



Тема 4: Молниезащита и защита от статического электричества

ГРУППОВОЕ ЗАНЯТИЕ № 4.1: **МОЛНИЕЗАЩИТА ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ПРОМЫШЛЕННЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

УЧЕБНЫЕ ЦЕЛИ:

1. Изучить физическую сущность молнии и ее опасность.
2. Изучить классификацию зданий и сооружений, подлежащих защите от прямых ударов молнии и ее вторичных проявлений.
3. Изучить требования к устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Молния и ее опасность.
2. Классификация зданий и сооружений, подлежащих защите от прямых ударов молнии и ее вторичных проявлений.
3. Требования к устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.



ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

Агунов М.В., Маслаков М.Д., Пелех М.Т. Пожарная безопасность электроустановок: Учебник - СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2012. – 292 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Агунов М.В., Маслаков М.Д., Пелех М.Т. Пожарная безопасность электроустановок: Учебное пособие. — СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2010. – 106 с.

2. Маслаков М.Д., Пелех М.Т., Родионов В.А., Хорошилов О.А. Пожарная безопасность электроустановок. Молниезащита и защита от статического электричества: Учебное пособие. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2010. – 234 с.

3. Маслаков М.Д., Малинин В.Р., Скрипник И.Л. Пожарная безопасность электроустановок: Задания и методические рекомендации по выполнению курсовой работы для курсантов очного и слушателей заочного обучения по специальности 330400 – “Пожарная безопасность” / Под. общей редакцией В.С. Артамонова. – СПб.: Санкт - Петербургский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2004. – 67 с.



НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

Федеральные законы:

Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123–ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”.

ГОСТ, НПБ, ППБ, РД, ВППБ, СНиП:

- 2. Правила устройства электроустановок.-7-е изд., перераб. и доп.– 2009.**
- 3. СО – 153 - 34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: Из – во МЭИ, 2004. – 56 с.**
- 4. Правила устройства электроустановок. -7–е изд., перераб. и доп. – 2009.**
- 5. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
РД 34.21.122 – 87/Минэнэрго СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 56 с.**



КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ ВАРИАНТ № 1

Вопрос 1 – Назначение заземления, принципиальные схемы.

Вопрос 2 – Достоинства и недостатки ламп накаливания

ВАРИАНТ № 2

Вопрос 1 – Назначение зануления, принципиальные схемы.

Вопрос 2 – Достоинства и недостатки люминесцентных ламп

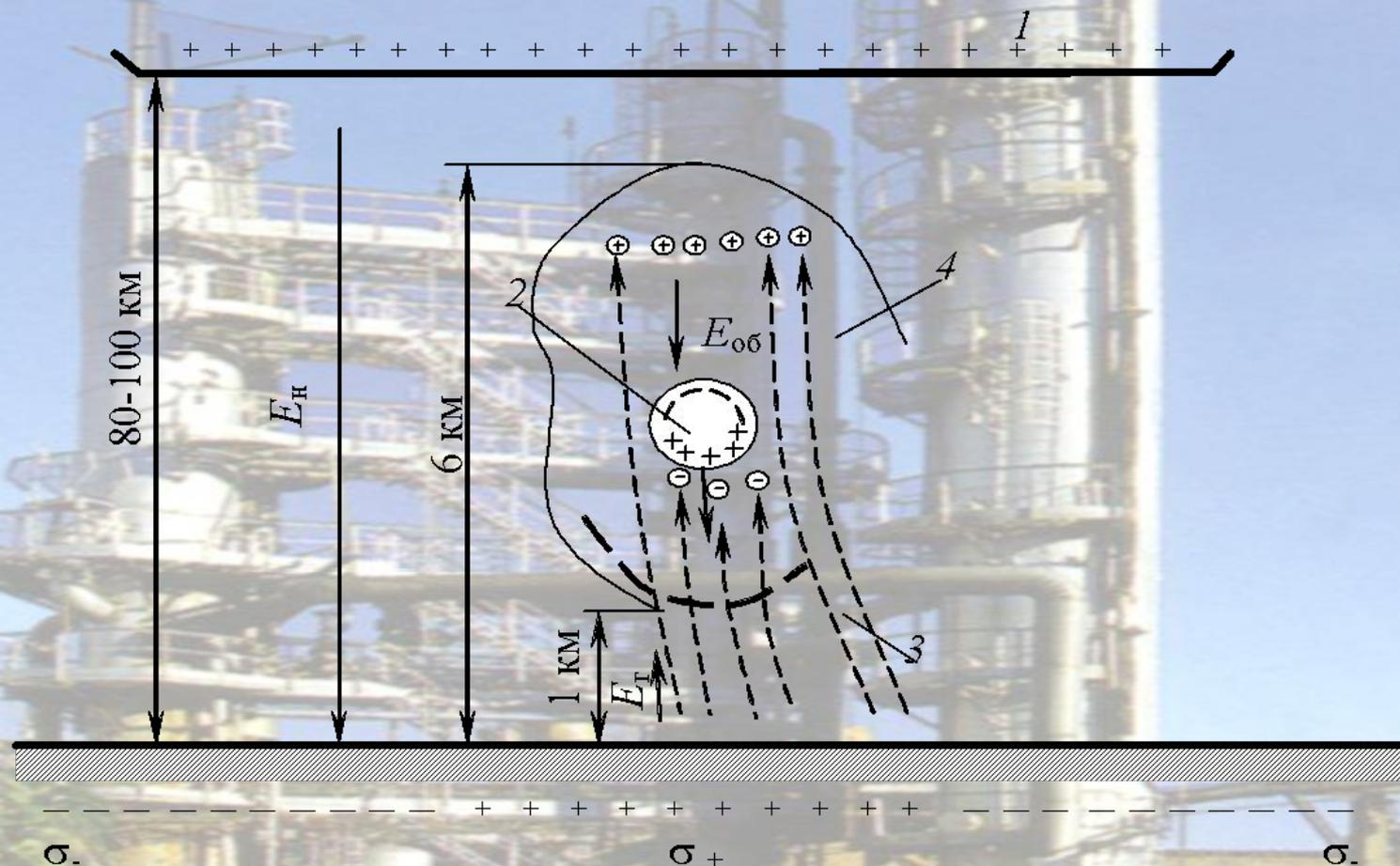


МОЛНИЯ
УДАР МОЛНИИ В ЗЕМЛЮ ЭТО ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ
РАЗРЯД АТМОСФЕРНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ МЕЖДУ
ГРОЗОВЫМ ОБЛАКОМ И ЗЕМЛЕЙ, СОСТОЯЩИЙ ИЗ
ОДНОГО ИЛИ НЕСКОЛЬКИХ ИМПУЛЬСОВ ТОКА.





ОБРАЗОВАНИЕ ЗАРЯДОВ В ОБЛАКЕ





Появлению разряда предшествует накопление и разделение электрических зарядов в грозовом облаке, чему способствуют аэродинамические и термические процессы: восходящие воздушные потоки, конденсация паров на высоте от 1 до 6 км, образование капель и их дробление. Облака заряжаются в основном отрицательными зарядами благодаря трению кристаллов льда, водяной пыли и других частиц, из которых состоит облако, о восходящие потоки теплого воздуха.

