МИНИCТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

**В.Н. Черкасов, В.И. Зыков, А.Н. Петренко, В.Е. Мереняшев**

**ЛЕКЦИЯ № 14**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Пожарная безопасность электроустановок»**

Специальность 20.05.01 «Пожарная безопасность»

Ростов-на-Дону

2022

## Учебные вопросы

1. **Молния и ее характеристика.**
2. **Пожаро – и взрывоопасность воздействия молнии.**
3. **Классификация зданий и сооружений по устройству молниезащиты.**

**УЧЕБНЫЙ ВОПРОС №1. Молния и ее характеристика**

**Молния** представляет собой электрический разряд в атмосфере между заряженным облаком и землей, между разноименно заряженными частями облака или соседними облаками. **Длина ее канала** обычно достигает нескольких километров, причем значительная его часть находится в грозовом облаке.

До появления разряда происходит накопление и разделение электрических зарядов в облаке, чему способствуют аэродинамические и термические процессы: восходящие воздушные потоки, конденсация паров на высоте от 1 до 6 км, образование капель, их дробление. Вертикальные потоки теплого воздуха могут создаваться при усиленном местном нагреве почвы (*тепловые грозы*, охватывающие небольшое пространство) и во время вторжения клиновидной массы холодного воздуха (*фронтальные грозы*)

*Е*об

*Е*г

+ + + + + + + + + + + + + + + + + + + + + +

— — — — — — — — — — + + + + + + + + + + — — — — — — — — — —

σ- σ + σ-

80-100 км

*Е*н

6 км

1 км

*1*

*2*

*4*

*3*

Рис. 8.1. Образование зарядов в облаке:

*1* – ионосфера; *2* – поляризованная капля; *3* – поток воздуха; *4* - облако

Нормально земля заряжена отрицательно с поверхностной плотностью δ - при существовании электрического поля земли с напряженностью *Е*н. Второй «обкладкой» этого сферического конденсатора является положительно заряженная ионосфера, расположенная очень высоко (рис. 8.1). Под действием *Е*н падающая капля поляризуется, в нижней ее части появляется положительный заряд, в верхней – отрицательный. Движущиеся в восходящем потоке воздуха электроны притягиваются нижней частью капли, а более положительные инерционные ионы воздуха отталкиваются и уносятся далее, сосредоточиваясь вверху. В результате этого капли получают суммарный отрицательный заряд и наполняют нижнюю часть облака со значительной объемной плотностью, где может находиться иногда и небольшой объемный положительный заряд. Внутри облака образуется электрическое поле с напряженностью *Е*об между распределенными разнополярными зарядами. Нижняя часть индуцирует на поверхности земли положительный заряд с плотностью δ+ и появляется местное грозовое электрическое поле с напряженностью *Е*г, достигающей иногда 100-200 кВ/м.

**Разряд облака на землю (рис. 8.2) имеет вид** линейной молнии и начинается в большинстве случаев при высокой концентрации в нем зарядов и напряженности *Е*г=20-30 кВ/см у его выступающих частей. Этому благоприятствует меньшая плотность воздуха вокруг облака, чем плотность у земли.

Стреловидный лидер

Послесвечение

Главный разряд

2-й главный разряд

Стреловидный лидер

Нисхо-  
дящий   
ступенча-  
тый лидер

Ток лидера  
(десятки-сотни А)  
0,005-0,01 с

Ток послесвечения  
(сотни-тысячи А)  
0,03-0,05 с

50-100 мкс  
Ток главного разряда  
(десятки-сотни кА)

*I*м(*i*м)

*a*

*б*

Отрицательно  
заряженное  
облако

Восходящий  
ступенчатый  
лидер

Главный  
разряд

Последующие компоненты

Первый компонент

*в*

**Наибольшую опасность представляет нисходящая отрицательная молния** между облаком и землей (объектом) в виде *линейной молнии*, с которой связано подавляющее большинство пожаров и повреждений зданий, сооружений, линий электропередач, подстанций.

**Таким образом**, для молниезащиты представляет интерес только линейная, а не шаровая молния как редкое явление. Электрическими характеристиками молнии являются амплитуда тока *I*м (наибольшее значение тока главного разряда первой компоненты), крутизна тока α, длина фронта волны тока τф и длина волны тока τв (рис. 8.3). Они важны при расчете различных воздействий молнии.

