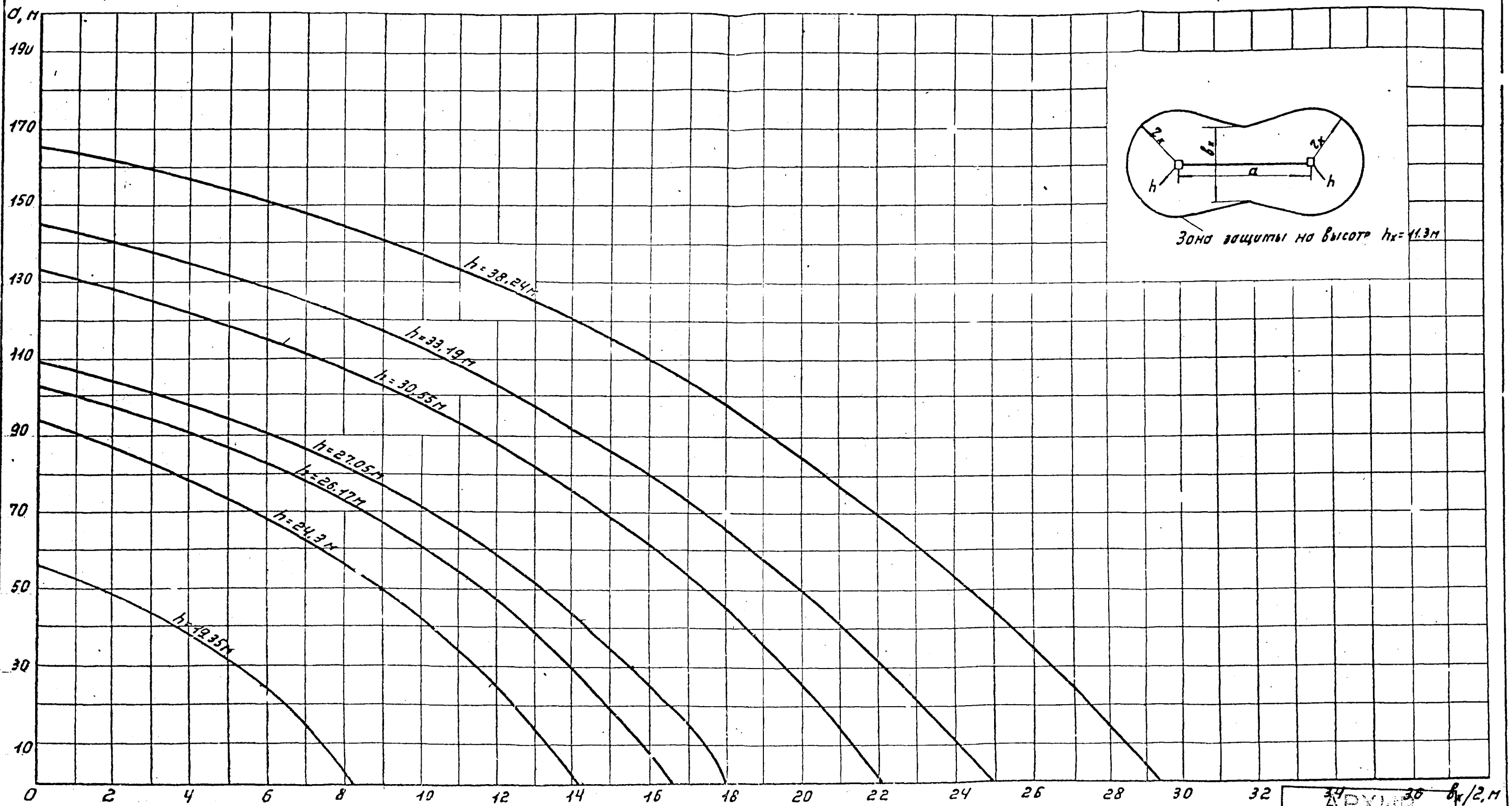
ЭС П

номограмма для определения b_x типовых молниеотводов при $h_r = 7.85m$

№ 9504-Т-1

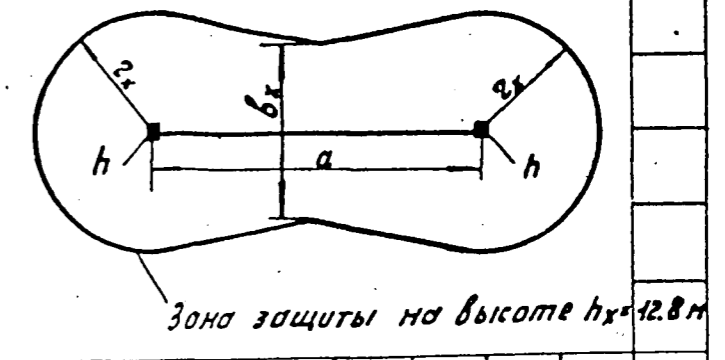
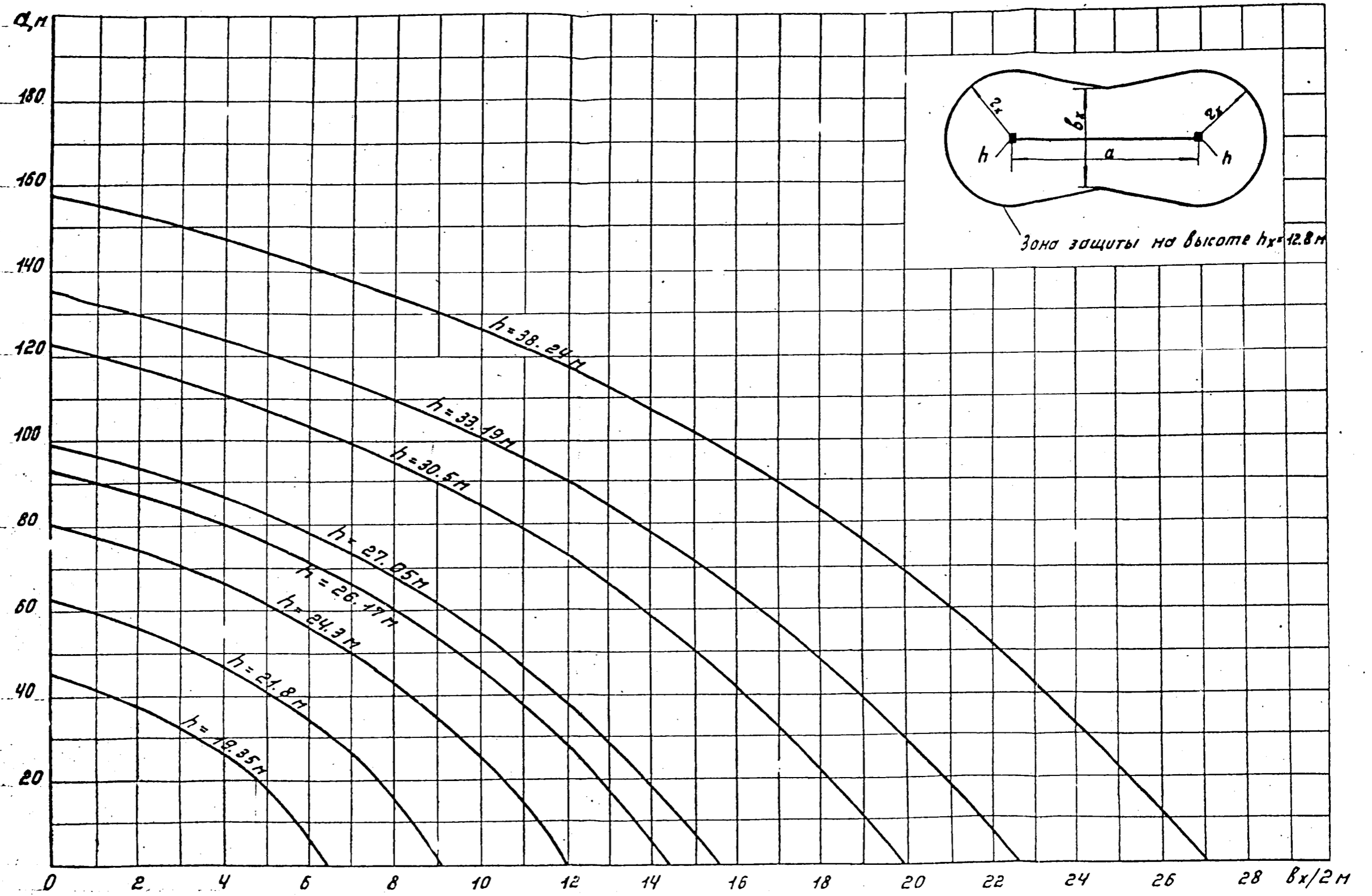
12