Согласно разработанной в середине 1960-х годов английским ученым Ф. Уэнтом теории возникновения гроз, в происхождении гроз немаловажную роль, вероятно, играет растительность, которая выделяет в атмосферу большое количество эфирных масел. Они разлагаются с образованием ионов, которые заряжают облака. Возможно, этим и объясняется то, что грозы бывают лишь в тех местах, где есть растительность, и их почти не бывает в пустынях, над океаном, в полярных областях. В умеренных широтах сезон гроз начинается весной с появлением зелени и заканчивается осенью с ее исчезновением.



Продолжение.

Заряженное грозовое облако образует одну из обкладок гигантского конденсатора, другой обкладкой которого является земля. Нормально, при существовании электрического поля земли с напряженностью E_n , земля заряжена отрицательно с поверхностной плотностью δ_- . Под действием E_n молекулы капле воды грозового облака, представляющие собой диполи, ориентируются вдоль силовых линий электрического поля, и капли воды поляризуются. В нижней части капли появляется положительный заряд (см. слайд б), а в верхней – отрицательный. Движущиеся в восходящем потоке воздуха электроны притягиваются к нижней части капли, а более положительные инерционные ионы воздуха отталкиваются и уносятся далее, сосредоточиваясь вверху облака. 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 $E_{об.}$ между распределенными разнополярными зарядами.



Продолжение.

Нижняя часть индуцирует на поверхности земли положительный заряд с плотностью δ_+ и появляется местное грозовое электрическое поле с напряженностью E_2 , достигающей иногда 100–200 кВ/м. Там, где плотность зарядов особенно велика, в частности у остроконечных предметов (вершин деревьев, мачт линий электропередач, шпилей на зданиях и т.д.) эта напряженность значительно больше, что является причиной коронного (светящегося) разряда («огни святого Эльма»).

По мере накопления зарядов, когда напряженность электрического поля вблизи нижней части облака достигает критического значения 25–30 кВ/см, создаются условия для развития разряда (молнии). Разряд между облаком и землей обычно начинается с прорастания от облака к земле слабо светящегося канала с током в несколько сотен ампер – *лидера*, движущегося толчками со средними скоростями около 1 м/мкс с паузами между толчками в 30–90 мкс. Длина каждой ступени прорастания лидера около 50 м. Лидер окружен обширной зоной ионизации, которая заполняется зарядами, стекающими из облака.



Продолжение.

Вследствие неоднородности воздуха (наличие объемных зарядов, проводящих частиц и т.д.) лидер может иметь самую разнообразную форму ветвистости. Обычно лишь одна из ветвей лидера достигает земли. При приближении «головки» лидера к земле на его траекторию начинают оказывать влияние возвышающиеся наземные объекты.

Вследствие электростатической индукции на вершинах этих объектов происходит концентрация зарядов противоположного знака по отношению к зарядам лидера. Это способствует повышению напряженности электрического поля у этих объектов, и с них начинает развиваться встречный разряд – *встречный стример*. Зона ионизации встречного стримера заполняется зарядами, стекающими с наземного объекта. Когда лидер и встречный стример соприкасаются, начинается *главная стадия разряда*. Во время этой стадии происходит нейтрализация зарядов в основном в зоне ионизации лидера. Процесс этот распространяется в направлении от земли к облаку и сопровождается сильным свечением канала разряда, вызванным высокой температурой в канале молнии.



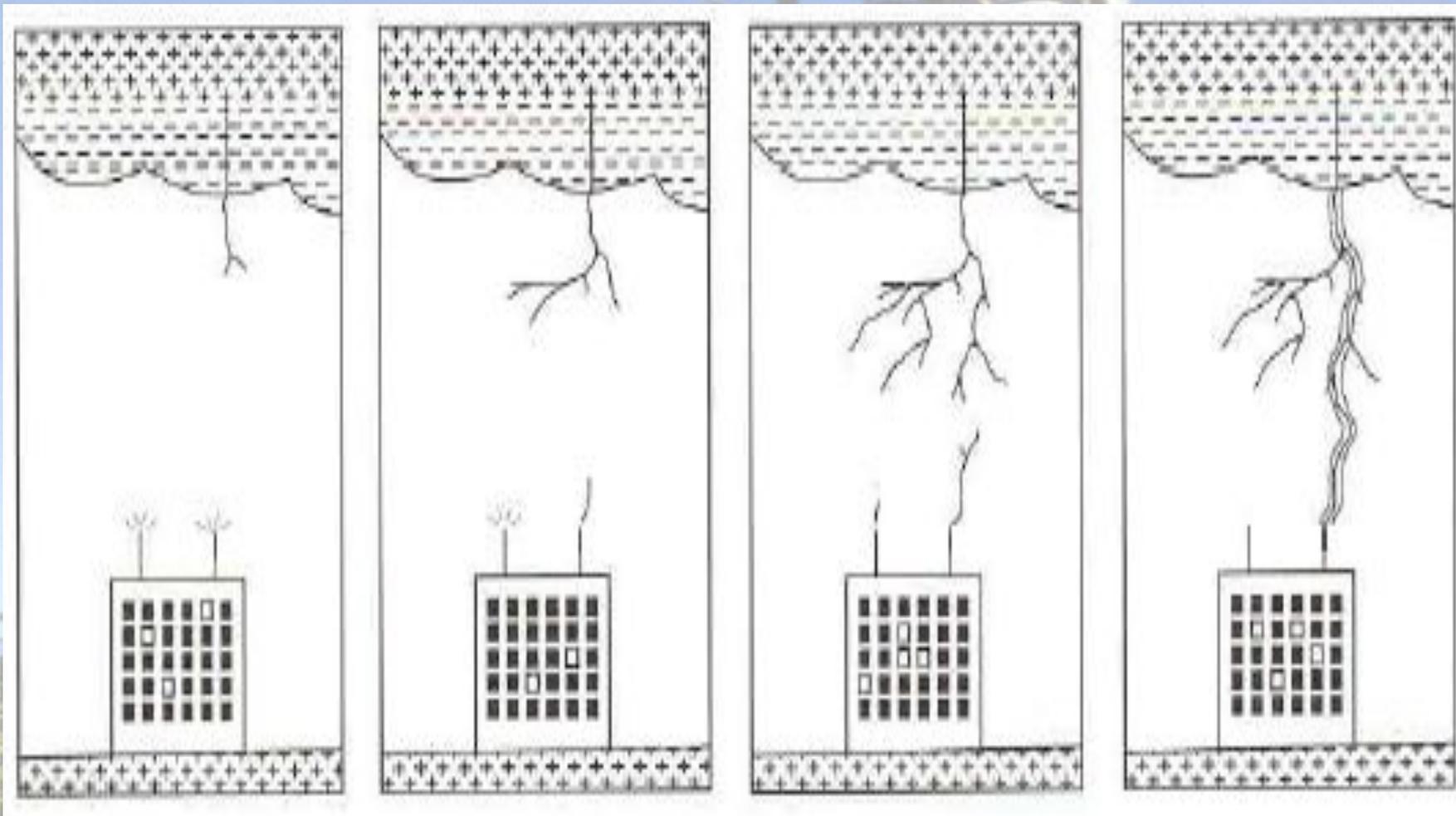
Продолжение.