α

τф

Ток молнии *i*м

Время, τ

*I*м

0,5*I*м

τв

*d*τ

*di*м

Рис. 8.3. Изменение тока молнии *i*м во времени τ

**Амплитуда** *I*м изменяется в очень широких пределах, достигая иногда 230-250 кА. Чем больше амплитуда, тем меньше вероятность ее появления. Оценка этой зависимости дается кривой на рис. 8.4. Видно, что амплитуда в 100 кА и выше возникает очень редко и составляет около 2 % общего числа разрядов. Наиболее часты амплитуды более 30 кА. Они появляются примерно в 50 % случаев. Расчетной величиной считают *I*м = 100 кА, а в районах с малой грозовой деятельностью допустимо принимать 50 кА.

0 10 20 30 40 50 60 70

200

160

120

80

40

Амплитуда тока молнии *I*м, кА

Процент амплитуд больших, чем указано на ординате,

Рис. 8.4. Кривая вероятности амплитуд токов молнии (для высот  
над уровнем моря менее 500 м)

Вероятность *Р*1 может быть определена и по простой формуле

lg *Р*1 = - *I*м/60, (8.1)

которая пригодна для хорошо заземленных объектов. При ударе молнии в трос, провод или в плохо проводящую почву вероятность уменьшается. С увеличением высоты местности кривая вероятности идет ниже. Для горных районов *I*м при одной и той же вероятности уменьшается вдвое ввиду малой интенсивности главного разряда. Играет роль и высокое удельное сопротивление почвы в горах (скалы, снег).

**Крутизна α = diм/dτ** характеризует скорость нарастания тока, т.е. отношение приращения тока Δ*i*м к очень малому промежутку времени Δ*t*, и является переменной величиной. Она меньше в начале и в конце восходящей ветви тока, на которой происходит быстрое его изменение, и велика в ее середине. Величина α всегда превышает 5 кА/мкс и может достигать  
80 кА/мкс. Средняя крутизна α= *I*м/*τ*ф и пропорциональна tgα (α - угол наклона штрихпунктирной кривой к оси времени) на рис. 8.3. Максимальная расчетная крутизна принимается равной 50 кА/мкс. На ниспадающей ветви кривой ток изменяется медленней, его крутизна гораздо меньше и ее во внимание не принимают.

**Длиной фронта** τф называют время от начала до конца нарастания тока молнии. На этом участке изменение тока наиболее интенсивное. Величина τф первых компонент составляет 1,5–10 мкс. Чем больше амплитуда, тем обычно больше и τф. Для последующих компонент длина фронта волны меньше примерно в 2,5 раза. За расчетную величину рекомендуется принимать τф = 1,5 мкс.

**Длиной волны** принято считать время τв, протекающее от начала до того момента, когда *i*м = 0,5*I*м и изменяется от 20 до 100 мкс. Расчетной величиной принимают τф = 50 мкс.

**Учебный вопрос №2. Пожаро – и взрывоопасность воздействия молнии.**

Воздействие молнии может быть двояким. Во-первых, оно может поражать здания и установки непосредственно, что называется *прямым ударом*, или *первичным воздействием*. Прямой удар молнии характеризуется непосредственным контактом канала молнии со зданием или сооружением и сопровождается протеканием через него тока молнии. Во-вторых, она может оказывать *вторичные воздействия*, объясняемые электростатической и электромагнитной индукцией, а также заносом высоких потенциалов через надземные и подземные металлические коммуникации, что является следствием прямого удара молнии. Вторичные воздействия создают опасность искрения внутри защищаемого объекта.

**Воздействия прямого удара молнии**

Прямой удар молнии обуславливает следующие воздействия на объекты: *термические*, *механические* и *электрические*. Все эти воздействия могут быть причинами пожаров, взрывов, механических разрушений, перенапряжения на пораженных элементах объекта, проводах и кабелях электрических сетей, поражения людей.