лист 22 Т 20



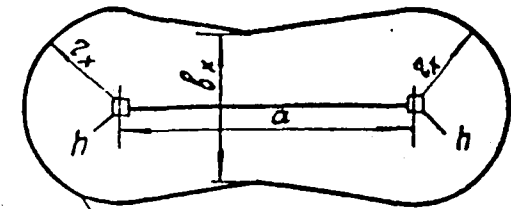
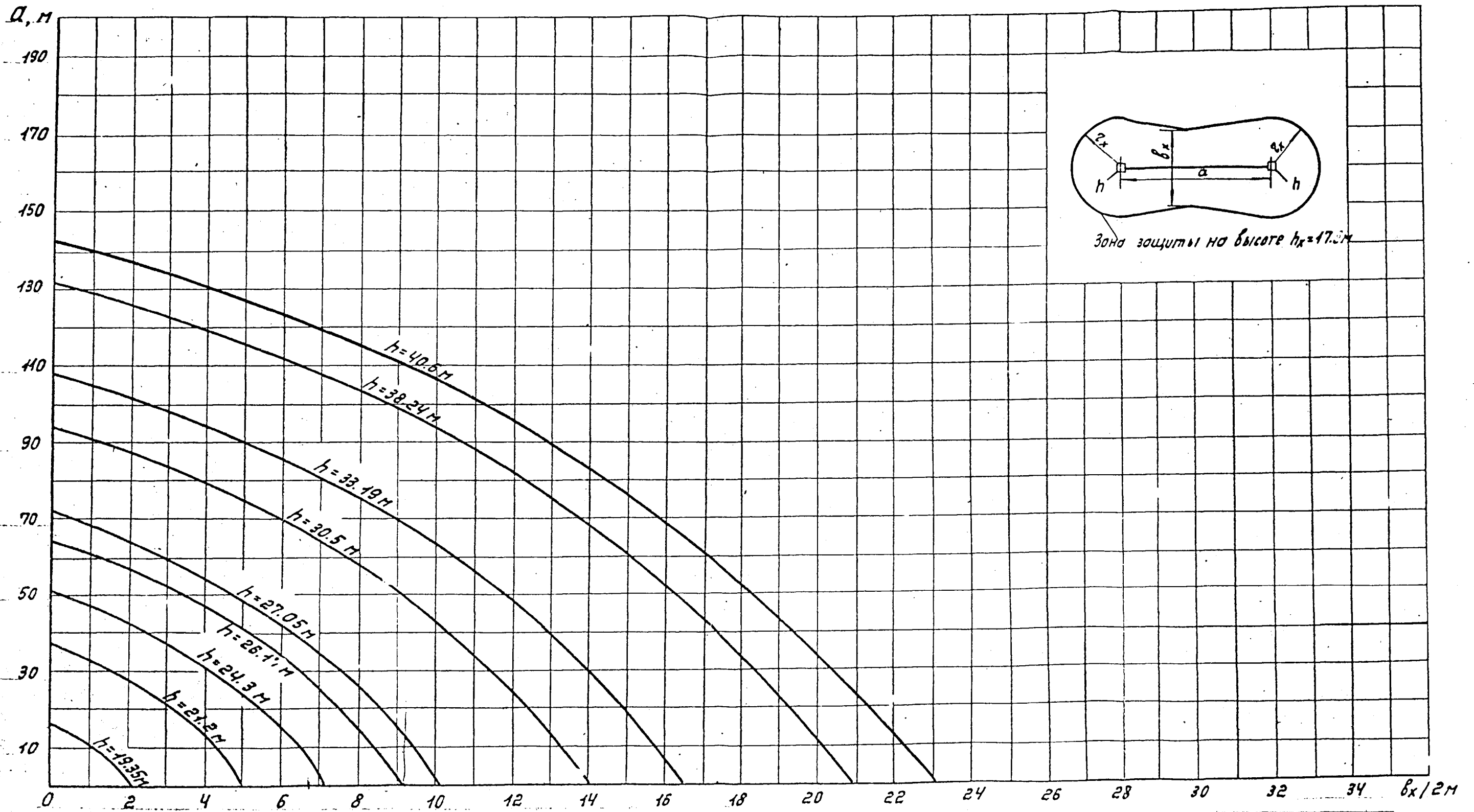
Зона защиты на высоте $h_x = 11.3m$

АРХИВ
ООО «ЭСР-НИ»



АРХИВ
ООО «ЭСР-НН»

