



ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ

РУКОВОДСТВО ПО ЗАЩИТЕ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ ОТ УДАРОВ МОЛНИИ

МОСКВА 1996

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются вопросы определения вероятного числа повреждений оптических кабелей (ОК) от ударов молнии, даются рекомендации по защите кабелей и оценивается эффективность защитных мероприятий.

Руководство предназначено для инженерно-технических работников организаций, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией оптических кабельных линий передачи.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВЛ	- высоковольтная линия
ВЛС	- воздушная линия связи
ВСС РФ	- Взаимоувязанная сеть связи Российской Федерации
ДП	- дистанционное питание
ОК	- оптический кабель
НРП	- необслуживаемый регенерационный пункт
ОРП	- обслуживаемый регенерационный пункт

ПУЭ

- правила устройств электроустановок

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из важнейших факторов обеспечения надежной работы подземных оптических кабельных линий передачи является своевременная и технически правильно выполненная защита их от ударов молнии в процессе проектирования, строительства и эксплуатации.

Настоящее Руководство устанавливает основные мероприятия по защите от ударов молнии оптических кабелей магистральных и внутризоновых линий передачи.

В нем учтены последние теоретические и экспериментальные работы по вопросам молниезащиты, а также практический многолетний опыт эксплуатации кабельных линий передачи, их защиты от ударов молнии и электромагнитных влияний.

Руководство состоит из четырех глав и двух приложений.

В первой главе приведены основные понятия и определения, краткие сведения о параметрах молнии, видах опасных воздействий грозовых разрядов на оптические кабели и характере их повреждений. Рассмотрены основные факторы, определяющие число и объем повреждений.

Во второй главе даются нормы и технические указания при выборе защитных мер от повреждений ударами молнии для различных условий прокладки оптических кабелей.

Третья глава посвящена вопросам определения вероятного числа повреждений оптических кабелей ударами молнии.

В четвертой главе содержатся основные сведения о защитных мероприятиях. Рассмотрены вопросы проектирования и осуществления защиты оптических кабелей с помощью подземных проводов, оценки ее эффективности.

В приложениях приведены фактические данные об интенсивности грозовой деятельности на территории Российской Федерации (РФ) и данные, необходимые для статистического учета случаев повреждений.

В разработке Руководства принимали участие ЦНИИС: А. С. Воронцов, Е. И. Яцына и от МТУСИ: Э. Л. Портнов, С. А. Соколов.

Значительный вклад в разработку Руководства внесли Л. Д. Разумов и В. В. Захаров.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Область применения

1.1.1. Настоящее Руководство предназначено для организаций, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией оптических кабельных линий передачи.

1.1.2. Руководство распространяется на подземные оптические кабельные линии передачи магистральной и внутризоновых сетей ВСС РФ и устанавливает основные мероприятия по защите от ударов молнии ОК, содержащих в конструкции один или несколько металлических элементов: металлическую оболочку, ленточную броню или броню из круглых проволок, медные жилы для дистанционного питания и т.п.

Руководство не распространяется на ОК без металлических элементов.

1.1.3. Оптические кабельные линии передачи магистральной и внутризоновых сетей связи могут быть сданы в постоянную эксплуатацию, если будут выполнены все мероприятия, предусмотренные проектом защиты ОК в соответствии с нормами настоящего Руководства.

1.2. Основные понятия и определения

1.2.1. Интенсивность грозовых разрядов (ударов молнии) характеризуется величиной тока молнии. Ток единичного грозового разряда состоит из импульсной и постоянной составляющих.

Величина тока молнии импульсной составляющей грозового разряда колеблется от нескольких килоампер до сотен килоампер. Средняя величина тока молнии при грозовом разряде в землю равна 30 кА. Форма импульса тока молнии характеризуется длительностью фронта τ мкс и длительностью спада импульса до половины амплитуды тока t мкс. Импульс обозначается τ/t . Средний ток молнии имеет форму импульса 5/65.

За импульсной составляющей следует постоянная составляющая тока грозового разряда, которая характеризуется величиной и длительностью протекания тока молнии. Средняя величина постоянной составляющей тока грозового разряда равна 100 А. Длительность постоянной составляющей в среднем равна 30-50 мс.

Число повторных импульсов в образовавшемся канале грозового разряда изменяется в широких пределах. Среднее число импульсов в грозовом разряде равно 3. Редко наблюдается число импульсов в разряде молнии, превышающее 10.

Величина общего заряда, стекающего в землю по каналу многократной молнии колеблется от 10 до 80 Кл (в среднем 20 Кл).

1.2.2. Ожидаемое число и объем повреждений ударами молнии, возникающих в течение года на подземном оптическом кабеле, зависят от ряда факторов:

интенсивности грозовой деятельности,

амплитуды и формы импульса тока молнии,

удельного сопротивления, влажности и геологического строения грунта,

рельефа местности,

наличия вблизи кабеля возвышающихся объектов,

молниестойкости кабеля.

1.2.3. Интенсивность грозовой деятельности в конкретно рассматриваемой местности определяется по удельной плотности ударов молнии в землю (ожидаемое число ударов молнии в 1 км поверхности земли за год), исходя из среднегодовой продолжительности гроз в часах.

1.2.4. Стойкость оптических кабелей к ударам молнии (молниестойкость) определяется допустимым током молнии в металлической оболочке (бронепокрове) ОК, при котором не возникает повреждения кабеля с перерывом связи.

Молниестойкость ОК зависит от механической прочности кабеля (и, в первую очередь, к раздавливающим усилиям), тепловых характеристик кабельных материалов, проводимости металлических оболочек (бронепокрова), электрической прочности изоляции жил ДП, оболочек и других металлических элементов.

ОК, выдерживающие ток молнии 105 кА и выше, относятся к первой категории, 80 кА и выше, но не более 105 кА - ко второй категории, 55 кА и выше, но не более 80 кА - к третьей категории по молниестойкости. ОК, выдерживающие ток молнии менее 55 кА, относятся к четвертой категории:

1.2.5. Опасным ударом молнии называется такой удар, при котором возникает повреждение ОК с перерывом связи.

1.2.6. Наибольшее число повреждений кабелей происходит в районах со слоистым строением земли и, особенно, в районах распространения многолетнемерзлых грунтов. В строении земли в районах многолетней мерзлоты можно выделить два резко различающихся по своим электрическим свойствам слоя: верхний деятельный слой, толщина которого в период оттаивания составляет 1-3 м, насыщенный влагой и обладающий сравнительно низким удельным сопротивлением грунта ρ_1 , (100-500 Ом·м), и нижний подстилающий, почти непроводящий, удельное сопротивление которого ρ_2 может достигать десятков тысяч Ом·м.

В процессе строительства кабельных линий передачи, после вырубki просеки, грунт подвергается интенсивному протаиванию, и удельное сопротивление грунта на глубине прокладки кабеля резко понижается.

По условиям защиты ОК от ударов молнии наиболее тяжелыми являются районы с высоким удельным сопротивлением грунта и отношением $\rho_1/\rho_2 \gg 1$.

1.2.7. Наибольшая плотность наземных грозовых разрядов наблюдается в зонах тектонических разломов, характеризующихся низкими удельными сопротивлениями грунтов по сравнению с удельными сопротивлениями прилегающих горных пород, и в местах контакта двух различных геологических пород, отличающихся по величине удельного сопротивления.

1.2.8. Возвышающиеся объекты (опоры воздушных линий связи, ВЛС и электропередачи, ВЛ, мачты радиобъектов, отдельные деревья, лес и т. п.), находящиеся вблизи трассы ОК, ориентируют на себя наземные грозовые разряды, что повышает при прочих равных условиях число повреждений кабеля, проложенного на открытой местности.

1.3. Виды и характер повреждений

1.3.1. Различают следующие виды опасных воздействий разрядов молнии на ОК: грозовые перенапряжения, электродинамические и термические воздействия. Кабели одновременно подвергаются всем видам воздействий.

1.3.2. *Электродинамические воздействия* создают наиболее серьезные повреждения ОК, которые возникают в результате интенсивного испарения воды во влажном грунте или битумного (гидрофобного) состава, наложенного поверх бронепокрова, и резкого повышения давления при контакте с высокотемпературным каналом молнии в месте входа тока молнии в кабель. Наблюдаются прогибы и вмятины на бронелентах, оболочке и сердечнике со смятием и растрескиванием трубок оптических модулей и изоляции жил ДП.

Термические воздействия тока молнии вызывают перегрев бронепокрова и жил ДП, по которым течет ток, вплоть до их разрушения, оплавление и прожог оболочек и лент бронепокрова, расплавление и разрушение трубок оптических модулей и изоляции жил ДП в результате интенсивного выделения тепла в месте контакта с каналом молнии.

Под *грозовым перенапряжением* понимается обусловленное ударом молнии повышенное напряжение в различных цепях ОК, вызывающее пробой изоляции и прекращение действия связи.

2. НОРМЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ ЗАЩИТНЫХ МЕР

2.1. На проектируемых оптических кабельных линиях передачи магистральной и внутризональных сетей связи защитные мероприятия от повреждений ударами молнии следует предусматривать на тех участках, где вероятное число опасных ударов молнии (вероятная плотность повреждений) в ОК превышает допустимое число, указанное в табл. 1.