Благодаря высокой температуре воздух в канале молнии быстро, со взрывом, расширяется. Так возникает гром. Гром продолжается и после прекращения разряда, когда после охлаждения канала молнии воздух резко сжимается. По каналу в течение очень короткого времени (до 100 мкс) протекает весьма большой ток, пиковое значение которого может достигать 250 кА. *Главный разряд* завершается тогда, когда зона интенсивного свечения достигает облака и яркость канала молнии резко уменьшается. Главный разряд приводит к резкому возрастанию проводимости канала молнии. Через этот канал по завершении главного разряда стекают остаточные заряды лидера и облака, образуя длительный ток послесвечения величиной от 1000 до 10 А. Плотность ударов молнии в землю, выраженная через число поражений 1 км² земной поверхности за год, определяется по данным метеорологических наблюдений в месте размещения объекта.

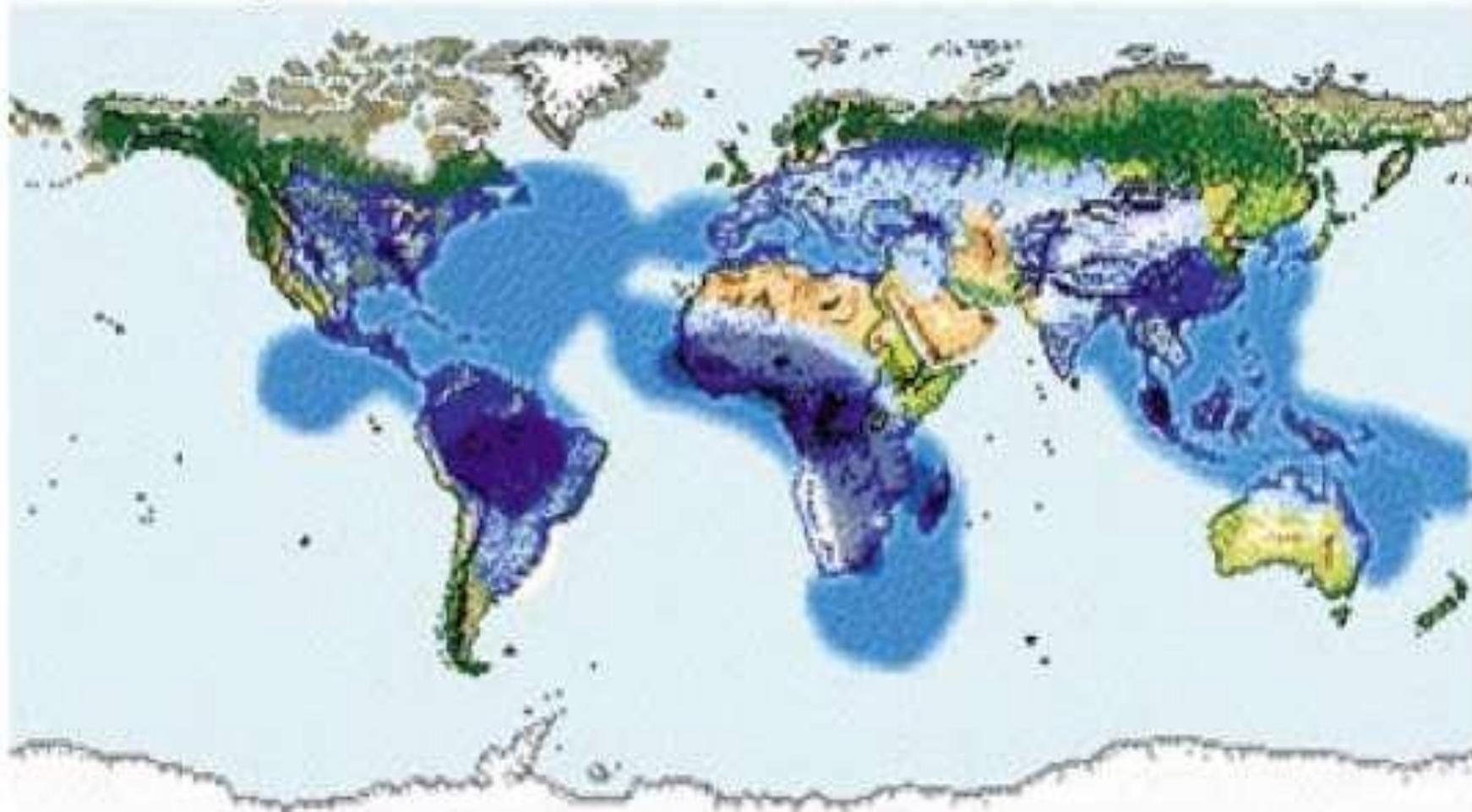
По степени воздействия молнии на окружающие объекты различают *первичное воздействие* или *прямой удар* и *вторичные воздействия*.