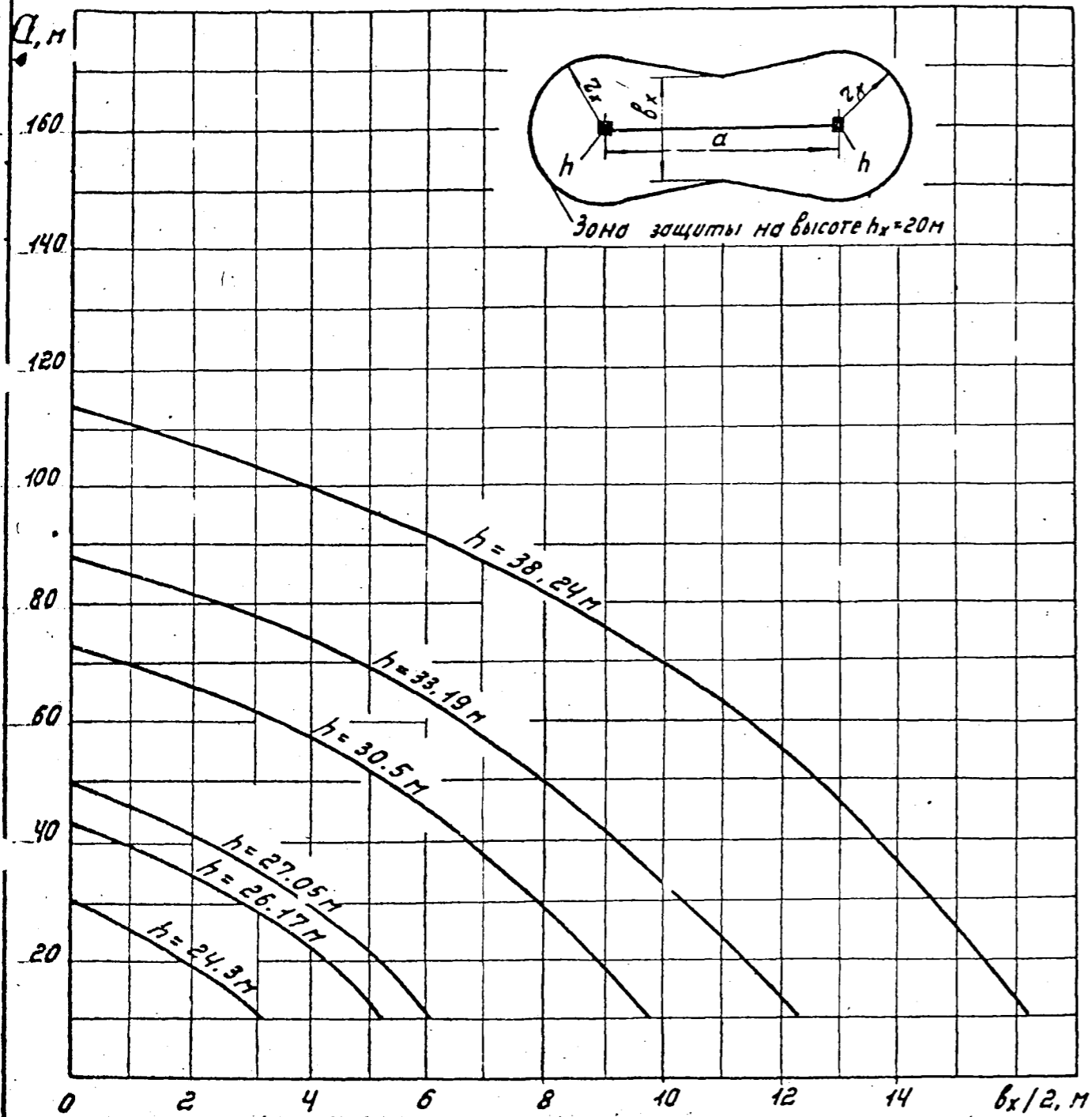
14



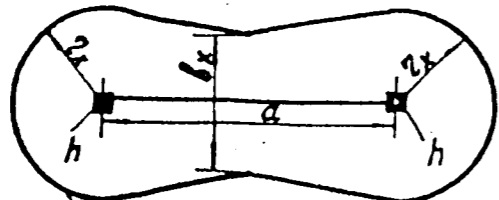
Зона защиты на высоте $h_x=17.0m$

АРХИВ
ООО «ЭСПи»

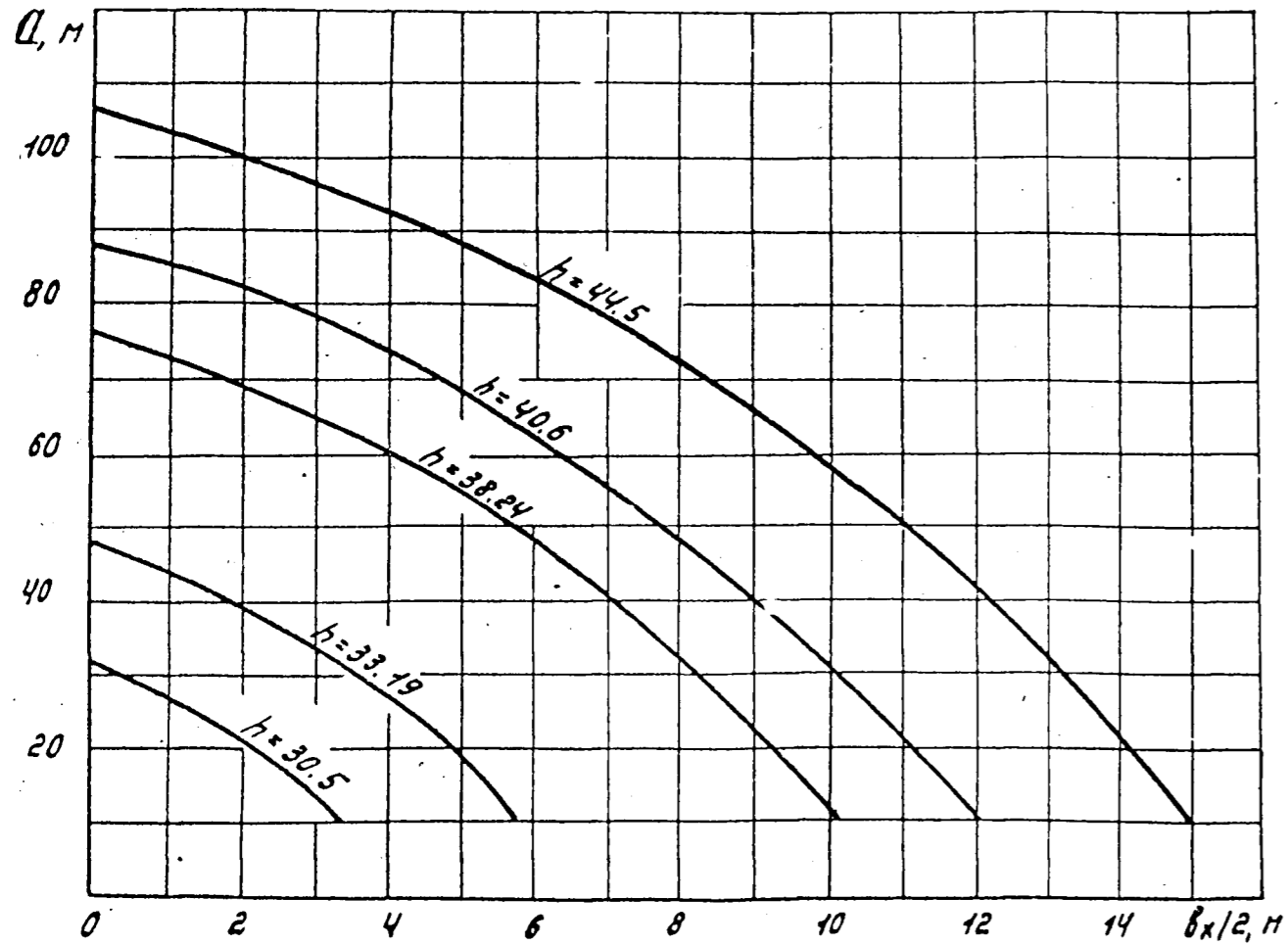
15



АРХИВ
ООО «ЭСР»