Таблица 1

Назначение кабеля	Допустимое число опасных ударов молнии на 100 км трассы в год	
	в горных районах и районах со скальным грунтом при удельном сопротивлении свыше 500 Ом·м и в районах многолетней мерзлоты	в остальных районах
ОК магистральной сети связи	0,1	0,2

ОК внутризоновой сети связи	0,3	0,5
-----------------------------------	-----	-----

2.2. При проектировании оптических кабельных линий передачи необходимо предусматривать использование ОК, имеющих категорию по молниестойкости не ниже приведенных в табл. 2, в зависимости от назначения ОК и условий прокладки.

В этом случае при прокладке ОК на открытой местности защитные меры могут потребоваться крайне редко, только в районах с высоким удельным сопротивлением грунта и повышенной грозовой деятельностью, что определяется расчетом в соответствии с разд. 3.2.

2.3. На существующих оптических кабельных линиях передачи защитные мероприятия осуществляются на тех участках, где произошли повреждения от ударов молнии, причем длина защищаемого участка определяется условиями местности (протяженностью возвышенности или участка с повышенным удельным сопротивлением грунта и т.п.), но должна быть не менее 100 м в каждую сторону от места повреждения. В этих случаях необходимо предусматривать прокладку защитных проводов в соответствии с требованиями гл. 4.

Таблица 2

Районы	Рекомендуемые категории по молниестойкости ОК., предназначенных для	
	магистральной сети связи	внутризоновых сетей связи
с удельным сопротивлением грунта до 1000 Ом·м	I-III	I-IV
с удельным сопротивлением грунта свыше 1000 Ом·м	I-II	I-III

с многолетнемерзлым грунтом	I	I-II
-----------------------------	---	------

Работы по оборудованию защитных мер должны осуществляться сразу после устранения грозового повреждения.

2.4. При прокладке ОК в населенном пункте, кроме случая пересечения и сближения с ВЛ напряжением 110 кВ и выше, защиту от ударов молнии не предусматривать.

2.5. Если вблизи трассы ОК находятся отдельно стоящие деревья, опоры ВЛС или ВЛ, а также другие объекты высотой более 6 м (опоры молниеотводов, мачты и опоры радиообъектов и т.п.), при прокладке ОК вдоль опушки леса (аллеи деревьев), ВЛС или ВЛ защиту предусматривать при расстоянии между кабелем и деревом (ближайшим электродом заземляющего контура опоры, подземной частью незаземленной опоры) менее расстояний, приведенных в табл. 3 для различных значений удельного сопротивления грунта.

Таблица 3

Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Наименьшее допустимое расстояние, м
До 100	5
Более 100 до 1000	10
Более 1000	15

2.6. В случае невозможности выдержать расстояния, приведенные в п. 2.5, необходимо предусматривать дополнительную защиту.

В местах сближения ОК с отдельно стоящими деревьями, опорами ВЛС и ВЛ, а также с другими объектами высотой более 6 м (опоры молниеотводов, мачты и опоры радиообъектов и т.п.) защита выполняется путем прокладки защитной шины (троса, провода) сечением не менее 12 мм по меди и 70 мм по стали между кабелем и опорой или деревом (рис. 1а). Концы шины заземляются. Сопротивление заземляющих устройств должно быть не более 10 Ом при удельном сопротивлении

ρ_z грунта до 100 Ом·м, 20 Ом при ρ_z свыше 100 до 300 Ом·м, 30 Ом при ρ_z свыше 300 до 500 Ом·м, 50 Ом при ρ_z свыше 500 до 1000 Ом·м и 60 Ом при ρ_z свыше 1000 Ом·м.

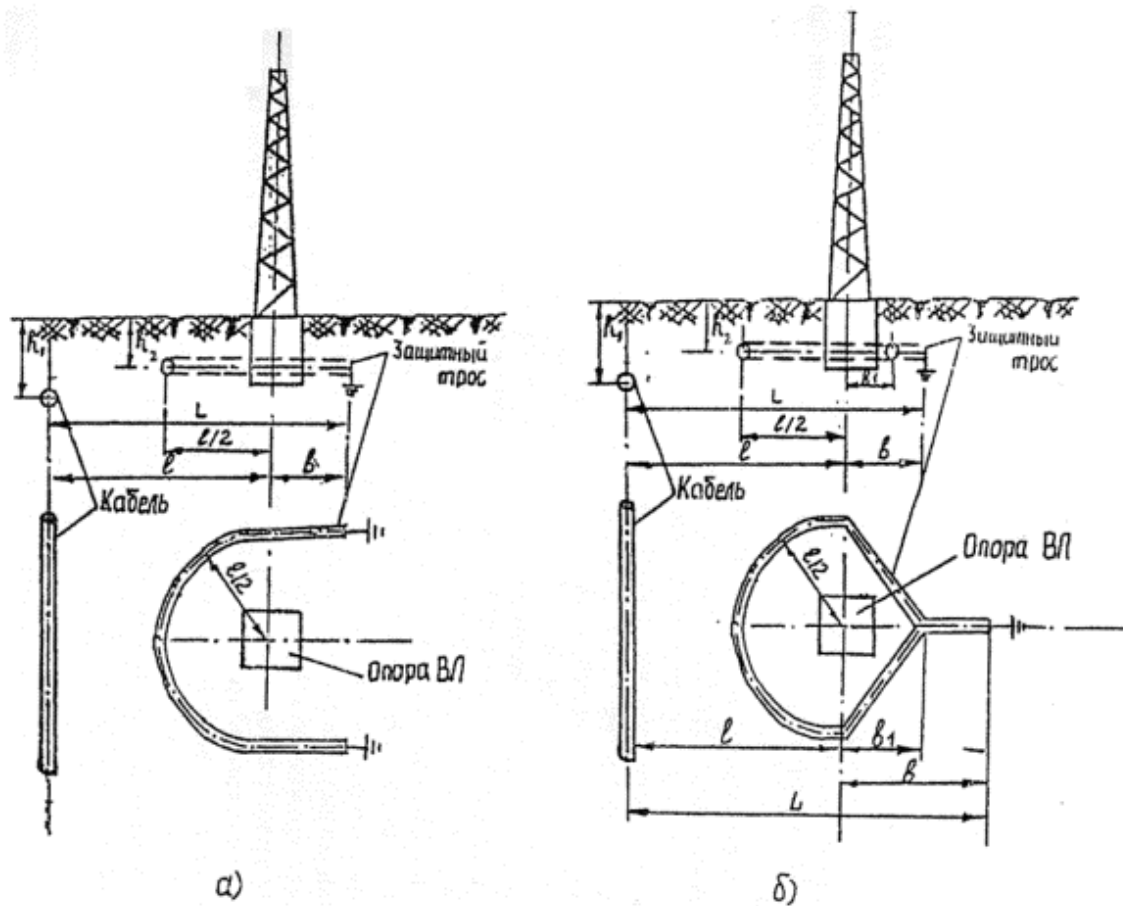


Рис. 1. Перехват токов молний, попавших в опору ВЛ, с помощью защитной шины (провода, троса), проложенной в земле между кабелем и опорой. $L = r_{min} + 2 \text{ м}$ (r_{min} - наименьшее допустимое расстояние, определяется в соответствии с табл. 3), b_1 - определяется по месту, $h_1 > h_2$, $< 0,4 \text{ м}$

Вместо двух заземлений можно делать одно, но в этом случае шина (трос, провод) должна прокладываться вокруг опоры кольцеобразно, причем оба конца присоединяются к заземлению (рис. 16).

Минимально допустимое расстояние между кабелем и ближайшим электродом заземляющего контура определяется в зависимости от удельного сопротивления грунта и должно превышать значения, указанные в табл. 3 не менее чем на 2 м. Защитная шина (трос, провод) должна прокладываться на глубину 0,4 м.

Если расстояние между кабелем и опорой меньше 2 м, то защитные шины прокладываются по возможности ближе к опоре. Сопротивление заземляющего

устройства в этом случае должно быть не более 10 Ом независимо от удельного сопротивления земли.

При наличии между ОК и отдельным возвышающимся объектом металлического подземного сооружения (трубы или провода) оборудовать защиту кабеля путем оконтуровки опор необязательно.

2.7. При прокладке ОК вдоль опушки леса (аллеи деревьев), ВЛС или ВЛ на расстоянии меньше, чем указано в п. [2.5](#), необходимо между кабелем и лесом (ВЛС, ВЛ) проложить один защитный провод типа ПС-70 по всей длине сближения.

Если расстояние между ОК и лесом (ВЛС, ВЛ) меньше 2 м, то защитный провод прокладывается по возможности ближе к лесу.

Если удельное сопротивление грунта в районе прокладки ОК более 1000 Ом·м и расчетное вероятное число повреждений ОК на 100 км трассы в год для условий открытой местности (см. разд. [3.2](#)) превышает удвоенное значение допустимого числа повреждений, указанное в табл. [1](#), то помимо защитного провода со стороны деревьев (опор ВЛС, ВЛ) необходимо предусмотреть прокладку дополнительного защитного провода с противоположной стороны ОК.

Прокладку более двух защитных проводов не предусматривать.

2.8. При прокладке ОК вдоль опушки леса (аллеи деревьев), ВЛС или ВЛ ОК не защищается от ударов молнии, если он расположен на расстоянии ближе $1,5h$ (где h - высота леса, опор) от края леса, но не менее указанного в табл. [3](#), и удельное сопротивление грунта в районе прокладки до 1000 Ом·м. Если удельное сопротивление грунта в районе прокладки ОК более 1000 Ом·м, то необходимость применения защитных проводов определяется в соответствии с п. [2.11](#).