**Термические воздействия связаны** с резким выделением теплоты при прямом контакте канала молнии с содержимым пораженного объекта и при протекании через объект тока молнии. Канал молнии имеет высокую температуру (30 000°С и выше) и запас тепловой энергии. Выделяемая в канале молнии энергия определяется переносимым зарядом, длительностью протекания и амплитудой тока молнии. В 95 % случаев разрядов молнии эта энергия (в расчете на сопротивление 1 Ом) превышает 5,5 Дж [2], что на несколько порядков превышает минимальную энергию воспламенения газо-, паро- и пылевоздушных смесей. При этом вероятность воспламенения горючей среды зависит не только и не столько от амплитуды тока, сколько от величины и времени протекания длительного тока молнии в ее финальной стадии (ток 100-500 А, время 1-1,5 с).

Особую опасность прямой удар молнии представляет для зданий и наружных установок, где по условиям технологического процесса может образоваться взрывоопасная среда, что встречается редко; чаще она образуется при нарушении технологических процессов, авариях оборудования, вентиляции.

Опасность поражения прямым ударом молнии некоторых наружных взрывоопасных установок связана с проплавлением молнией металлических поверхностей, перегревом их внутренних стенок или воспламенением взрывоопасных смесей паров и газов, выделяющихся через дыхательные и предохранительные клапаны, газоотводные трубы, свечи. Сюда относятся металлические и железобетонные резервуары со сжиженными горючими газами, многие аппараты наружных технологических установок нефтеперерабатывающих, химических и других объектов.

**Термическое воздействие токов молнии на проводники в**ызывает не только их нагрев, но и оплавление. При этом может выделиться такое количество теплоты, которое при недостаточном сечении металла расплавит его или даже испарит. Расчетами определено, что минимальное сечение стальных токоотводов, исключающее расплавление, составляет 16 мм2, а медленных – 6 мм2

**Механические воздействия токов молнии** обусловливаются ударной волной, распространяющейся от канала молнии, и электродинамическими силами, действующими на проводники с токами молнии. Это воздействие может быть причиной, например, сплющивания тонких металлических трубок и схлестывания проводников. При поражении молнией сооружений из твердого негорючего материала (камня, кирпича, бетона) наблюдаются местные разрушения как результат динамического действия. Наиболее серьезные из них связаны с электрогидравлическими эффектами при разряде молнии. Если между пораженным участком объекта и землей нет токопроводящих путей, его потенциал по отношению к земле достигает высоких значений и возникает пробой (разряд) по пути наименьшей электрической прочности.

Ток молнии, устремляясь в узкие каналы пробоя, вызывает резкое повышение температуры и испарение (взрыв) в них материала. При этом давление достигает значительных величин, что приводит к взрыву (расщеплению) токонепроводящих частей объекта, например расщепление деревянных сооружений и деревьев, разрушение незащищенных кирпичных дымовых труб, башен. При этом степень разрушения определяется не столько током молнии, сколько содержанием влаги или газогенерирующей способностью пораженного материала. Известны случаи частичного или даже полного разрушения бетонных и железобетонных сооружений. Это можно объяснить плохими контактами в местах соединений стальной арматуры. При надежных контактах арматура железобетонных сооружений может служить хорошим токоотводом для молнии, так как имеет большое общее сечение, исключающее опасные повышения температуры.

*Электрические воздействия молнии* связаны с поражением людей или животных электрическим током и появлением перенапряжений на пораженных элементах объекта. Перенапряжение пропорционально амплитуде и крутизне тока молнии, индуктивности конструкций и сопротивлению заземлителей, по которым ток молнии отводится в землю. Даже при выполнении молниезащиты прямые удары молнии с большими токами и крутизной могут привести к перенапряжениям в несколько мегавольт.

При отсутствии молниезащиты пути растекания тока молнии становятся неконтролируемыми и это может увеличить опасность поражения током людей, опасные напряжения шага и прикосновения, а также перекрытия на другие объекты.

Поэтому опасно укрываться во время грозы под деревьями, особенно высокими или стоящими отдельно, находиться вблизи металлических труб, мачт, молниеотводов, заземлителей и т.п.