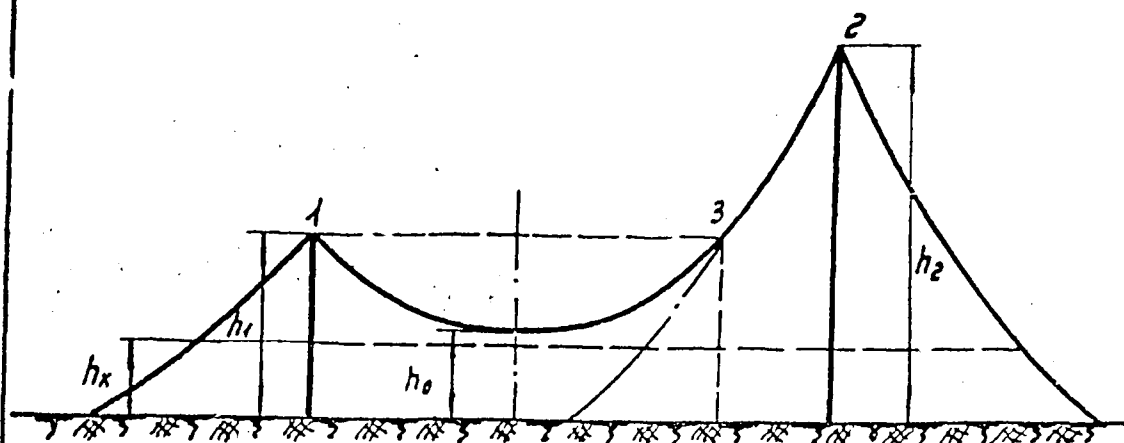


Зона защиты на высоте $h_x = 26\text{ м}$

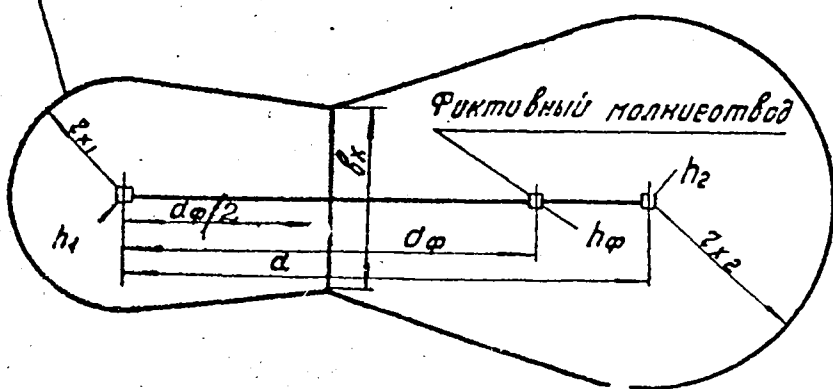


АРХИВ
ООО «ЭСП-НИ»

Расстояние между молниеотводом меньшей высоты и фиктивным молниеотводом a_{ϕ} , м.