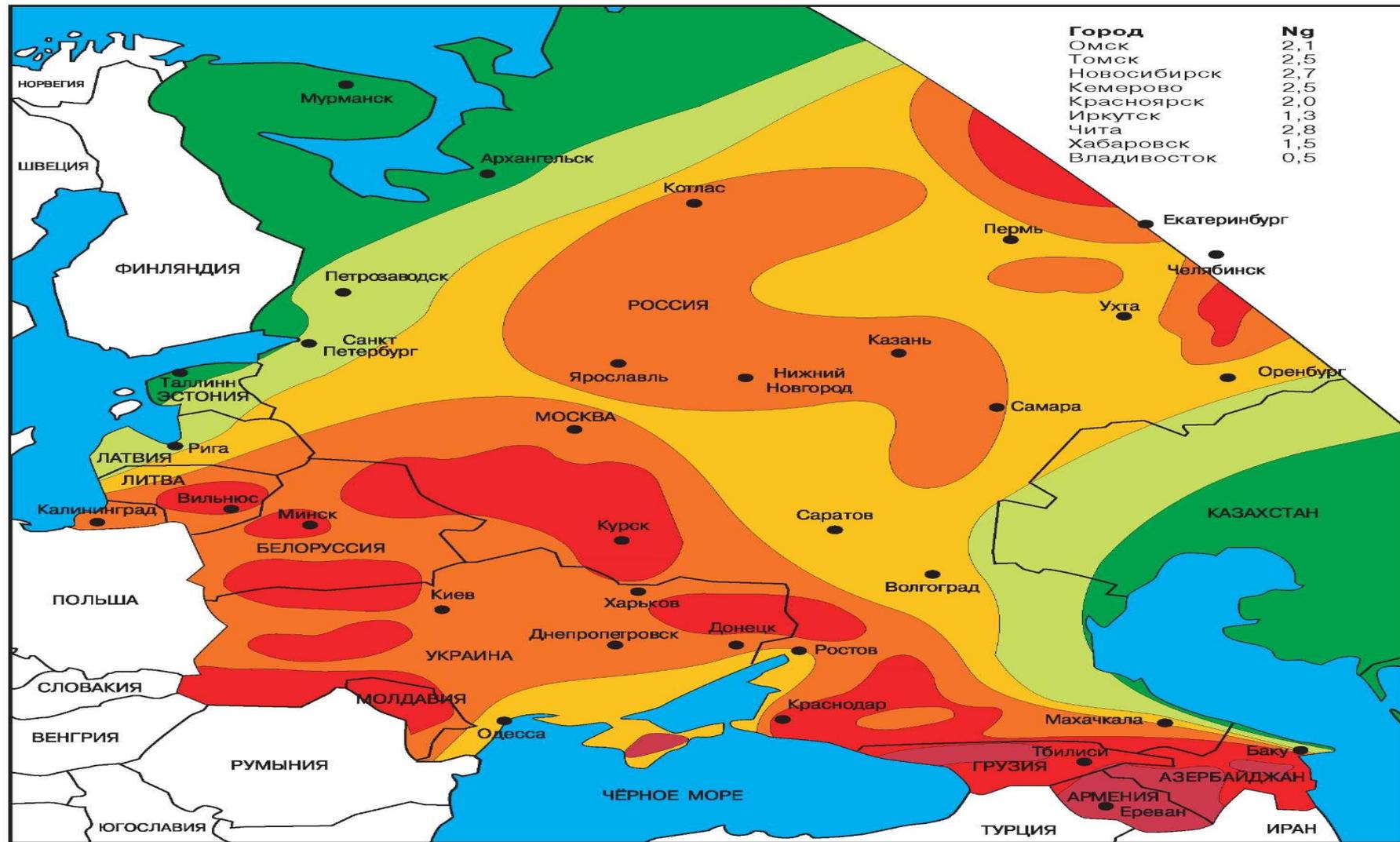
РАЗВИТИЕ РАЗРЯДА МОЛНИИ



Карта Ng (Плотность грозовых разрядов на землю)



Карта удельной плотности грозовых разрядов на землю Ng





**ПРЯМОЙ УДАР МОЛНИИ ОБУСЛОВЛИВАЕТ
СЛЕДУЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОБЪЕКТЫ**

ТЕРМИЧЕСКИЕ

Резким выделением

теплоты. Канал молнии имеет высокую температуру (30000 °С и выше), и большой запас Тепловая энергия превышает 5,5 Дж. Термическое воздействие токов молнии на проводники вызывает не только их нагрев, но и оплавление.

МЕХАНИЧЕСКИ

Ударной волной, распространяющейся

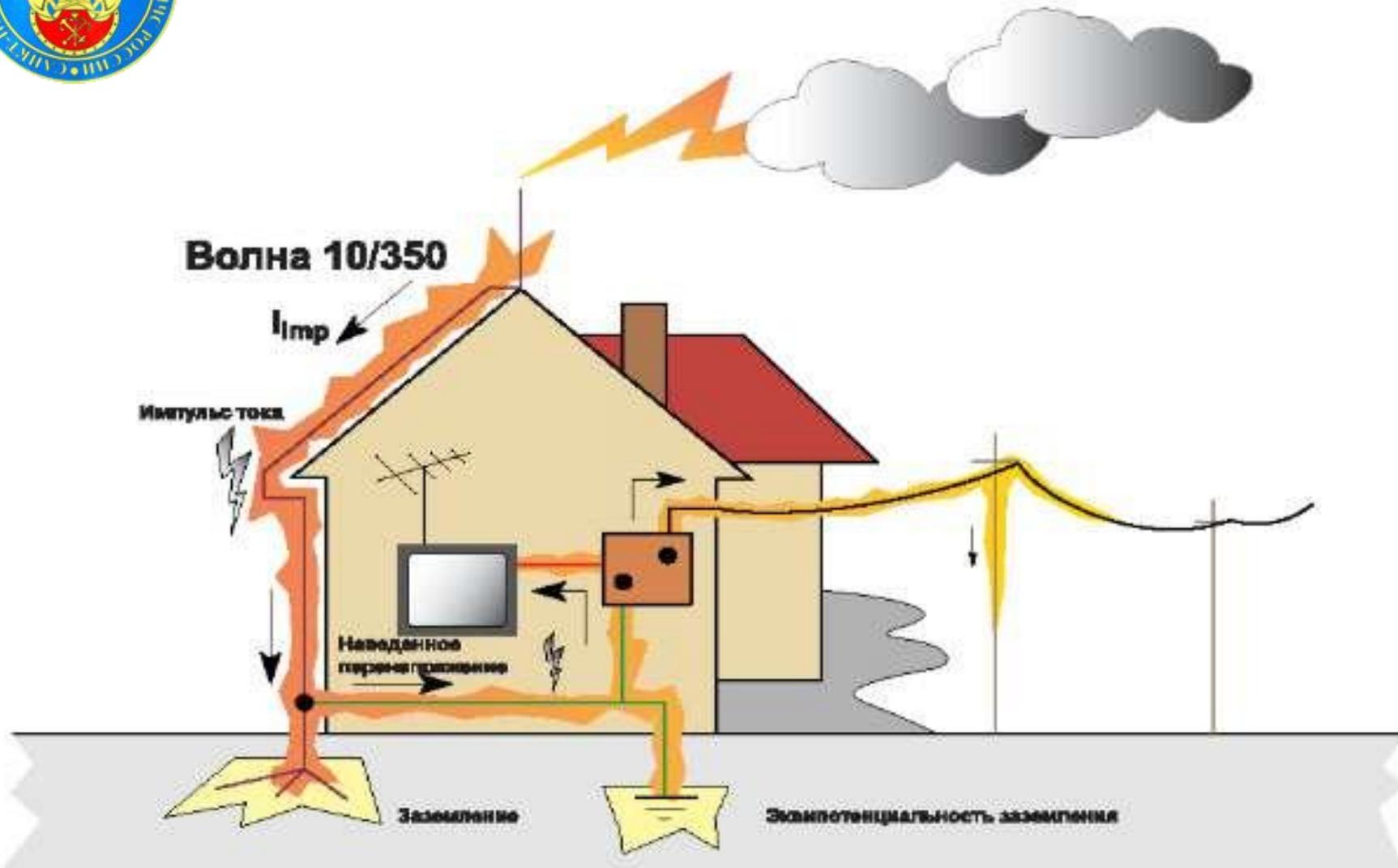
я от канала молнии, и электродинамическими силами, действующими на проводники с токами молнии. Воздействие может быть причиной сплющивания тонких металлических трубок и