**Вторичные воздействия молнии**

Под вторичными воздействиями молнии подразумеваются явления во время близких разрядов молнии, сопровождающиеся появлением разностей потенциалов на конструкциях, трубопроводах и проводах внутри помещений и сооружений, не подвергающихся непосредственному прямому удару. Они возникают в результате электростатической и электромагнитной индукции. К ним можно отнести также появление разностей потенциалов внутри помещений вследствие заноса высоких потенциалов через надземные и подземные металлические коммуникации (трубопроводы, кабели, воздушные линии).

Электростатическая индукция. Накопление в грозовом облаке и частичное перемещение зарядов в формирующийся канал молнии в ее начальной стадии вызывает скопление связанных зарядов противоположного знака на поверхности земли и наземных объектов. Развитие этих процессов происходит относительно медленно, поэтому перемещение зарядов не вызывает внутри наземных объектов заметных разностей потенциалов, несмотря на высокие сопротивления утечки. В стадии главного разряда освобождение связанных зарядов происходит настолько быстро, что могут возникнуть существенные разности потенциалов между металлическими конструкциями и землей, вызванные протеканием токов через большие сопротивления утечки. Разности потенциалов даже при ударах молнии на расстоянии 100 м от здания могут достигать десятков и сотен киловольт и вызывать искры в воздушных промежутках. Несмотря на малую энергию, искры могут быть причиной взрывов в помещениях со взрывоопасными концентрациями горючих смесей газов, паров и пылей.

Электромагнитная индукция. Разряд молнии сопровождается появлением в пространстве быстро изменяющегося во времени магнитного поля, индуцирующего ЭДС, способную вызвать искрообразование в контурах из различных протяженных металлических предметов (трубопроводов, воздуховодов, проводов, кабелей). При полностью замкнутом контуре индуцированная ЭДС вызовет электрический ток и небольшое нагревание его элементов, не представляющее, как правило, какой-либо опасности.

**Учебный вопрос №3. Классификация зданий и сооружений по устройству молниезащиты**

**Термины и определения**

**Молниезащита** – это комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий, сооружений, оборудования, материалов от возможных взрывов, разрушений, загораний, возникающих при воздействии молнии, а в зданиях, связанных с сельским хозяйством, - для обеспечения безопасности животных**.**

Здания и сооружения (в дальнейшем – объекты защиты) в зависимости от их назначения, интенсивности грозовой деятельности в районе их местонахождения, а также от ожидаемого количества поражений молний в год должны быть защищены в соответствии с категорией устройства молниезащиты и типом зоны защиты по табл. 1 РД или классом объекта защиты и уровнем защиты по табл. 2.1 и табл. 2.2 .

Классификация объектов определяется по опасности ударов молнии для самого объекта и его окружения. Объекты могут иметь защиту как от прямых ударов молнии (ПУМ), т.е. от первичных ее воздействий, так и от вторичных ее воздействий.*Молниеотвод* – устройство защиты от прямых ударов молнии. Он состоит из молниеприемника, токоотвода, заземлителя. Наиболее распространенными являются молниеотводы: стержневой, тросовый и сетка.

**Зона защиты молниеотвода** – это пространство в окрестности молниеотвода заданной геометрии, отличающееся тем, что вероятность удара молнии в объект, целиком размещенный в его объеме, не превышает заданной величины.

Устройства защиты от вторичных воздействий молнии – устройства, ограничивающие воздействия электрического и магнитного полей молнии.

Устройства для уравнивания потенциалов – элементы устройств защиты, ограничивающие разность потенциалов, обусловленную растеканием тока молнии.

Устройство защиты от перенапряжений – устройство, предназначенное для ограничения напряжений на защищаемом объекте (например, разрядник, нелинейный ограничитель перенапряжений или иное защитное устройство).

Допустимая вероятность прорыва молнии – это предельная вероятность Р удара молнии в объект, защищаемый молниеотводом.

*Надежность защиты* определяется как 1-Р.

*Промышленные коммуникации* – кабельные линии (силовые, информационные, измерительные, управления, связи и сигнализации), проводящие трубопроводы, непроводящие трубопроводы с внутренней проводящей средой.