Зона защиты молниеотвода на высоте h_k



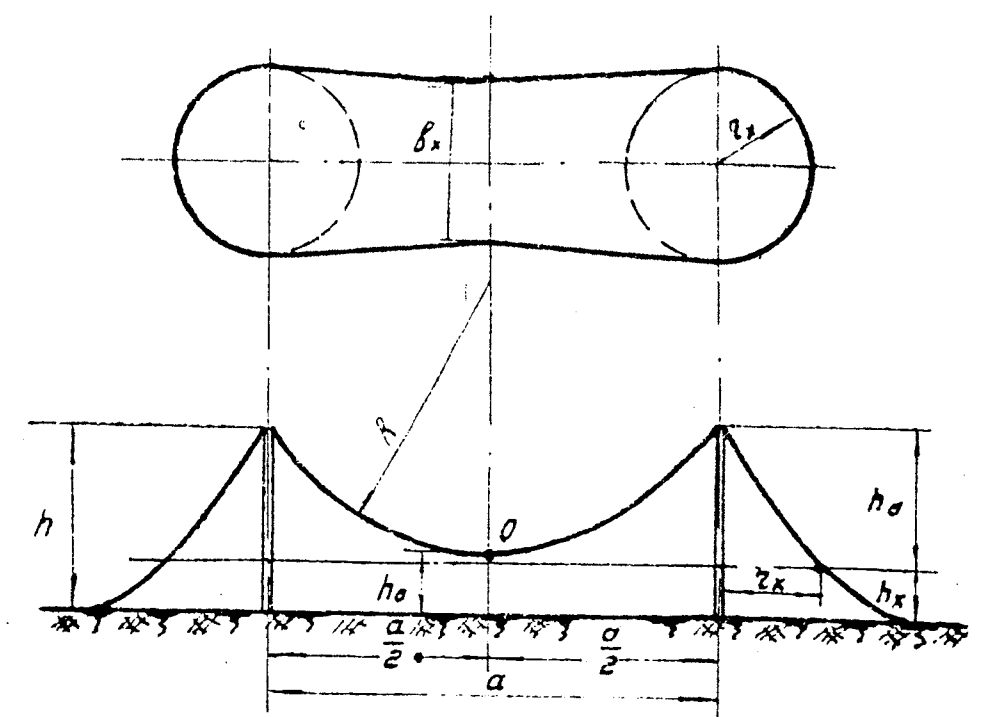