ЭЛЕКТРИЧЕСКИ

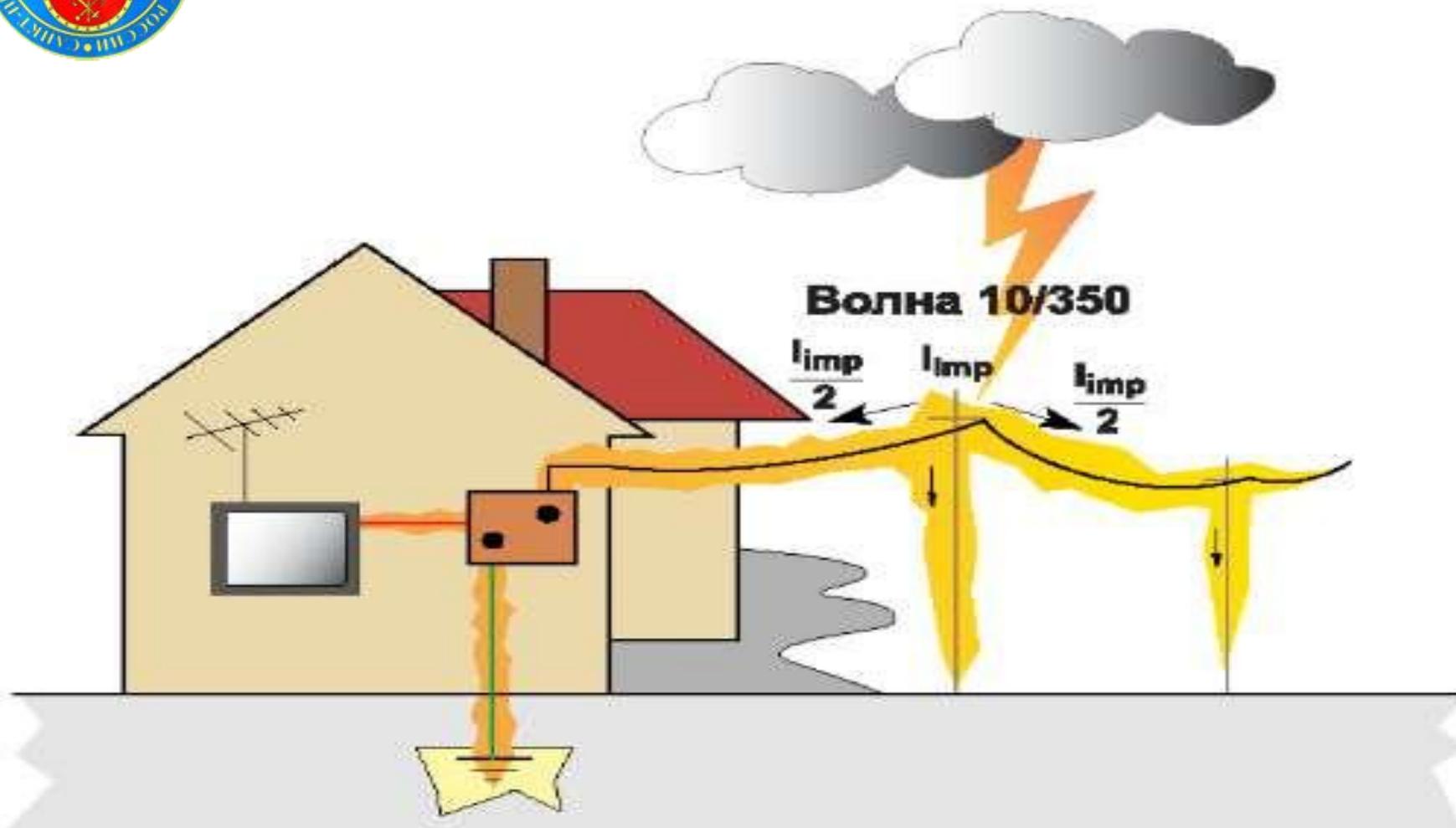
По **Е** животных

электрическим током и появлением перенапряжений на пораженных элементах объекта. Перенапряжение пропорционально амплитуде и крутизне тока молнии, индуктивности конструкций и сопротивлению заземлителей, по которым