**Категории молниезащиты**

Тяжесть опасных последствий прямого удара молнии при ее термических, механических и электрических воздействиях, а также искрениях и перекрытиях, вызванных другими видами воздействий, зависит от конструктивно-планировочных особенностей зданий и сооружений и пожаро-взрывоопасности технологического процесса. Например, в производствах, постоянно связанных с наличием открытого пламени, при применении несгораемых материалов и конструкций протекание тока молнии не представляет большой опасности. Однако наличие внутри объекта взрывоопасной или пожароопасной среды создает угрозу пожара, разрушений, человеческих жертв, больших материальных убытков.При таком разнообразии конструктивных и технологических условий предъявлять одинаковые требования к молниезащите всех объектов означало бы или предусматривать чрезмерные излишества, или мириться с неизбежностью значительных убытков, вызванных последствиями поражения молнией. Поэтому в инструкции [43] принят дифференцированный подход к устройству молниезащиты различных объектов, в связи с чем – по устройству молниезащиты здания и сооружения разделены на три категории, отличающиеся по тяжести возможных последствий поражения молнией.

**I категория** – здания и сооружения или их части с взрывоопасными зонами классов 0, 1 и 20, 21 по ТР [1, 2] и ГОСТ Р [8, 40]. В них хранятся или содержатся постоянно, либо появляются во время производственного процесса смеси газов, паров или пыли горючих веществ с воздухом или иными окислителями, способные взорваться от электрической искры.

**II категория** – здания и сооружения или их части, в которых имеются взрывоопасные зоны классов 2 и 22 [8, 40]. В них взрывоопасные смеси могут появляться лишь при аварии или неисправностях в технологическом процессе. К этой категории принадлежат также наружные технологические установки и склады, содержащие взрывоопасные газы и пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (газгольдеры, цистерны и резервуары, сливно-наливные эстакады), отнесенные к взрывоопасным зонам класса 2н и 22н.

**III категория** – несколько вариантов зданий, в том числе: здания и сооружения с пожароопасными зонами классов П-I, П-II и П-IIа согласно [2 и 4]; наружные технологические установки, открытые склады горючих веществ, где применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С или твердые горючие вещества, отнесенные к зоне класса П-III.

**Обязательность устройства молниезащиты**

При выборе категории устройств молниезащиты учитывают важность объекта, его высоту, расположение соседних объектов, интенсивность грозовой деятельности и другие факторы [43, 45]. Интенсивность грозовой деятельности характеризуется средним количеством грозовых часов в год *n*ч. Эта величина может быть получена по данным местной метеорологической станции. Кроме того, существует карта [43], на которой нанесены линии средней за год продолжительности гроз на территории России. На ней же приближенно размечены и крупные области, где наблюдается одна и та же грозовая деятельность. Диапазон ее изменения довольно велик и зависит от климатических факторов и рельефа местности. В северных областях (Мурманск, Камчатка) она составляет не более 10 ч в год, для районов на широте 50-55° она колеблется от 20 до 30 ч, а на юге (Кавказ, Донбас) она может достигать 100-200 ч в год. Да и в пределах одного района с низкой грозовой активностью встречаются участки с резко повышенным числом грозовых часов в год.

Иногда оценка грозовой деятельности измеряется количеством грозовых дней в году *n*д. Принято считать продолжительность грозы приблизительно равной 1,5 ч, если *n*д = 30 дням, и 2 ч, когда *n*д больше 30 дней. Следовательно, *n*ч = (1,5-2) *n*д.

Однако более важной и информативной характеристикой для оценки возможного числа поражений объектов молнией является плотность ударов нисходящих молний на единицу земной поверхности.

Используя значения *n*, можно определить ожидаемое количество поражений молнией в год *N*:

для зданий и сооружений прямоугольной формы

*N =* [(*S+*6*hx*)(*L+*6*hx*)*-*7,7*h*2*x*]*n*10-6; (8.7)

для сосредоточенных зданий и сооружений (дымовые трубы, вышки, башни)

*N* = 9*h*2*xn*10-6, (8.8)

где *hx* – наибольшая высота здания или сооружения, м; *S* и *L* – соответственно ширина и длина здания или сооружения, м; *n* - среднегодовое число ударов молнии в 1 км2 земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю).

Если здание имеет сложную конфигурацию, то при расчете по формуле (8.7) в качестве *S* и *L* принимается ширина и длина наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание или сооружение в плане. Принято считать, что молнии попадают в здание или сооружение в пределах территории, контур которой удален от контура сооружения на три его высоты.