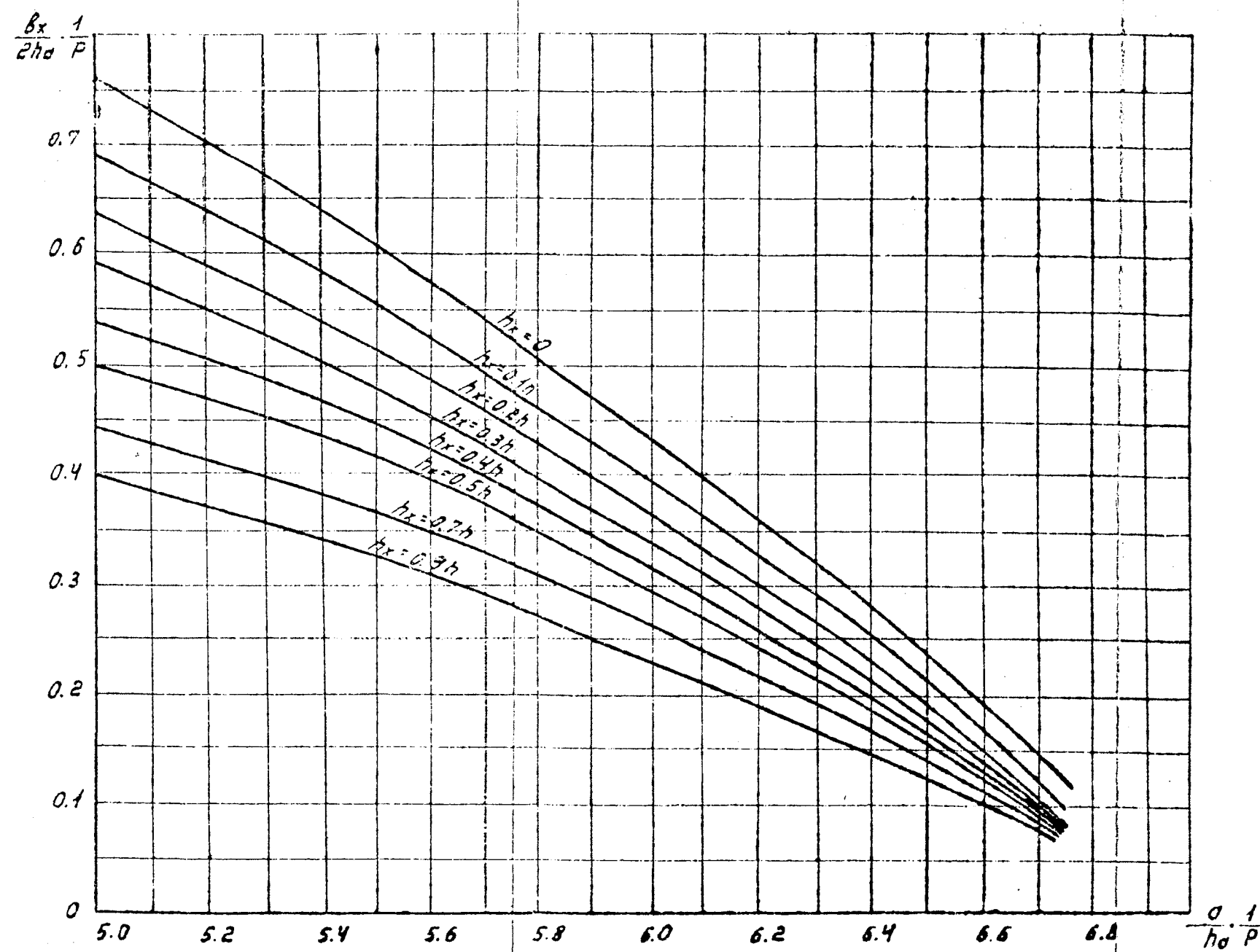
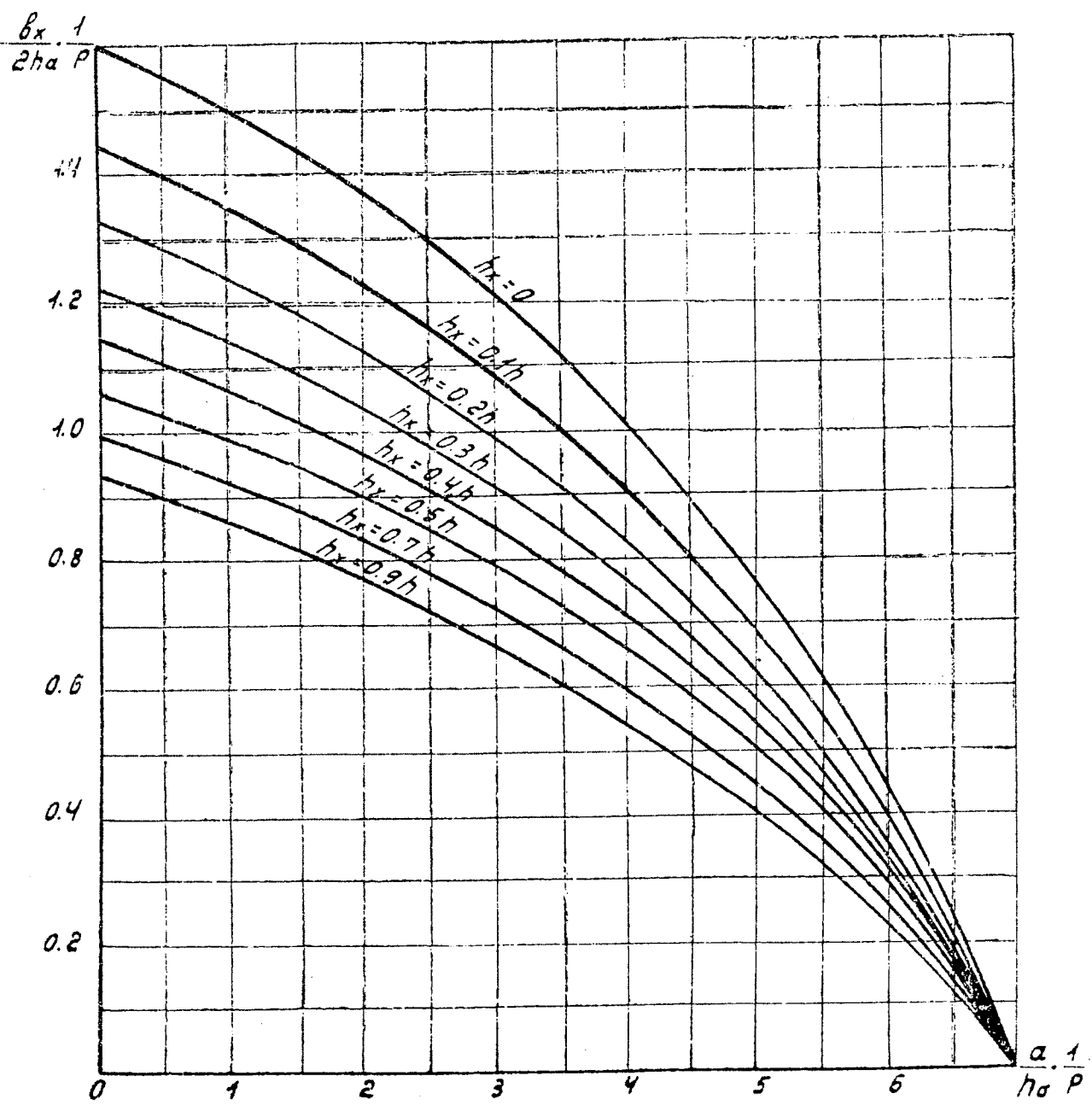
Условные обозначения:

- — Молниеотвод;
- h — Высота молниеотвода;
- r_k — Радиус защиты молниеотвода на высоте h_k ;
- a — Расстояние между молниеотводами;
- a_{ϕ} — Расстояние между молниеотводом меньшей высоты и фиктивным молниеотводом.

Высота молниеотвода меньшей высоты h_1 , м	Высота молниеотвода большей высоты h_2 , м									
	19,35	21,8	24,3	26,17	27,05	30,55	33,19	38,24	40,6	...
15,85	$a-3,1$	$a-5,5$	$a-8,2$	$a-10,3$	$a-11,3$	$a-15,5$	$a-18,8$	$a-25,3$	$a-28,5$	$a-33,8$
19,35	—	$a-2,1$	$a-4,6$	$a-6,4$	$a-7,3$	$a-10,9$	$a-13,4$	$a-17,9$	$a-19,9$	$a-23,1$
21,8	—	—	$a-2,1$	$a-3,8$	$a-4,7$	$a-8,1$	$a-10,5$	$a-14,9$	$a-16,9$	$a-20,1$
24,3	—	—	—	$a-1,6$	$a-2,4$	$a-5,5$	$a-7,8$	$a-12,1$	$a-14,1$	$a-17,2$
26,17	—	—	—	—	$a-0,8$	$a-3,8$	$a-6$	$a-10,2$	$a-12,5$	$a-15,6$
27,05	—	—	—	—	—	$a-3,0$	$a-5,2$	$a-9,3$	$a-11,2$	$a-14,3$
30,55	—	—	—	—	—	—	$a-2,1$	$a-6,1$	$a-7,9$	$a-10,9$
33,19	—	—	—	—	—	—	—	$a-3,9$	$a-5,6$	$a-8,5$
38,24	—	—	—	—	—	—	—	—	$a-1,7$	$a-4,4$
40,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$a-2,7$

Таблица составлена для типовых молниеотводов института «Энергосетьпроект»

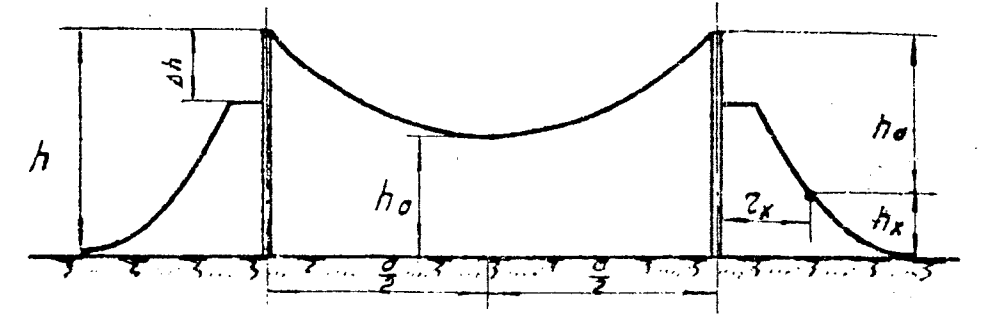
АРХИВ
ООО «ЭСР-НН»



Зона защиты двух равновысоких стержневых молниеотводов высотой до 60 м.