При расстоянии между ОК и краем леса более $1,5h$ защиту предусматривать, как и для открытой местности. Вероятность поражения ОК в этом случае определяется в соответствии с разд. [3.2](#).

2.9. При пересечении трассы ОК с ВЛ напряжением 110 кВ и выше крепление проводов ВЛ на опорах, ограничивающих пролет пересечения, должно осуществляться с помощью глухих зажимов, не допускающих падение проводов на землю в случае обрыва их в соседнем пролете.

При прохождении ОК около опоры ВЛ напряжением 110 кВ и выше на расстояниях, меньших допустимых согласно ПУЭ, для защиты от токов короткого замыкания ВЛ необходимо покрыть ОК швеллером на длине, равной расстоянию между проводами ВЛ плюс 10 м каждой стороны от крайних проводов для ВЛ до 500 кВ и 15 м - для ВЛ 750 кВ.

Стальную броню ОК со швеллером не соединять.

Вместо применения швеллера можно использовать два троса ПС-70, прокладываемых симметрично на расстоянии не более 0,5 м от кабеля. Тросы должны быть продлены с обеих сторон пересечения под углом 45° к трассе в сторону опоры ВЛ и заземлены на сопротивление 20-30 Ом. Соотношения между длиной отвода тросов l и сопротивлением R заземлителя должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 4.

Таблица 4

Параметры	Значения параметров		
Удельное сопротивление земли, Ом·м	до 100	100 - 500	более 500
Длина отвода l , м	20	30	50
Сопротивление заземлителя R , Ом	30	30	20

Защита ОК от ударов молнии путем оконтуровки опор ВЛ, в соответствии с п. 2.6, или прокладки защитного провода обязательна.

2.10. В населенном пункте при расстоянии между ОК и ближайшим электродом заземляющего контура опоры (или до железобетонной, или металлической опоры) ВЛС или ВЛ напряжением до 35 кВ не менее 3 м, а также при расстоянии между кабелем и незаземленной деревянной опорой (или деревянной опорой с железобетонными приставками), ВЛС или ВЛ напряжением до 35 кВ не менее 2 м защита не требуется.

В местах пересечения и сближения ОК с ВЛ напряжением 110 кВ и выше не допускается прокладывать кабель на расстоянии менее 5 м от ближайшего электрода заземляющего контура опоры и подземной части незаземленной опоры ВЛ.

2.11. При прокладке ОК по просеке шириной не более 6 м защиту предусматривать, как и для случая прокладки на открытой местности. Вероятность поражения ОК в этом случае определяется в соответствии с разд. 3.2.

2.12. Если ОК прокладывается по просеке шириной более 6 м, но менее 3 h (где h - высота леса), причем расстояние между ОК и краем леса меньше 0,75 h , но не

более указанного в табл. [3](#) в зависимости от удельного сопротивления грунта, то между ОК и краем леса необходимо предусмотреть прокладку защитного провода.

Если расстояние между ОК и краем леса меньше 2 м, то защитный провод прокладывается по возможности ближе к лесу.

Если удельное сопротивление грунта в районе прокладки ОК более 1000 Ом·м и расчетное вероятное число повреждений ОК на 100 км трассы в год для условий открытой местности (см. разд. [3.2.](#)) превышает удвоенное значение допустимого числа повреждений, указанное в табл. [1](#), то помимо защитного провода со стороны края леса необходимо предусмотреть прокладку дополнительного защитного провода с противоположной стороны ОК.

Прокладку более двух защитных проводов не предусматривать.

Примечание. Под высотой леса h понимается высота устоявшегося многолетнего леса. При проектировании и эксплуатации необходимо учитывать увеличение высоты молодых посадок, а также возможность новых посадок деревьев.

2.13. При прокладке ОК по просеке шириной более 6 м, но менее 3 h , и при удельном сопротивлении грунта в районе прокладки до 1000 Ом·м ОК не защищается от ударов молнии, если он расположен на расстоянии не ближе 0,75 h от края леса, но не менее указанного в табл. [3](#). Если удельное сопротивление грунта в районе прокладки ОК более 1000 Ом м, то необходимость применения защитных проводов определяется в соответствии с п. [2.11](#).

2.14. Если ОК прокладывается по просеке, и в просеке находятся ВЛ (ВЛС), высота опор которых больше высоты деревьев, то при защите ОК следует принимать во внимание только ВЛ. Если высота опор ВЛ меньше высоты леса, ВЛ во внимание не принимается.

Необходимость прокладки защитного провода с противоположной стороны ОК определяется в соответствии с п. [2.12](#) и п. [2.13](#).

2.15. При прохождении трассы ОК вдоль опушки леса и наличии по какую-либо сторону от ОК ВЛ или ВЛС необходимо учитывать следующее:

если линия и лес находятся по одну сторону от ОК, то во внимание принимается объект большей высоты,

если линия и лес находятся по разные стороны от ОК, то защита в каждом случае проектируется независимо друг от друга.

2.16. В случае прокладки ОК вдоль полотна железной дороги или вдоль подземного металлического трубопровода на расстоянии до 10 м меры защиты от ударов молнии не предусматривать.

При наличии между ОК и трубопроводом (рельсами) опор ВЛ, ВЛС и т.п. на расстоянии более 5 м от ОК защита от ударов молнии не требуется. Если расстояние меньше 5 м, то между ОК и опорами ВЛ необходимо предусмотреть прокладку защитного провода или оконтуровку опор.

2.17. Защита ОК, проложенных на антенном поле радиостанции, обязательна. Защита осуществляется с помощью двух защитных проводов типа ПС-70, прокладываемых симметрично над ОК.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОГО ЧИСЛА ПОВРЕЖДЕНИЙ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ УДАРАМИ МОЛНИИ

3.1. Исходные данные для определения вероятного числа повреждений

3.1.1. Вероятное число повреждений ОК ударами молнии характеризуется вероятной плотностью повреждений. Под вероятной плотностью повреждений понимается общее число грозовых повреждений с перерывом связи, отнесенных к 100 км кабельной линии в год, т. е.

$$n = \frac{N}{KL} \times 100, \quad (1)$$

где N - общее число повреждений, равное числу опасных ударов молнии, на всей кабельной линии в течение рассматриваемого промежутка времени;

K - промежуток времени, за который произошло N повреждений, лет;

L - длина линии, км.

3.1.2. Для определения вероятной плотности повреждений ОК необходимо знать следующие данные:

молниестойкость кабеля (допустимый ток молнии, не вызывающий повреждения ОК с перерывом связи), кА,

интенсивность грозовой деятельности в районе прокладки ОК (удельная плотность ударов молнии в землю или среднегодовая продолжительность гроз в часах),

удельное сопротивление грунта, Ом·м, и его строение,

наличие вблизи кабеля возвышающихся объектов (лес, отдельно стоящие деревья, ВЛС, ВЛ и т.п.).

Для определения вероятной плотности повреждений ОК марки ОЗКГ-1 с жилами ДП и ОКЗО-1 необходимо дополнительно к перечисленным данным знать электрическую прочность изоляции наружной защитной оболочки, кВ.

3.1.3. Допустимый ток молнии в металлической оболочке (бронепокрове) ОК, при котором не возникает повреждения кабеля с перерывом связи, определяется экспериментально в соответствии с рекомендацией К. 25 МСЭ-Т «Защита волоконно-оптических кабелей от ударов молнии».

Значения допустимого тока молнии для основных марок ОК, выпускаемых заводами России для магистральной и внутризоновых сетей связи, с указанием их категории по молниестойкости приведены в табл. 5.

Таблица 5

Марка кабеля	Технические условия	Назначение кабеля	Максимальный допустимый ток, кА	Категория по молниестойкости
ОК без жил ДП				
ОКЛК-03	ТУ16.К71-079-90	магистральный внутризоновый	90	II
ОКЛБ-01	те же	то же	30	IV

ОКЛАК-01	те же	то же	105	I
ОМЗКГ-10-3	ТУ16.К71-018-88	то же	90	II
ОЗКГ-1	ТУ16.705.455-87	внутризоновый	90	II
ОКЗК-1	ТУ16-К71.115-91	то же	40	IV
ОКЗБ-1	те же	то же	30	IV
ОКЗО-1	те же	то же	-	IV
ОКЗМК-1	те же	то же	105	I
ОК с жилами ДП				
ОКЛБ-01	ТУ16.К71-079-90	магистральный внутризоновый	20	IV
ОКЛАК-01	те же	то же	105	I
ОКЗК-1	ТУ16-К71.115-91	внутризоновый	30	IV
ОКЗБ-1	те же	то же	30	IV
ОКЗО-1	те же	тоже	-	IV
ОКЗМК-1	те же	то же	105	I
ОЗКГ-1	ТУ16.705.455-87	то же	-	IV

Примечание. При заказе ОК по импорту необходимо требовать от поставщика сведений о максимально допустимом токе молнии, выдерживаемом поставляемым кабелем, и электрической прочности изоляции между металлическими элементами и между последними и землей.

3.1.4. Интенсивность грозовой деятельности определяется по удельной плотности ударов молнии в землю (ожидаемое число ударов молнии в 1 км поверхности земли за год) исходя из среднегодовой продолжительности гроз в часах. Ее устанавливают по сведениям метеостанций, расположенных на трассе оптической кабельной линии, или региональным картам продолжительности гроз. Для определения удельной плотности ударов молнии в землю по данным о продолжительности гроз нужно воспользоваться таблицей пересчета из приложения 1.