На всей территории России здания и сооружения I категории должны быть обязательно защищены от прямых ударов молнии, электростатической и электромагнитной индукции и заноса в них высокого потенциала через наземные и подземные коммуникации, а молниеотводы должны предусматриваться с зонами защиты А. В районах с очень малой интенсивностью грозовой деятельности вероятность удара в здание I категории очень мала, но материальный ущерб может быть велик, и затраты на молниезащиту в этом случае вполне оправданы.

Здания и сооружения II категории должны быть защищены от прямых ударов молнии, вторичных ее воздействий и заноса в них высоких потенциалов через наземные и подземные коммуникации только в местностях со средней продолжительностью гроз *n*ч ≥ 10. Тип зоны защиты молниеотводов зависит от показателя *N*: зона типа А принимается при *N* > 1, а зона типа Б – при *N* ≤ 1. Наружные технологические установки класса 2, относимые также ко II категории, подлежат защите от прямых ударов молнии на всей территории России, а молниеотводы предусматриваются с зонами типа Б. Некоторые из этих установок подлежат защите и от электростатической индукции (резервуары с плавающими крышами или понтонами).

Здания и сооружения III категории (с зонами классов П-I, П-II, П-IIа) подлежат молниезащите в местностях со средней продолжительностью гроз 20 и более часов в год, а тип зоны защиты молниеотводов зависит от степени огнестойкости здания. Например, зона типа Б требуется для зданий и сооружений I и II степени огнестойкости при 0,1 < *N* ≤ 2, а для III, IV и V степени огнестойкости при 0,02 < *N* ≤ 2; при *N* > 2 необходима зона типа А. Для наружных установок класса П-III молниезащита предусматривается при средней продолжительности гроз 20 и более часов в год при зоне защиты типа Б, если 0,1 < *N* ≤ 2; при *N* > 2 – зона типа А.

Все здания и сооружения III категории должны быть защищены от прямых ударов молнии и заноса высоких потенциалов через наземные металлические коммуникации, а наружные установки должны быть защищены только от прямых ударов молнии. Таким образом, обязательность устройства молниезащиты зданий или сооружений I, II и III категории  
определяется средней продолжительностью гроз *n*ч и ожидаемым количеством поражений *N* молнией в год. При несовпадении одного из этих показателей с величинами по нормам устройство молниезащиты становится необязательным.

Подводя итог обоснованию нормативной обязательности молниезащиты объектов защиты следует отметить, что в настоящее время основным юридическим нормативным документом, в этой области задач, является инструкция РД 34.21.122 [43], а инструкции [45 и 46] являются корпоративными и предназначены для объектов, указанных в этих инструкциях, а их положения являются рекомендательного характера и не могут означать отмену действия РД [43]. Такой вывод следует из соответствующего разъяснения Ростехнадзора России.

**Требования к устройствам молниезащиты**

**Молниезащита** представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом; к этому комплексу относятся также средства защиты, предохраняющие объект от вторичных воздействий молнии и заноса высокого потенциала.

***К основным требованиям могут быть отнесены****:*

* соответствие молниезащиты категории здания характеру производственного процесса в здании, сооружении, на всем объекте;
* возможность типизации конструктивных элементов молниезащиты;
* надежность действия всех ее элементов и «равнопрочность» их в этом отношении;
* большой срок службы, достигающий десятка и более лет;
* возможность применения не дорогостоящих материалов и использования конструктивных элементов здания и сооружения;
* сравнительно несложная эксплуатация и доступность ко всем элементам при контроле, восстановлении или ремонте.
* при выполнении молниезащиты зданий и сооружений всех категорий для повышения безопасности людей следует размещать заземлители (кроме углубленных) в редко посещаемых местах (на газонах, кустарниках), в удалении на 5 и более метров от основных грунтовых, проезжих и пешеходных дорог, располагать под асфальтовыми покрытиями, устанавливать предупреждающие плакаты;
* для снижения опасности шаговых напряжений рекомендуется применять углубленные и рассредоточенные заземлители в виде лучей;
* при ширине зданий и сооружений более 100 м необходимо выполнять мероприятия по выравниванию потенциала внутри здания.