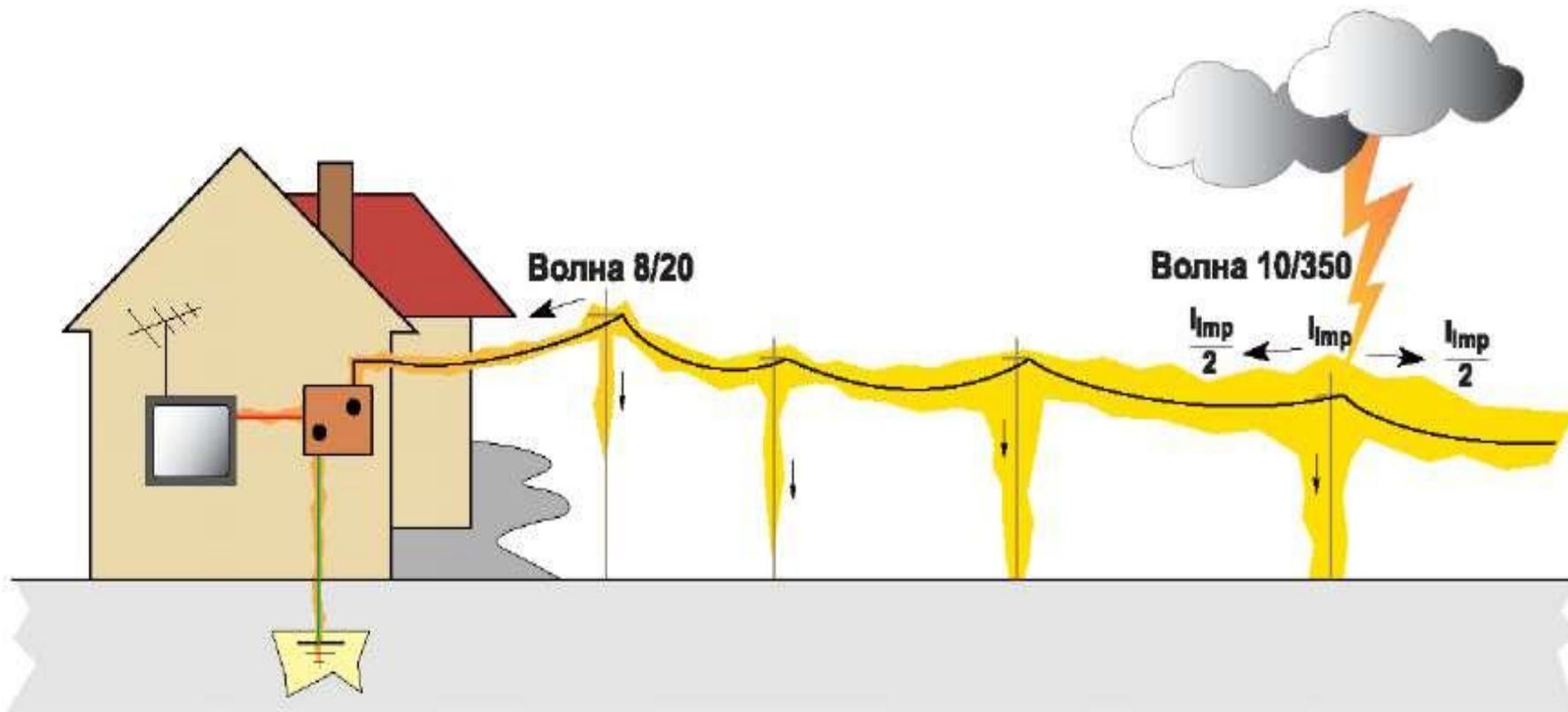
ТОК МОЛНИИ



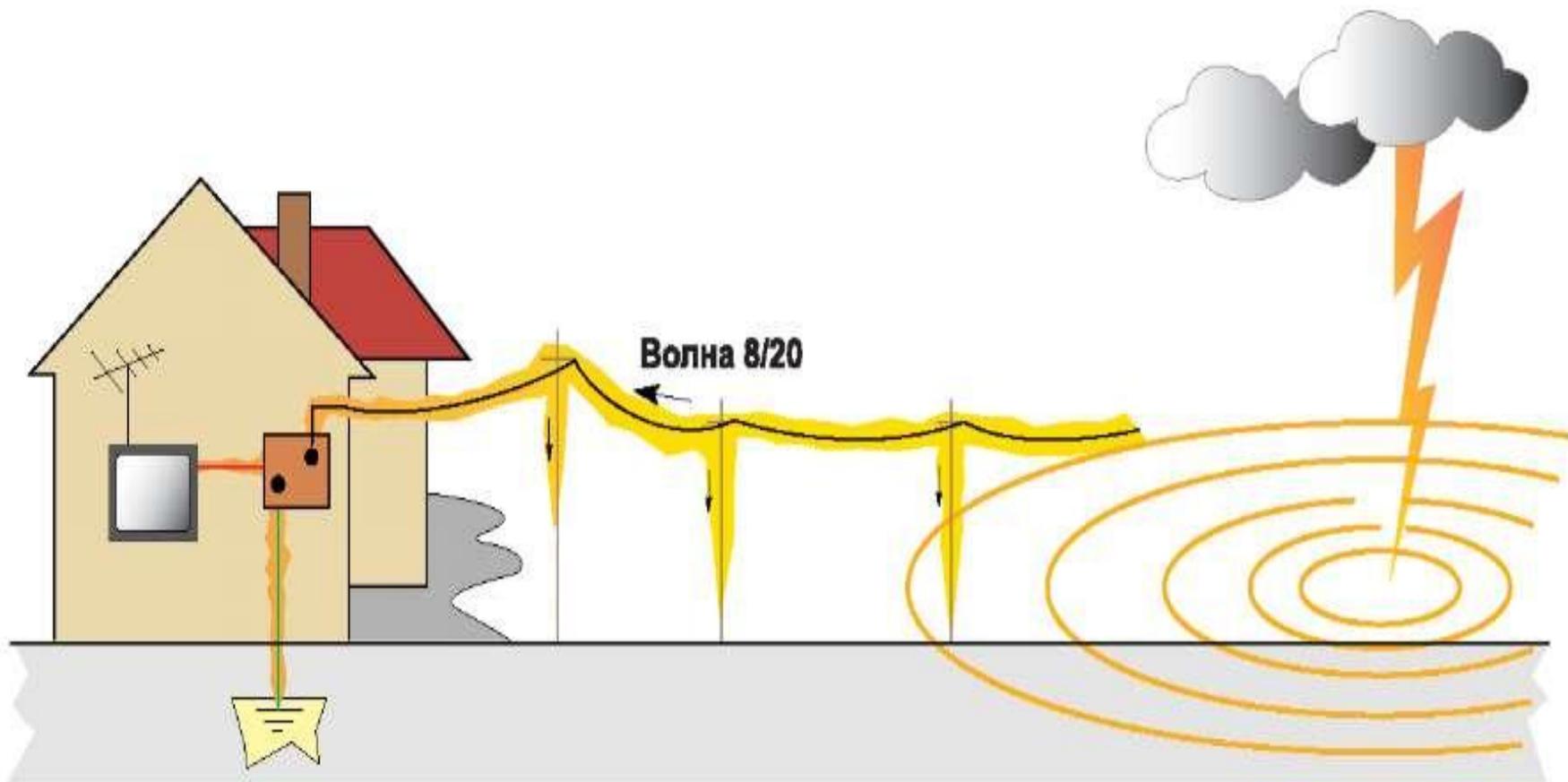
Прямой удар молнии в молниеотвод



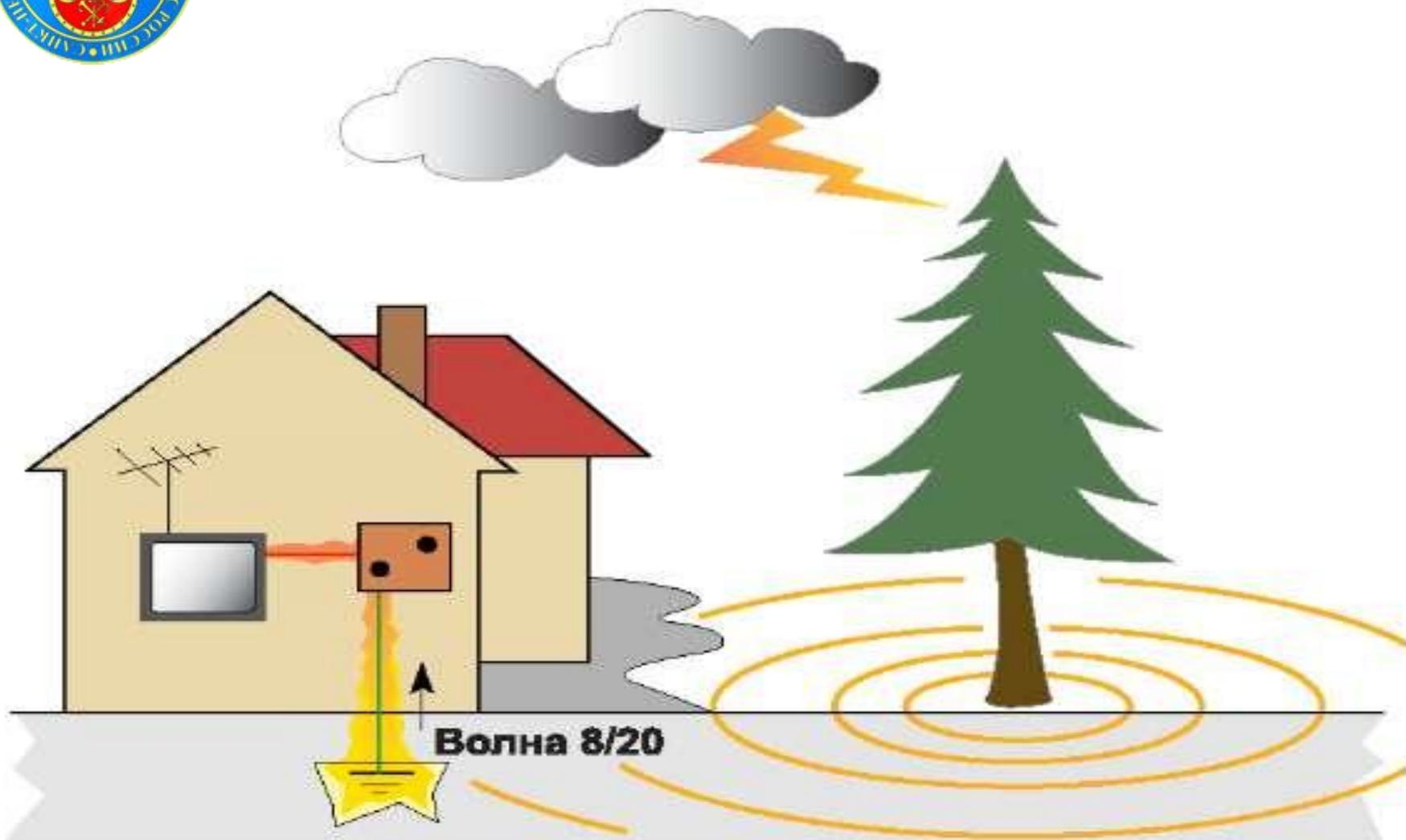
**Ближкий удар молнии в линию
электропередачи**



Удаленный удар молнии в линию
электропередачи



Непрямой удар молнии



Непрямой удар молнии



ВТОРИЧНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ МОЛНИИ СВЯЗАНЫ С ДЕЙСТВИЕМ НА ОБЪЕКТ

**Электростатическая
индукция**

возникает при
значительных

разностей потенциалов между металлическими конструкциями и землей, вызванных протеканием токов через большие сопротивления утечки. разности потенциалов создают опасность для людей при отсутствии надлежащего заземления и способны вызывать

искры

**Электромагнитная
индукция**

Связана с образованием в металлических контурах ЭДС, вследствие чего в местах сближения протяженных металлических конструкций, в разрывах незамкнутых контуров создается опасность перекрытий и искрений.