Ориентировочную оценку интенсивности грозовой деятельности можно производить по карте среднегодовой продолжительности гроз в часах для территории РФ, приведенной на рис. 2. В приложении 1 приводятся более точные данные метеостанций по грозовой деятельности (по данным НТПО Контур-91, 1991 г.) на территории РФ.

Примечание. Административно-территориальное деление и названия населенных пунктов соответствуют принятым до сентября 1995 года.

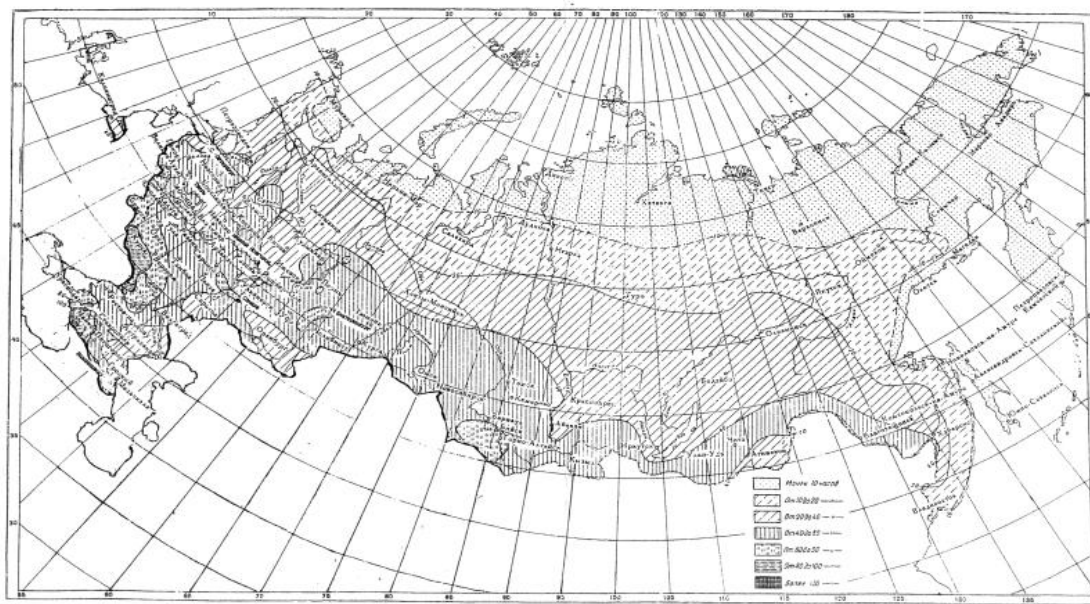


Рис.2. Карта среднегодовой продолжительности гроз

3.1.5. Определение удельного сопротивления грунта и его строения на трассе проектируемой кабельной линии включает:

сбор исходных материалов и разбивку предполагаемой трассы кабеля на отдельные районы с однотипным строением земли,

натурные электроразведочные исследования электрического строения земли.

Данные о строении земли на трассе проектируемой кабельной линии собираются на основании изучения геологических карт масштаба 1:200000 или 1:100000.

На основе имеющихся данных выделяются районы с однотипным строением земли, наносятся стыки различных пород и границы тектонических разломов, пересекающих трассу кабеля.

Уточнение границ районов с однотипным строением земли следует проводить по картам масштаба 1:50000 или 1:25000.

После разбивки кабельной трассы на отдельные районы выполняются натурные исследования электрических характеристик грунтов.

Удельное сопротивление грунта измеряется методом четырех электродов при разносе крайних заземлителей на 6 м (т. е. расстояние между двумя соседними штырями $a = 2\text{ м}$) или любым другим методом, обеспечивающим измерение удельного сопротивления грунта на той же глубине. Измерения производятся летом (в период максимальной грозодеятельности).

Измерение удельного сопротивления грунта в районах многолетней мерзлоты проводится по методу вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Глубина зондирования грунта должна быть не менее 100 м. Измерения производятся летом после оттаивания деятельного слоя не менее чем на половину глубины прокладки кабеля.

Точки измерения удельного сопротивления грунта (ВЭЗ) должны располагаться в центрах районов с однотипным строением земли, но не реже чем через 5 км вдоль трассы проектируемой линии. Дополнительные измерения по трассе производятся в местах изменения рельефа земной поверхности (равнина, возвышенность) или в местах смены растительности (степь, лес). При слоистом строении грунта, в том числе в районах вечной мерзлоты, следует принимать в расчетах эквивалентное значение удельного сопротивления земли.

Для выполнения электроразведочных работ при проектировании защиты кабельных линий рекомендуется измерительная аппаратура М-416 (в районах с удельным сопротивлением земли менее 1000 Ом·м), ЭСК-1, ИКС-1, АЭ-72 и им подобная.

Примечание. При отсутствии предварительных сведений о строении земли по трассе проектируемой кабельной линии измерение удельного сопротивления грунта следует производить через каждые 2 км.

3.2. Определение вероятного числа повреждений ОК

3.2.1. Вероятное число повреждений ОК, проложенных на открытой местности (на 100 км длины кабеля в год), находится из табл. [6](#). В табл. [6](#) приведены значения вероятного числа повреждений для различных значений удельного сопротивления грунта и допустимого тока молнии в металлической оболочке (бронепокрова) ОК при удельной плотности ударов молнии в землю $q = 2$ (1/км² год)

3.2.2. Вероятное число повреждений ОК марки ОЗКГ-1 с жилами ДП и ОКЗО-1, проложенных на открытой местности (на 100 км длины кабеля в год), находится из табл. [7](#). В табл. [7](#) приведены значения вероятного числа повреждений для различных значений удельного сопротивления грунта при импульсной электрической прочности изоляции наружной защитной оболочки $U_{пр} = 120$ кВ и удельной плотности ударов молнии в землю $q = 2$ (1/(км² год)).

3.2.3. Для определения вероятного числа повреждений ОК при других значениях удельного сопротивления грунта, лежащих между приведенными в табл. [5](#) и [6](#), необходимо пользоваться линейной интерполяцией.

3.2.4. При других значениях удельной плотности ударов молнии в землю q величину вероятного числа повреждений n , полученную из табл. [6](#) и [7](#), следует умножить на отношение, учитывающее отличие исходных данных от тех, на основе которых получены табличные значения:

$$n_1 = n \times \frac{q}{2} \quad (2)$$

3.2.5. Вероятное число повреждений, получаемое из табл. [6](#) и [7](#) и формулы (2), относятся к участку кабельной линии длиной 100 км. Приводимые в гл. [2](#) данные о вероятной плотности повреждений также относятся к участку линии длиной 100 км. При необходимости определения абсолютного значения вероятного числа

повреждений участка длиной l число повреждений, найденное по формуле (2), нужно умножить на отношение длин:

$$n_2 = n_1 \times \frac{l}{100} \quad (3)$$

Примечание. Полученные по формуле (3) данные сравнивать непосредственно с данными табл. 1 нельзя, так как последние относятся к участку линии длиной 100 км. Чтобы те и другие данные можно было сравнивать, допустимое число опасных ударов молнии следует также привести к этой длине.

Таблица 6

Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Вероятное число повреждений при допустимом токе $I_{\text{доп}}$, кА		
	20	30	40
10	0,009	0,009	0,009
20	0,56	0,056	0,049
30	0,111	0,095	0,071
40	0,154	0,120	0,088
50	0,186	0,141	0,102
60	0,213	0,159	0,114
70	0,236	0,175	0,125

80	0,258	0,190	0,135
90	0,278	0,204	0,145
100	0,296	0,217	0,154
200	0,415	0,301	0,212
300	0,491	0,355	0,249
400	0,547	0,394	0,277
500	0,590	0,425	0,298
600	0,624	0,449	0,315
700	0,653	0,469	0,329
800	0,676	0,486	0,341
900	0,697	0,501	0,351
1000	0,714	0,513	0,360
2000	1,019	0,731	0,512
3000	1,251	0,897	0,628
4000	1,447	1,037	0,726

5000	1,619	1,160	0,812
7000	1,918	1,374	0,961
9000	2,176	1,558	1,090
10000	2,294	1,643	1,150
10	0,009	0,007	0,005
20	0,031	0,013	0,009
30	0,043	0,017	0,011
40	0,052	0,020	0,013
50	0,060	0,023	0,015
60	0,066	0,025	0,017
70	0,073	0,028	0,019
80	0,078	0,030	0,020
90	0,084	0,032	0,021
100	0,089	0,034	0,023
200	0,121	0,046	0,031

300	0,143	0,054	0,036
400	0,158	0,060	0,040
500	0,170	0,064	0,043
600	0,180	0,068	0,045
700	0,188	0,071	0,047
800	0,195	0,073	0,049
900	0,201	0,075	0,050
1000	0,206	0,077	0,052
2000	0,292	0,103	0,073
3000	0,358	0,134	0,090
4000	0,414	0,155	0,104
5000	0,463	0,173	0,116
7000	0,549	0,205	0,137
9000	0,621	0,233	0,156
10000	0,655	0,245	0,164

10	0,003	0,001	<0,001
20	0,005	0,002	<0,001
30	0,006	0,002	0,001
40	0,007	0,003	0,001
50	0,008	0,003	0,001
60	0,009	0,003	0,001
70	0,010	0,004	0,002
80	0,011	0,004	0,002
90	0,012	0,004	0,002
100	0,012	0,004	0,002
200	0,017	0,006	0,003
300	0,020	0,007	0,003
400	0,022	0,008	0,003
500	0,023	0,008	0,004
600	0,025	0,009	0,004

700	0,026	0,009	0,004
800	0,027	0,009	0,004
900	0,027	0,010	0,004
1000	0,028	0,010	0,004
2000	0,040	0,014	0,006
3000	0,049	0,017	0,007
4000	0,056	0,020	0,009
5000	0,063	0,022	0,010
7000	0,074	0,026	0,011
9000	0,084	0,030	0,013
10000	0,089	0,032	0,014

Таблица 7

р, Ом·м	n	р, Ом·м	n	р, Ом·м	n
10	0,018	90	0,972	450	5,274

20	0,109	100	1,095	500	5,866
30	0,227	150	1,701	550	6,458
40	0,351	200	2,302	600	7,049
50	0,477	250	2,899	700	8,231
60	0,602	300	3,494	800	9,413
70	0,726	350	4,088	900	10,59
80	0,849	400	4,681	1000	11,77

4. ЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

4.1. Общие положения

4.1.1. Защита оптических кабельных линий передачи от ударов молнии может быть осуществлена следующими способами:

путем прокладки полностью неметаллических ОК;

путем прокладки ОК повышенной молниестойкости (см. п. [2.2](#));

с помощью проложенных в земле параллельно ОК защитных проводов (тросов).