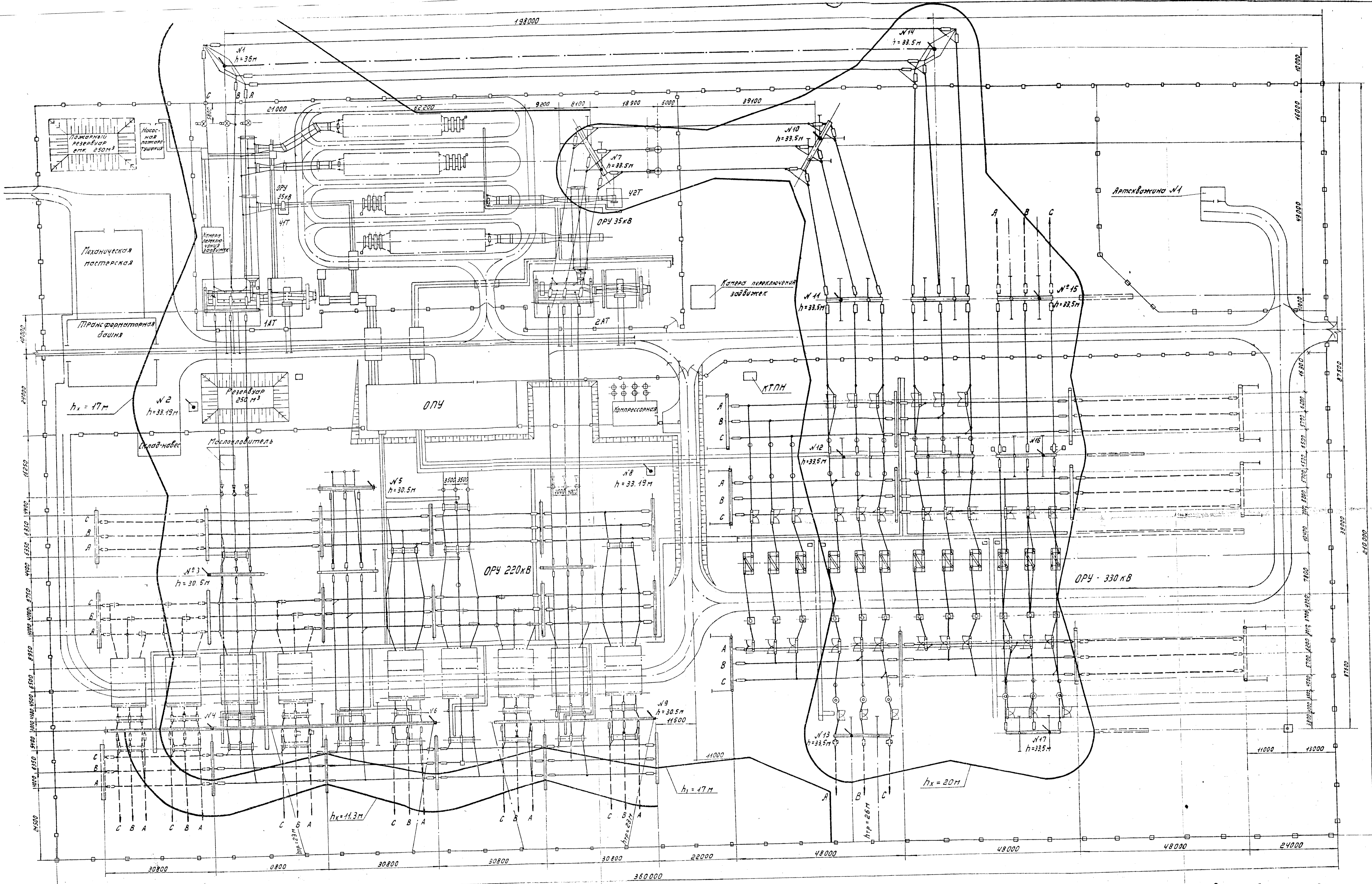
a - расстояние между молниеотводами; b_x - наименьшая ширина зоны защиты на уровне h_x ; r_x - радиус зоны защиты одиночного молниеотвода; R - радиус окружности, проходящей через вершины молниеотводов и точку O , находящуюся на уровне h_0 .

АРХИВ
ООО «ЭСП-1»



Зона защиты двух стержневых молниеотводов высотой более 60 м.

$\Delta h = 0.5(h - 60)$ при $60 < h < 100$ м, $\Delta h = 0.2h$ при $100 < h < 250$ м.



Номера ячеек	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Марка полтавской единицы	10 ВЛ	9 ВЛ	4 ВТ	7 ВЛ	Шинное устройство на СХВ	5 ВЛ	4 ВЛ	3 ВЛ	2 ВТ	1 ВЛ
Наименование присоединения	Резерв	Резерв	Автотрансформатор 1 АТ	Резерв	Шинное устройство на СХВ	на СХВ	Обходной выключатель в Ш.В.Т.С.Ш.	ВЛ на Петрозаводск №40 ТЗ4	Автотрансформатор 2 АТ	ВЛ на Петрозаводскую ТЗ4

1	2	3	4
Выключатель 1 ФК	Автотрансформатор ВЛ на СХВ	Автотрансформатор 1 АТ	ВЛ на Оидскую ПСТ

Условные обозначения:

- Молниезащита на проекторной панели
- Молниезащита на портале ОРУ
- Зона защиты на высоте h_x

АРХИВ
ООО «ЭСП-ИИ»

Примечание: Пунктирными линиями показано перспективное развитие ОРУ.

ЭСП Пример выполнения зон защиты молниезащиты открытой подстанции 330/220/35 кВ 19504 м-т 14/19