**Занос высокого
потенциала**

По вводимым в объект коммуникациям проводам воздушных линий электропередач, Кабелям, трубопроводам. Возможен в случае, если коммуникации окажутся слишком близко расположенными от молниеотводов.



О шаровой молнии

Кроме линейных молний во время грозы возникают еще так называемые шаровые молнии. Они представляют собой огненные тела в форме арбуза или груши диаметром от 10 до 20 сантиметров. Длительность существования шаровой молнии – от долей секунды до нескольких десятков секунд. Предполагают, что это быстро вращающийся сгусток зарядов (плазмы), внутри которого имеется разряжение. Благодаря этому удельный вес шаровой молнии меньше, чем удельный вес воздуха. Возникает она после удара линейной молнии, в ее электромагнитном поле и до исчезновения получает энергию извне путем поглощения электромагнитной энергии. Когда подвода энергии нет, она исчезает с оглушительным шумом, подобно разбиваемой электрической лампочке. Она может поражать людей, вызвать пожар и разрушения в зданиях. Шаровая молния легко подхватывается и переносится потоками воздуха, может проникать в помещения со сквозняком через открытые окна или двери, через печные трубы и даже небольшие щели. Если в помещении находятся люди, они должны оставаться в этот момент неподвижными и не обращаться в бегство.



В настоящее время основными нормативными документами по молниезащите являются:

- 1. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87.**
- 2. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО-153-34.21.122-2003.**

Однако, в связи с отсутствием справочных материалов к инструкции СО-153-34.21.122-2003 целесообразнее использовать инструкцию РД 34.21.122-87 (Разъяснение Управления по надзору в электроэнергетике № 10-03-04/182 от 01.12.2004 г.).



ПРИМЕРЫ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ

| Тип объекта | Последствия удара молнии |
|---|--|
| <i>Обычный объект</i> | |
| Жилой дом | Отказ электроустановок, пожар и повреждение имущества. Обычно небольшое повреждение предметов, расположенных в месте удара молнии или задетых ее каналом |
| Ферма | Первоначально - пожар и занос опасного напряжения, затем - потеря электропитания с риском гибели животных из-за отказа электрон. системы управления вентиляцией, подачи корма и т.д. |
| Театр; школа; универмаг; спортивное сооружение | Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий |
| Промыш- ленные предприятия | Дополнительные последствия, зависящие от условий производства - от незначительных повреждений до больших ущербов из-за потерь продукции |
| Больница; детский сад; дом для престарелых | Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий. Потери средств связи, сбои компьютеров с потерей данных. |



ПРИМЕРЫ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ (продолжение)

| Тип объекта | Последствия удара молнии |
|---|---|
| Банк; страховая компания; коммерческий офис | Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий. Потери средств связи, сбои компьютеров с потерей данных |
| Музеи и арх. памятники | Невосполнимая потеря культурных ценностей |
| <i>Специальный объект с ограниченной опасностью</i> | |
| Средства связи; электростанции; пожароопасные производства | Недопустимое нарушение коммунального обслуживания (телекоммуникаций). Косвенная опасность пожара для соседних объектов |
| <i>Специальный объект, представляющий опасность для непосредственного окружения</i> | |
| Нефтеперерабатывающие предприятия; заправочные станции; производства петард и фейерверков | Пожары и взрывы внутри объекта и в непосредственной близости |
| <i>Специальный объект, опасный для экологии</i> | |
| Химический завод; атомная электростанция; биохимические фабрики и лаборатории | Пожар и нарушение работы оборудования с вредными последствиями для окружающей среды |



УРОВНИ ЗАЩИТЫ ОТ ПРЯМЫХ УДАРОВ МОЛНИИ ДЛЯ ОБЫЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

| Уровень защиты | Надежность защиты от прямого удара молнии |
|----------------|---|
| I | 0,98 |
| II | 0,95 |
| III | 0,90 |
| IV | 0,80 |



КАТЕГОРИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО МОЛНИЕЗАЩИТЕ

I категория

производственные помещения, в которых в нормальных технологических режимах могут находиться и образовываться взрывоопасные концентрации газов, паров, пылей, волокон (это взрывоопасные зоны классов В-I и В-II).

II категория

производственные здания и сооружения, в которых появление взрывоопасной концентрации происходит в результате нарушения нормального технологического режима, а также наружные установки, содержащие взрывоопасные жидкости и газы (это взрывоопасные зоны классов В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-IIa).

III категория

все остальные здания и сооружения



ОБЪЕКТЫ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ЗАЩИЩЕНЫ

ОБЪЕКТЫ I КАТЕГОРИИ.

от прямых ударов молнии, электростатической и электромагнитной индукции, заноса высокого потенциала через наземные и подземные коммуникации.

ОБЪЕКТЫ III КАТЕГОРИИ.

молниезащита предусматривается в местностях со средней продолжительностью гроз ≥ 20 ч в год. должны быть защищены от: прямых ударов молнии и заноса высоких потенциалов через наземные металлические коммуникации.

ОБЪЕКТЫ II КАТЕГОРИИ.

от прямых ударов молнии, вторичных ее воздействий, заноса высоких потенциалов через наземные и подземные коммуникации и только в местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более.

Наружные установки класса В-Гг, подлежат защите от прямых ударов молнии на всей территории страны (некоторые из них, например, резервуары с плавающими крышами подлежат защите и от электростатической индукции)



КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ



Молниеприемник – часть молниевывода, предназначенная для перехвата молний.

Токоотвод (спуск) – часть молниевывода, предназначенная для отвода тока молнии от молниеприемника к заземлителю.

Заземлитель – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через проводящую среду.

СРЕДНИЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ТОКОТВОДАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ

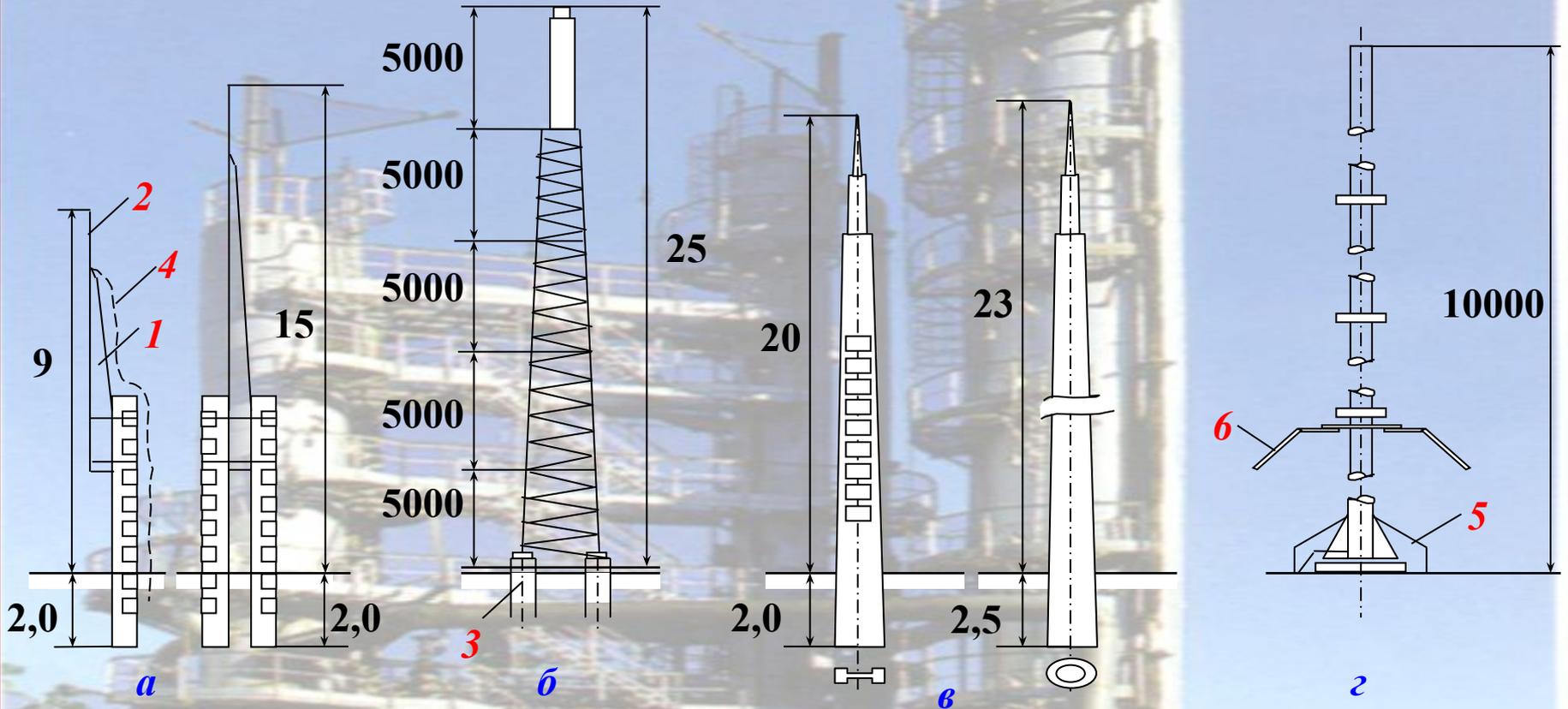
| Уровень защиты | Среднее расстояние, м |
|----------------|-----------------------|
| I | 10 |
| II | 15 |
| III | 20 |
| IV | 25 |

МАТЕРИАЛ И МИНИМАЛЬНЫЕ СЕЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

| Уровень защиты | Материал | Сечение, мм ² | | |
|----------------|----------|--------------------------|------------|-------------|
| | | Молниеприемника | токоотвода | заземлителя |
| I-IV | Сталь | 50 | 50 | 80 |
| I-IV | Алюминий | 70 | 25 | Не примен. |
| I-IV | Медь | 35 | 16 | 50 |



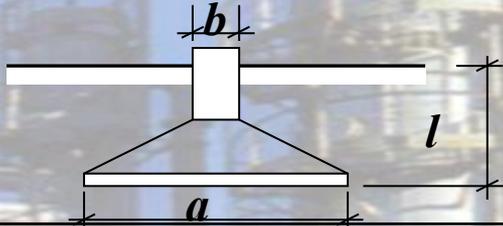
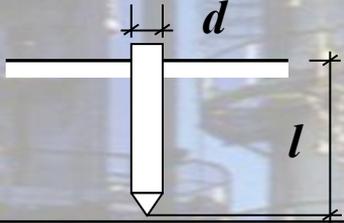
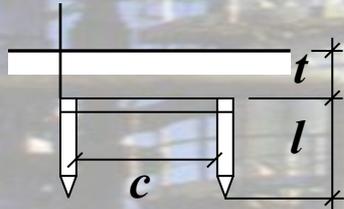
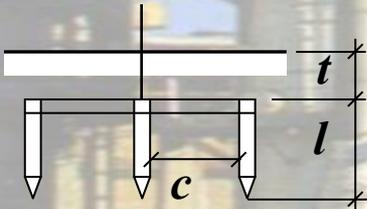
ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ СТЕРЖНЕВЫХ
МОЛНИЕОТВОДОВ И МОЛНИЕПРИЕМНИКОВ



а – на деревянной опоре; ***б*** – металлический решетчатый типа М-25; ***в*** – на железобетонной опоре; ***г*** – молниеприемник из металлических труб, установленных на крыше; ***1*** – опора (стойка); ***2*** – молниеприемник; ***3*** – подножник; ***4*** – токопровод (спуск); ***5*** – фланец; ***6*** – оттяжка



ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

| № п/п | Заземлитель | Эскиз | Размеры, м |
|-------|---|--|--|
| 1 | Железобетонный подножник |  | $a \geq 1,8$ $b \geq 0,4$ $l \geq 2,2$ |
| 2 | Железобетонная свая |  | $d = 0,25 \div 0,4$ $l \geq 5$ |
| 3 | Стальной двухстержневой: полоса размером 40×4 мм стержни диаметром $d = 10 \div 20$ мм |  | $t \geq 0,5$ $l = 3 \div 5$ $c = 3 \div 5$ |
| 4 | Стальной трехстержневой: полоса размером 40 х 4 мм стержни диаметром $d = 10 \div 20$ мм |  | $t \geq 0,5$ $l = 3 \div 5$ $c = 5 \div 6$ |



КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ УСТРОЙСТВ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Проверка состояния устройств молниезащиты должна производиться для зданий и сооружений I и II категории - один раз в год перед началом грозового сезона; для зданий и сооружений III категории - один раз в 3 года. **Цель ревизии:**

- *проверить надежность электрической связи между токоведущими элементами (в местах сварки, в болтовых и прочих соединениях);*
- *выявить элементы в защитных устройствах, требующие замены или усиления из-за механических повреждений;*
- *определить степень разрушения коррозией отдельных элементов молниезащиты, принять меры по антикоррозийной защите и усилению элементов, поврежденных коррозией;*
- *проверить соответствие устройств молниезащиты категории здания или установки;*
- *измерить сопротивление всех заземлителей отдельно стоящих молниеотводов.*

При превышении сопротивления заземлителя более чем в 5 раз, по сравнению с результатами соответствующих замеров на стадии приемки, следует проводить полную ревизию заземлителя.

На основании ревизий определяют объем предупредительного ремонта устройств молниезащиты, который должен быть закончен к началу грозового сезона (март - для южных и апрель - для центральных районов РФ).



ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Повторить материал:
группового занятия № 4.1.

Изучить:
основные положения и требования инструкций по устройству молниезащиты зданий сооружений и промышленных коммуникаций РД 34.21.122-87 и СО – 153 – 34.21.122 – 2003.