4.2.1. Выбор той или иной защитной меры или комплекса защитных мер устанавливается проектной или эксплуатирующей организацией, исходя из экономической целесообразности на основании нормативных указаний (см. гл. [2](#)).

4.2. Защита оптических кабелей с помощью подземных проводов

4.2.1. Защитные провода, проложенные в земле над ОК, перехватывают разряд молнии и, следовательно, уменьшают вероятность поражения ОК ударами молнии.

4.2.2. Защитное действие проложенных в земле проводов характеризуется коэффициентом защитного действия $S_{пр}$, показывающим отношение вероятного числа повреждений ОК при наличии защитного провода к вероятному числу повреждений при его отсутствии.

В табл. 8 приведены коэффициенты защитного действия одного и двух проводов типа ПС-70 для различных значений удельного сопротивления грунта и расстояния между проводами. Коэффициенты получены при прокладке защитных проводов на глубине 0,4 м от поверхности земли, расстояние между кабелем и тросом при защите одним тросом и между кабелем и плоскостью защитных проводов при защите двумя тросами 0,5 м.

Таблица 8

Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Коэффициент защитного действия				
	одного провода	двух проводов при расстоянии между проводами $r_{ин}$ м			
		0,4	1,0	2,0	4,0
100	0,03	0,02	0,002	0,001	0,40
300	0,18	0,15	0,06	0,03	0,32
500	0,25	0,21	0,10	0,06	0,19

700	0,34	0,28	0,16	0,09	0,13
1000	0,41	0,31	0,22	0,15	0,18
3000	0,63	0,54	0,48	0,41	0,23
5000	0,73	0,63	0,58	0,49	0,36
7000	0,78	0,69	0,63	0,55	0,44
10000	0,82	0,77	0,71	0,64	0,52

4.2.3. Расчет защиты проводами производится следующим образом. Если вероятное число повреждений ОК на данном участке превышает допустимое, то в качестве защитной меры может быть выбран один защитный провод.

Вероятное число повреждений кабеля после прокладки одного защитного провода находится умножением коэффициента защитного действия, определяемого из табл. [8](#), на вероятное число повреждений ОК при отсутствии провода.

Если найденная величина числа повреждений меньше или равна допустимой, то для защиты достаточно одного защитного провода. Если $n > n_0$ то следует взять два защитных провода, после чего опять находится вероятное число повреждений ОК с двумя защитными проводами (см. Примечание).

Защиту оптического кабеля с помощью проводов в количестве более двух не предусматривать.

Примечание. Наилучшие результаты при защите ОК двумя проводами дает их прокладка симметрично относительно ОК на расстоянии два метра друг от друга при удельном сопротивлении грунта до 1000 Ом·м и на расстоянии четыре метра друг от друга при удельном сопротивлении грунта свыше 1000 Ом·м. Эти расстояния следует преимущественно предусматривать в проектах грозозащиты.

4.2.4. При прокладке ОК по открытой местности, вдоль леса, ВЛС или ВЛ защитные провода прокладываются на глубине 0,4 м от поверхности земли. В грунтах V группы и выше, а также в грунтах IV группы, разрабатываемых взрывным способом или отбойными молотками, защитные провода прокладываются на глубине равной половине глубины прокладки ОК.

В случае прокладки ОК по пашне, глубина прокладки проводов выбирается на 0,2 м ниже глубины вспашки.

4.2.5. Допускается уменьшение принятой глубины прокладки защитных проводов на 25%.

4.2.6. Если ОК проложен по открытой местности и по условиям расчета выбран один защитный провод, последний прокладывается над ОК.

При прокладке двух защитных проводов последние следует располагать симметрично над кабелем с расстоянием между проводами от 0,4 м до 4 м, однако в каждом конкретном случае фиксированным проектными организациями (см. примечание к п. [4.2.3](#)).

4.2.7. Если ОК прокладывается вдоль леса, ВЛС или ВЛ и между ОК и лесом необходимо проложить защитный провод (см. п. [2.7](#) и [2.12](#)), последний прокладывается на расстоянии 1 м от ОК при удельном сопротивлении грунта до 1000 Ом·м и 2 м - при удельном сопротивлении грунта более 1000 Ом·м. Дополнительный защитный провод с противоположной стороны ОК прокладывается симметрично на том же расстоянии от ОК.

4.2.8. Диаметр защитного провода должен быть не менее 4 мм для биметаллического провода и не менее 9,4 мм для стального оцинкованного провода (соответствуют проводу ПС-70).

Для замены одного провода типа ПС-70 другими типами стальных проводов необходимо брать оцинкованные провода такого диаметра и в таком количестве, чтобы общее сечение их было не менее 70 мм (табл. [9](#)). В этом случае последние должны прокладываться вместе в одной траншее.

Таблица 9

Тип проводов	Диаметр провода, мм	Сечение провода, мм ²	Число проводов, эквивалентное по сечению ПС-70
Стальной оцинкованный	4	12,6	5-6
	5	19,7	3-4
	6	28,3	2-3

ПС	ПС-25	25	3
	ПС-50	50	2

4.2.9. Защитные провода с оболочкой и бронепокровом ОК не соединяются.

4.2.10. Специальные заземления по длине защитного провода не делаются. На каждом участке защитные провода плавно (с радиусом не менее 3 м) отводятся в сторону от ОК под прямым углом на расстояние равное 15 м, и на концах провода оборудуется заземлитель с сопротивлением не более 10 Ом при удельном сопротивлении грунта свыше 100 Ом·м, 20 Ом при удельном сопротивлении грунта ρ_z свыше 100 до 300 Ом·м, 30 Ом при ρ_z свыше 300 до 500 Ом·м, 50 Ом при ρ_z свыше 500 до 1000 Ом·м и 60 Ом при ρ_z свыше 1000 Ом·м.

4.2.11. Защитный провод должен заканчиваться на расстоянии не менее 25 м от регенерационного пункта (НРП и ОРП). Продление защитного провода мимо НРП на соседний регенерационный участок недопустимо. Отвод защитного провода в сторону от ОК выполняется в соответствии с п. [4.2.10](#).

4.2.12. На стыках отдельные строительные длины защитных проводов соединяются между собой пайкой, сваркой или обжимами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Международный Союз электросвязи. МСЭ-Т. Синяя книга, том IX. Рекомендации серии К (на русском языке).
2. ITU. Study period 1993-1996. Study group 5. December 1994. Contribution 15. Proposal of new draft of the Recommendation K.25 «Protection of optical fibre cables».
3. ITU-T. The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges. ITU, 1996.
4. Михайлов М. И., Разумов Л. Д., Соколов С. А. Защита сооружений связи от внешних электромагнитных полей. М., Связь, 1978,
5. Михайлов М. И., Разумов Л. Д., Соколов С. А. Электромагнитные влияния на сооружения связи. М., Связь, 1979.

Приложение 1

**Данные метеостанций по среднегодовой продолжительности гроз (П)
и удельной плотности ударов молнии в землю (q) на территории РФ**

Ожидаемое число повреждений ОК ударами молнии - основной исходный параметр для проектирования защиты. Оно тем больше, чем выше интенсивность грозовой деятельности в данной местности, которая определяется по удельной плотности ударов молнии в грунт (ожидаемое число ударов молнии в 1 км² поверхности земли за год) исходя из среднегодовой продолжительности гроз в часах. Её устанавливают по сведениям метеостанций, расположенных на трассе оптической линии передачи.

Для определения удельной плотности ударов молнии в землю по данным о продолжительности гроз нужно воспользоваться следующей таблицей для пересчета:

Среднегодовая продолжительность гроз П, ч/год	Удельная плотность ударов молнии в грунт q, 1/(км ² год)
До 10	0,5
10-20	1
20-40	2
40-60	4
60-80	5,5
80-100	7
100 и более	8,5

Ориентировочную оценку интенсивности грозовой деятельности можно производить по карте среднегодовой продолжительности гроз в часах для территории РФ, приведенной на рис. 2 настоящего Руководства. На ней нанесены линии равной интенсивности грозовой деятельности с указанием средней часовой продолжительности гроз. Нужно соотнести местоположение защищаемого ОК с

ближайшей из таких линий, прочитав на ней часовую продолжительность гроз, а затем воспользоваться таблицей пересчета для определения удельной плотности ударов молнии в землю.

Мелкий масштаб приведенной карты затрудняет, с одной стороны, детальное изображение на ней линий равной продолжительности гроз, а с другой - определение местоположения географических пунктов относительно этих линий. Поэтому в настоящем приложении данные метеостанций по грозовой деятельности на территории РФ приводятся в виде таблиц по областям, краям, автономным и союзным республикам. Административно-территориальное деление и названия населенных пунктов соответствуют принятым после 1993 г.

Если вариации среднегодовой продолжительности гроз на территории административно-территориальной единицы не выходят за пределы одного из интервалов (10-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100 и более часов), то характеристика ограничивается указанием этого интервала и соответствующей ему удельной плотности ударов молнии в землю q .

Если же вариации среднегодовой продолжительности гроз выходят за пределы одного интервала, то в таблице дается общая характеристика (P более 10 часов, более 20 часов, более 40 часов), а также приводятся пределы изменения удельной плотности ударов молнии в землю q на данной территории. Кроме этого, дается перечень метеостанций с указанием для них интервалов среднегодовой продолжительности гроз P и соответствующих им удельных плотностей ударов молнии в землю q . Значение P и соответствующее значение q в конкретном пункте трассы линии передачи определяется по данным метеостанции, расположенной в этом пункте. Если метеостанция отсутствует, то грозовая деятельность определяется по данным метеостанции, ближайшей от места прокладки ОК, либо принимается равной максимальной величине P для всей территории административно-территориальной единицы.

Чем ближе защищаемый ОК к метеостанции, тем надежнее её данные для проектирования защиты конкретно этого объекта. Поэтому рекомендуется, когда это возможно, в первую очередь использовать средние многолетние данные метеостанций, ближайших к трассе ОК, а сведения таблиц настоящего приложения или карты на рис. 2 Руководства использовать, когда такие сведения отсутствуют.

В последние годы для некоторых районов РФ пытаются строить региональные карты продолжительности гроз. Они более достоверны, чем мелкомасштабная карта, приведенная в данном Руководстве, потому что основаны на показаниях автоматических счетчиков грозовых разрядов. Если в распоряжении проектировщиков есть такие официально утвержденные карты, лучше пользоваться ими (например, картами Томской области, разработанными в НИИ высоких напряжений при Томском политехническом институте). Крупный масштаб

карт позволяет выделить специфику предгорных районов или долин рек, где может быть повышенная интенсивность грозовой деятельности.

Республика БАШКОРТОСТАН

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 5,5 (1/(км² год)).

Наименование населенного пункта	Среднегодовая продолжительность гроз П, часы/год	Удельная плотность ударов молнии в землю q, 1/(км ² год)
1	2	3
Аксаково	20-40	2
Белорецк	60-80	5,5
Бирск	60-80	5,5
Мелеуз	20-40	2
Стерлитамак	40-60	4
Уфа	40-60	4

Республика БУРЯТИЯ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории больше 10 часов, а на части территории больше 40 часов, но на всей территории меньше 60 часов, q варьируется от 1 до 4 (1/(км² год)).

1	2	3
---	---	---

Бабушкин	20-40	2
Илька	20-40	2
Исток	10-20	1
Кабанск	10-20	1
Кижинга	20-40	2
Монды	40-60	4
Мухоршибирь	40-60	4
Нестерово	20-40	2
Новая Курба	20-40	2
Сосново-Озерское	40-60	4
Танхой	10-20	1
Тарбагатай	10-20	1
Удинск	20-40	2
Улан-Уде	20-40	2
Хоринск	20-40	2

Черемухово	20-40	2
------------	-------	---

Республика ДАГЕСТАН

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории лежит в интервале от 20 до 40 часов, что соответствует $q = 2$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Махачкала	20-40	2

КАБАРДИНО-БАЛКАРСКАЯ Республика

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории лежит в интервале от 20 до 40 часов, что соответствует $q = 2$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Прохладный	20-40	2

Республика КАРЕЛИЯ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории больше 10 часов, а на части территории больше 20 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 1 до 2 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Гридно	20-40	2
Кемь	10-20	1
Кестеньга	10-20	1

Ладва	20-40	2
Медвежьегорск	20-40	2
Петрозаводск	20-40	2
Пудож	20-40	2
Суоярви	20-40	2
Юшкозеро	20-40	2

Республика КОМИ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории больше 10 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 1 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Адзъва-Вом	10-20	1
Вендинга	40-60	4
Верхний Шугор	10-20	1
Ижма	20-40	2
Левкинская	20-40	2
Сыктывкар	20-40	2

Троицко-Печорск	20-40	2
Усть-Уса	20-40	2
Усть-Унья	20-40	2
Ухта	20-40	2

Республика МАРИЙ ЭЛ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории лежит в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Йошкар-Ола	40-60	4

Республика МОРДОВИЯ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории лежит в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

Республика СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов, q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Моздок	20-40	2
Владикавказ	40-60	4

Республика ТАТАРСТАН

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Агрыз	20-40	2
Бугульма	40-60	4
Казань	20-40	2

Республика ТУВА

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории лежит в интервале от 20 до 40 часов, что соответствует $q = 2$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Кызыл	20-40	2

УДМУРТСКАЯ Республика

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории лежит в интервале от 20 до 40 часов, что соответствует $q = 2$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Воткинск	20-40	2
Глазов	20-40	2

ЧЕЧЕНСКАЯ Республика

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории лежит в интервале от 20 до 40 часов, что соответствует $q = 2$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Гудермес	20-40	2

Республика ЧУВАШИЯ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов, q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Алатырь	20-40	2
Канаш	40-60	4

Республика САХА (Якутия)

Среднегодовая продолжительность гроз II на части территории больше 10 часов, на части - больше 20 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 1 и менее до 2 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Верхоянск	до 10	0,5
Вилуйск	10-20	1
Дружина	до 10	0,5
Екючю	до 10	0,5

Жиганск	10-20	1
Зырянка	до 10	0,5
Казачье	до 10	0,5
Крест-Халджай	20-40	2
Кюсюр	до 10	0,5
Мостах, остров	до 10	0,5
Мухтуя	20-40	2
Нюрба	20-40	2
Оленек	до 10	0,5
Охотский Перевоз	20-40	2
Преображения, остров	до 10	0,5
Среднеколымск	до 10	0,5
Сунтар	20-40	2
Сухана	10-20	1
Сюльдюкар	10-20	1

Усть-Мома	до 10	0,5
Шелагонцы	10-20	1
Якутск	10-20	1

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории края больше 10 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 1 до 5,5 (1/(км² год)).

1	2	3
Барнаул	40-60	4
Бийск	40-60	4
Змеиногорск	40-60	4
Ключи	40-60	4
Кош-Агач (республика Алтай)	10-20	1
Рубцовск	60-80	5,5
Чемал (республика Алтай)	60-80	5,5

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории края больше 40 часов, а удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 4 до 8,5 (1/(км² год)).

1	2	3
Армавир	60-80	5,5
Ачишхо	100 и более	8,5
Ейск	40-60	4
Красная Поляна	100 и более	8,5
Краснодар	40-60	4
Кропоткин	40-60	4
Крымская	60-80	5,5
Майкоп (республика Адыгея)	80-100	7
Сочи	100 и более	8,5
Тихорецк	60-80	5,5
Туапсе	100 и более	8,5
Усть-Лабинская	100 и более	8,5

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ

Среднегодовая продолжительность гроз П на части территории края больше 10 часов, а на части - больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 1 и менее до 5,5 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Агата (Эвенский авт. окр.)	10-20	1
Байкит (Эвенский авт. окр.)	20-40	2
Боготол	20-40	2
Ванавара (Эвенский авт. окр.)	20-40	2
Верещагино	20-40	2
Верхне-Имбатское	20-40	2
Волочанка (Таймырский авт. окр.)	до 10	0,5
Ворогово	40-60	4
Енисейск	20-40	2
Ессей (Эвенский авт. окр.)	до 10	0,5
Игарка	до 10	0,5
Канск	20-40	2
Кара-Кем	20-40	2
Кемчуг	40-60	4

Кочумдек	20-40	2
Красноярск	20-40	2
Нижне-Усинское	60-80	5,5
Подкаменная Тунгуска	20-40	2
Потапово	10-20	1
Стерлигова, мыс	до 10	0,5
Тура (Эвенский авт. окр.)	10-20	1
Ужур	40-60	4
Усть-Порт (Таймырский авт. окр.)	до 10	0,5
Туруханск	10-20	1

ПРИМОРСКИЙ КРАЙ

Среднегодовая продолжительность гроз II на части территории края больше 10 часов, а на части территории больше 20 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 1 и менее до 2 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Валентин	до 10	0,5
Владивосток	10-20	1

Евгеньевка	10-20	1
Иман	20-40	2
Пластун, бухта	10-20	1
Преображения, бухта	до 10	0,5
Свиягино	20-40	2
Сучан	10-20	1
Уссурийск	10-20	1

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории края больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 8,5 (1/(км² год)).

1	2	3
Бермамыт	100 и более	8,5
Буденновск	20-40	2
Дивное	20-40	2
Курсавка	40-60	4
Минеральные Воды	40-60	4

Невинномысск	40-60	4
Ново-Пятигорск	40-60	4
Ставрополь	40-60	4
Черкесск (Карачаево-Черкесская Республика)	60-80	5,5

ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ И МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на части территории края больше 10 часов, а на части территории превышает 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 1 и менее до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Аркагала	20-40	2
Аян	до 10	0,5
Берелех	10-20	1
Бикин	40-60	4
Бира (Еврейская авт. обл.)	40-60	4
Вакханка	10-20	1
Вяземский	40-60	4
Гроссевичи	до 10	0,5

Иллирней	до 10	0,5
Комсомольск-на-Амуре	20-40	2
Магадан	до 10	0,5
Марково (Чукотский авт. окр.)	до 10	0,5
Мелководная	до 10	0,5
Нагаева, бухта	до 10	0,5
Нелькан	10-20	1
Николаевск-на-Амуре	10-20	1
Облучье (Еврейская авт. обл.)	40-60	4
Омсукчан, сопка	до 10	0,5
Охотск	до 10	0,5
Палатка	до 10	0,5
Смидович (Еврейская авт. обл.)	40-60	4
Средникан	до 10	0,5
Стрелка	до 10	0,5

Уэлей (Чукотский авт. окр.)	до 10	0,5
Хабаровск	20-40	2
Хатынах	до 10	0,5
Чумикан	10-20	1
Энкан, мыс	до 10	0,5
Атка	10-20	1
Березово	до 10	0,5
Дарпир	до 10	0,5
Залив Креста (Эгвекино)	до 10	0,5
Коркодон	до 10	0,5
Наяхан	до 10	0,5
Омсукчан	до 10	0,5
Островное (Чукотский авт. окр.)	до 10	0,5
Сеймчан	до 10	0,5
Снежное	до 10	0,5

Уптар	до 10	0,5
Усть-Олой	до 10	0,5
Эльген, совхоз	10-20	1
Яранги	до 10	0,5

АМУРСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Архара	40-60	4
Благовещенск	40-60	4
Ерофей Павлович	40-60	4
Завитая	40-60	4
Магдагачи	40-60	4
Свободный	40-60	4
Сковородино	40-60	4
Талдан	40-60	4

Уруша	40-60	4
Усть-Нюкжа	20-40	2
Шимановск	40-60	4

АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на части территории области больше 10 часов, а на части территории больше 20 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 1 и менее до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Архангельск	10-20	1
Барковская	20-40	2
Варандей	до 10	0,5
Двинской Березник	20-40	2
Инцы	20-40	2
Каргополь	20-40	2
Карпогоры	20-40	2
Коноша	40-60	4
Котлас	20-40	2

Красноборск	20-40	2
Лямца	20-40	2
Малые Кармакулы	до 10	0,5
Мезень	10-20	1
Хоседа-Хард	10-20	1
Шенкурск	20-40	2
Шойна (Ненецкий авт. окр.)	до 10	0,5

АСТРАХАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области больше 10 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 1 до 4 (1/(км² год)).

1	2	3
Астрахань	10-20	1
Бирючий остров	20-40	2
Верхний Баскунчак	20-40	2
Досанг	20-40	2
Капустин Яр	40-60	4

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области лежит в интервале от 80 до 100 часов, что соответствует $q = 7$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Белгород	80-100	7
Старый Оскол	80-100	7

БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 80 до 100 часов, что соответствует $q = 7$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Унеча	80-100	7

ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Владимир	20-40	2
Гороховец	40-60	4
Ковров	40-60	4

ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 80 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 7 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Иловля	40-60	4
Ильмень	40-60	4
Камышин	40-60	4
Котельниково	80-100	7
Ново-Аннинский	80-100	7
Палласовка	20-40	2
Эльтон	20-40	2

ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Белозерск	40-60	4
Вологда-Прилуки	20-40	2

ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области превышает 40 часов, а удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 4 до 7 (1/(км² год)).

1	2	3
Воронеж	40-60	4
Каменная Степь	60-80	5,5
Лиски	80-100	7
Россошь	80-100	7

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 5,5 (1/(км² год)).

1	2	3
Арзамас	60-80	5,5
Нижний Новгород	40-60	4
Лукоянов	40-60	4
Семенов	40-60	4
Шахунья	20-40	2

ИВАНОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области больше 10 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 1 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Ангарск	20-40	2
Байкальск	20-40	2
Балаганск	40-60	4
Баяндай (Усть-Ордынский Бурятский авт. окр.)	40-60	4
Бодайбо	10-20	1
Большое Голоустное	20-40	2
Братск	20-40	2
Ербогачен	20-40	2
Залари	10-20	1
Зима	20-40	2
Усть-Илим	10-20	1

Иркутск	20-40	2
Ичера	20-40	2
Лукиново	20-40	2
Нижнеудинск	40-60	4
Новочунка	20-40	2
Покойники	20-40	2
Половина	20-40	2
Сарма	10-20	1
Слюдянка	20-40	2
Смоленщина	20-40	2
Тайшет	20-40	2
Тангуй	40-60	4
Тулун, ж/д	20-40	2
Усть-Ордынский	20-40	2
Усть-Уда	20-40	2

Хомутово	20-40	2
Худоеланское	10-20	1
Черемхово	10-20	1

КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует удельной плотности $q = 4(1/(\text{км}^2 \text{ год}))$.

ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области превышает 40 часов, а удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 4 до 5,5 ($1/(\text{км}^2 \text{ год}))$.

1	2	3
Бологое	40-60	4
Западная Двина	40-60	4
Тверь	40-60	4
Максатиха	40-60	4
Осташков	60-80	5,5
Ржев	60-80	5,5
Торжок	40-60	4

КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Калуга	40-60	4
Киров	40-60	4
Малоярославец	40-60	4
Спаск-Деминск	40-60	4
Сухиничи	40-60	4

КАМЧАТСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области меньше 10 часов, что соответствует q менее 1 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Апука	гроз не бывает	
Долиновка	до 10	0,5
Елизово	до 10	0,5
Ича	до 10	0,5
Кихчик	до 10	0,5

Козыревск	до 10	0,5
Мильково	до 10	0,5
Начики	до 10	0,5
Озерная	до 10	0,5
Семлячки	до 10	0,5
Соболево	до 10	0,5
Сторож, бухта	до 10	0,5
Ука	до 10	0,5
Усть-Большереецк	до 10	0,5
Воямполка	до 10	0,5
Лесная	до 10	0,5

КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 5,5 (1/(км² год)).

1	2	3
Кольчугино	20-40	2

Новокузнецк	40-60	4
Тайга	60-80	5,5

КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Вятские Поляны	20-40	2
Киров	40-60	4
Котельнич	20-40	2
Мураши	20-40	2

КОСТРОМСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует удельной плотности ударов молнии в землю $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Буй	40-60	4
Шарья	40-60	4

САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 5,5 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Кротовка	40-60	4
Самара	20-40	2
Марычевка	40-60	4
Сызрань	60-80	5,5

КУРГАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Курган	40-60	4
Шадринск	40-60	4

КУРСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области находится в интервале от 60 до 80 часов, что соответствует $q = 5,5$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Курск	60-80	5,5

Дмитриев-Льговский	60-80	5,5
--------------------	-------	-----

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Кингисепп	20-40	2
Санкт-Петербург	20-40	2
Тихвин	40-60	4

ЛИПЕЦКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области превышает 40 часов, а удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 4 до 5,5 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Грязи	40-60	4
Елец	60-80	5,5
Лев Толстой	40-60	4

МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Волоколамск	40-60	4
Кашира	20-40	2
Москва	20-40	2
Истра	40-60	4
Павловский Посад	20-40	2

МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на части территории области превышает 10 часов, что соответствует $q < 1 \text{ ((1/(км}^2 \text{ год)))}$.

1	1	3
Апатиты	до 10	0,5
Ена	10-20	1
Кировск	до 10	0,5
Кола	до 10	0,5
Краснощелье	до 10	0,5
Ловозеро	10-20	1

Мончегорск	до 10	0,5
Мурманск	до 10	0,5
Ниванкюль	10-20	1
Пулозеро	10-20	1
Пялица	10-20	1
Териберка	до 10	0,5
Хибины	до 10	0,5

НОВГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q=4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Валдай	40-60	4
Веребье	40-60	4
Новгород	40-60	4
Старая Русса	40-60	4
Хвойная	40-60	4

НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Барабинск	40-60	4
Новосибирск	40-60	4
Татарск	40-60	4
Тогучин	40-60	4

ОМСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Омск	20-40	2
Тара	40-60	4

ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области больше 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Абдулино	20-40	2

Акбулак	20-40	2
Бузулук	20-40	2
Кувандык	20-40	2
Новосергиевка	40-60	4
Оренбург	20-40	2
Соль-Илецк	20-40	2

ОРЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 60 до 80 часов, что соответствует $q = 5,5$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Орел	60-80	5,5

ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Земетчино	40-60	4
Кузнецк	40-60	4

Пачелма	40-60	4
Пенза	40-60	4

ПЕРМСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области превышает 40 часов, а удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 4 до 5,5 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Бисер	40-60	4
Кизел	40-60	4
Кудымкар	40-60	4
Кунгур	60-80	5,5
Пермь	40-60	4
Полюдов Камень	60-80	5,5
Соликамск	40-60	4
Чернушка	40-60	4

ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Великие Луки	40-60	4
Гдов	40-60	4
Дно	40-60	4
Идрица	40-60	4
Псков	40-60	4

РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области превышает 20 часов, а на части территории превышает 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 7 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Белая Калитва	20-40	2
Гигант	40-60	4
Каменск	80-100	7
Миллерово	80-100	7
Морозовск	60-80	5,5
Ростов-на-Дону	20-40	2

Чертково	40-60	4
----------	-------	---

РЯЗАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Ряжск	40-60	4
Рязань	40-60	4
Сасово	40-60	4

САРАТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области превышает 20 часов, а на части территории больше 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 5,5 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Александров Гай	40-60	4
Аткарск	40-60	4
Балашов	40-60	4
Ершов	40-60	4
Привольск	20-40	2

Пугачев	60-80	5,5
Ртицево	20-40	2
Саратов	20-40	2

САХАЛИНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на части территории области превышает 10 часов, что соответствует $q = 1$ и менее ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Александровск-Сахалинский	до 10	0,5
Взморье	до 10	0,5
Виахту	10-20	1
Долинск	до 10	0,5
Елизаветы, мыс	до 10	0,5
Красногорск	до 10	0,5
Крильон, мыс	10-20	1
Курильск	до 10	0,5
Лесогорск	до 10	0,5

Макаров	до 10	0,5
Онор	10-20	1
Оха	до 10	0,5
Пильво	10-20	1
Погиби	10-20	1
Пограничный комбинат	до 10	0,5
Победино	до 10	0,5
Поронайск	до 10	0,5
Свободный, мыс	до 10	0,5
Терпения, мыс	до 10	0,5
Углегорск	до 10	0,5
Чайво	до 10	0,5
Южно-Курильск	до 10	0,5

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области превышает 20 часов, а на части территории превышает 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Верхотурье	40-60	4
Ивдель	20-40	2
Камышлов	40-60	4
Капралово	20-40	2
Красноуфимск	40-60	4
Нижний Тагил	40-60	4
Екатеринбург	40-60	4
Туринск	40-60	4

СМОЛЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области превышает 20 часов, а на части территории превышает 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 5,5 (1/(км² год)).

1	2	3
Вязьма	20-40	2
Ельня	60-80	5,5
Рославль	60-80	5,5

Смоленск	40-60	4
----------	-------	---

ТАМБОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Кирсанов	40-60	4
Мичуринск	40-60	4
Обловка	40-60	4
Тамбов	40-60	4

ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 40 до 60 часов, что соответствует $q = 4$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Томск	40-60	4

ТУЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области находится в интервале от 60 до 80 часов, что соответствует $q = 5,5$ ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
---	---	---

Тула	60-80	5,5
------	-------	-----

ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области превышает 10 часов, а на части территории превышает 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 1 и менее до 5,5 (1/(км² год)).

1	2	3
Ишим	60-80	5,5
Маре-Сале	до 10	0,5
Мужи (Ямало-Ненецкий авт. окр.)	10-20	1
Мыс дровяной	до 10	0,5
Новый Порт (Ямало-Ненецкий авт. окр.)	10-20	1
Салехард (Ямало-Ненецкий авт. окр.)	10-20	1
Саран-пауль (Ханты-Мансийский авт. окр.)	10-20	1
Сеяха (Ямало-Ненецкий авт. окр.)	до 10	0,5
Сургут (Ханты-Мансийский авт. окр.)	20-40	2
Тобольск	20-40	2
Тюмень	40-60	4

Уренгой (Ямало-Ненецкий авт. окр.)	20-40	2
Ханты-Мансийск	20-40	2

ЧИТИНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз П на всей территории области превышает 20 часов, а на части территории превышает 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 5,5 (1/(км² год)).

1	2	3
Агинское (Бурятский авт. окр.)	20-40	2
Амазар	40-60	4
Бада	20-40	2
Беклемишеве	40-60	4
Гарекацан	60-80	5.5
Дарасун	20-40	2
Зилово	40-60	4
Карымская	40-60	4
Ксеньевская	20-40	2
Могзон	60-80	5,5

Могоча	60-80	5,5
Нерчинск	20-40	2
Оловянная	20-40	2
Петровск-Забайкальский	40-60	4
Тургутуй	40-60	4
Улеты	40-60	4
Ульзутуевская	40-60	4
Харагун	40-60	4
Чита	60-80	5,5
Шилка	20-40	2

ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Среднегодовая продолжительность гроз II на всей территории области превышает 20 часов, а на части территории превышает 40 часов. Удельная плотность ударов молнии в землю q варьируется от 2 до 4 ($1/(\text{км}^2 \text{ год})$).

1	2	3
Рыбинск	20-40	2
Ярославль	40-60	4

Приложение 2

Статистические данные о повреждении кабелей и аппаратуры НРП и ОРП оптических кабельных линий передачи при грозовых разрядах

С целью накопления данных о повреждениях на оптических кабельных линиях передачи магистральной и внутризоновых сетей связи, возникающих во время грозовых разрядов, и использования этих данных при дальнейшем изучении и разработке защитных мероприятий по повышению надежности работы линий передачи необходимо в каждом случае повреждения ОК составлять протокол, в котором должны быть приведены следующие данные:

1. Марка поврежденного ОК, условия и глубина прокладки, год строительства и сдачи в эксплуатацию.

2. Тип системы передачи, число линейных трактов и каналов передачи.

3. Краткая физико-химическая характеристика грунта, геологический разрез.

Удельное сопротивление верхнего слоя не постоянно, поэтому его измерение целесообразно производить непосредственно в момент ликвидации аварии или сразу же после этого.

4. Характеристика местности (холмистая местность, равнина, горы, болото и т.п.), расположение ОК и мест повреждения его на местности.

5. Наличие линий электропередачи, воздушных линий связи и радиофикации, мачт, антенн, класс линий, напряжение, высота опор, число цепей (проводов), расстояние от ОК, наличие заземлений и молниеотводов на линии, конструкция заземлений.

6. Наличие в непосредственной близости подземных симметричных или коаксиальных линий передачи. Марка кабеля, количество кабелей, условия и глубина прокладки, год строительства и сдачи в эксплуатацию. Расстояние от ОК. Сведения о грозовых повреждениях кабелей в этом районе, полученных ранее.

7. Наличие леса или отдельно стоящих деревьев, высота деревьев и их порода, расстояние от кабеля, ширина просеки и, по возможности, протяженность и глубина корневой системы. Наличие оконтуровок отдельно стоящих деревьев.

8. Наличие грозозащитных проводов (тросов), их тип, количество, место, схема размещения и время их прокладки, состояние проводов.

9. Характер случившихся повреждений: вмятины на броне, оболочке, сердечнике, проплавления и сквозные прожоги оболочки, расплавление и смятие профильных сердечников, расплавление и разрушение (смятие, растрескивание) изоляции

оболочек оптических модулей и жил ДП, расплавление и обрыв жил ДП, обрыв оптических волокон, обрывы бронепроволок и лент, прожоги или понижение сопротивления изоляции жил ДП от металлической оболочки и изоляции жил друг от друга, прожоги наружной защитной оболочки и т.д.

10. Место повреждения (муфта или строительная длина), наличие брака в точках повреждения (вмятины, понижение изоляции и т.п.), допущенного при строительстве и монтаже.

11. Наличие следов удара молнии на местности: расщепленные опоры или деревья, высота опор, порода дерева, следы на поверхности грунта (воронка над кабелем, взрыхленный или оплавленный грунт, примятая растительность и т.п.).
Свидетельства очевидцев.

12. Наличие одновременных повреждений на подземных кабелях или воздушных линиях передачи и отключения ВЛ во время той же грозы.

13. Наблюдались ли повреждения ОК в этом районе раньше, где, когда, какие.

14. Наличие повреждения аппаратуры по цепям ДП: тип аппаратуры, приборы, вышедшие из строя, и характер их повреждения. Наличие защиты аппаратуры и ее тип. Тип дистанционного питания, напряжение, схема включения, номер участка (по счету от питающего ОРП), на котором произошло повреждение.

15. Наличие простоя связей (все линейные тракты или только часть трактов), время восстановления связей и ликвидации повреждения.

16. Количество людей, участвовавших в ликвидации повреждений, затраченное время.

17. Затраты материалов.

18. Сведения о грозодеятельности в районе по данным ближайшей метеостанции за последние пять лет.

19. Дополнительные сведения, представляющие, по мнению эксплуатационного персонала, интерес.

СОДЕРЖАНИЕ

[Аннотация](#)

[Перечень используемых сокращений](#)

[Предисловие](#)

[1. Общие положения](#)

[1.1. Область применения](#)

[1.2. Основные понятия и определения](#)

[1.3. Виды и характер повреждений](#)

[2. Нормы и технические указания при выборе защитных мер](#)

[3. Определение вероятного числа повреждений оптических кабелей ударами молнии](#)

[3.1. Исходные данные для определения вероятного числа повреждений](#)

[3.2. Определение вероятного числа повреждений ОК](#)

[4. Защитные мероприятия и оценка их эффективности](#)

[4.1. Общие положения](#)

[4.2. Защита оптических кабелей с помощью подземных проводов](#)

[Литература](#)

[Приложение 1. Данные метеостанций по среднегодовой продолжительности гроз \(П\) и удельной плотности ударов молнии в землю \(q\) на территории РФ](#)

[Приложение 2. Статистические данные о повреждении кабелей и аппаратуры НРП и ОРП оптических кабельных линий передачи при грозовых разрядах](#)