

ЗАЩИТА ОТ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА
Часть 2
Управление риском

(IEC 62305-2:2006)

Издание неофициальное, предназначенное только для ознакомления

[Ск0чать еще](#)

Содержание

Введение	
1 Область применения.....	
2 Нормативные ссылки	
3 Термины и определения, обозначения и сокращения	
4 Разъяснение терминов	
4.1 Повреждение и ущерб	
4.2 Риск и элементы риска	
4.3 Составляющие элементов риска, относящихся к зданиям	
4.4 Комбинация элементов риска, относящихся к системе энергоснабжения	
4.5 Факторы, влияющие на элементы риска.....	
5 Управление риском	
5.1 Основная процедура.....	
5.2 Здание, рассматриваемое для оценки риска.....	
5.3 Система энергоснабжения, рассматриваемая для оценки риска	
5.4 Допустимый риск R_T	
5.5 Специальная процедура для оценки необходимости молниезащиты	
5.6 Процедура для оценки экономической эффективности молниезащиты.....	
5.7 Меры молниезащиты	
5.8 Выбор мер молниезащиты	
6 Оценка элементов риска для здания.....	
6.1 Исходная формула	
6.2 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии в здание (S1)	
6.3 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии вблизи здания (S2)	
6.4 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии в линию электропередачи, подсоединенную к зданию (S3)	
6.5 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии вблизи линии электропередачи, подсоединенной к зданию (S4)	
6.6 Совокупность элементов риска для здания	
6.7 Разделение здания на зоны Z_S	
6.8 Оценка элементов риска в здании, разделенном на зоны Z_S	
7 Оценка элементов риска для системы энергоснабжения	
7.1 Исходная формула	
7.2 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии в систему энергоснабжения (S3).....	
7.3 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии вблизи системы энергоснабжения (S4)	
7.4 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии в здания, к которым подсоединена система энергоснабжения (S1)	
7.5 Совокупность элементов риска для системы энергоснабжения	
7.6 Разделение системы энергоснабжения на участки S_S	
Приложение А (справочное) Оценка ежегодного количества N опасных случаев.....	

Приложение В (справочное) Оценка вероятности P_x повреждения здания.....	
Приложение С (справочное) Оценка размера ущерба L_x для здания.....	
Приложение D (справочное) Оценка вероятности P'_x повреждения системы энергоснабжения.....	
Приложение E (справочное) Оценка размера ущерба L'_x для системы энергоснабжения	
Приложение F (справочное) Коммутационные перенапряжения	
Приложение G (справочное) Определение стоимости ущерба.....	
Приложение H (справочное) Изучение конкретного случая, касающегося зданий.....	
Приложение I (справочное) Изучение конкретного случая, касающегося систем энергоснабжения. Линия связи.....	
Приложение J (справочное) Упрощенная программа оценки риска для зданий.....	
Библиография	
Приложение Д.А (справочное) Сведения о соответствии государственных предстандартов ссылочным международным стандартам	

Введение

Серия международных стандартов IEC 62305 состоит из следующих частей под общим названием «Защита от атмосферного электричества»:

- часть 1. Общие принципы;
- часть 2. Управление риском;
- часть 3. Физические повреждения зданий, сооружений и опасность для жизни;
- часть 4. Электрические и электронные системы внутри зданий и сооружений;
- часть 5. Системы энергоснабжения¹⁾.

Удары молнии в землю могут быть опасными для зданий и систем энергоснабжения.

Опасностью для здания является:

- повреждение здания и находящегося внутри него оборудования;
- выход из строя соответствующих электрических и электронных систем;
- поражение людей, находящихся в здании или рядом с ним.

Последующие воздействия повреждения и поломок могут распространяться на окружающую среду здания или его оборудование.

Опасностью для систем энергоснабжения является:

- повреждение самих систем энергоснабжения;
- выход из строя соответствующих электрических и электронных систем.

Для снижения ущерба, возникающего в результате воздействия молнии, могут потребоваться определенные меры молниезащиты. Необходимость и меры молниезащиты должны определяться после оценки риска.

Риск, определяемый в настоящем предстандарте, как вероятный средний годовой ущерб зданию и системе энергоснабжения в результате ударов молнии, зависит от следующего:

- годового количества ударов молнии, воздействующих на здание и систему энергоснабжения;
- вероятности повреждения одним из воздействующих ударов молнии;
- среднего объема последующего ущерба.

Удары молнии, воздействующие на здание, можно подразделить на:

- удары, воздействующие на здание;
- удары, возникающие вблизи здания, непосредственно на подсоединенные к нему системы энергоснабжения (линии электропередачи и связи, другие системы) или вблизи систем энергоснабжения.

Удары молнии, воздействующие на систему энергоснабжения, можно подразделить на:

- удары, воздействующие на систему энергоснабжения;
- удары, возникающие вблизи системы энергоснабжения или непосредственно на здание, подсоединенное к системе энергоснабжения.

Удары молнии в здание или подсоединенную к нему систему энергоснабжения могут вызвать физическое повреждение и опасность для жизни людей. Удары молнии, возникающие вблизи здания или системы энергоснабжения, а также удары молнии в здание или систему энергоснабжения, могут стать причиной выхода из строя электрических и электронных систем в результате перенапряжений, образуемых из-за резистивной и индуктивной связей этих систем с током молнии.

Кроме того, отказы, возникающие в результате грозового перенапряжения в установках потребителей электроэнергии в линиях электропередачи, могут также генерировать в установках перенапряжения коммутационного типа.

Примечание 1 – Серия стандартов IEC 62305 не распространяется на выход из строя электрических и электронных систем. Следует руководствоваться [1].

Примечание 2 – Информация об оценке риска, возникающего в результате коммутационных перенапряжений, приведена в приложении F.

Количество ударов молнии, воздействующих на здание и системы энергоснабжения, зависит от размеров и характеристик здания и этих систем, и от характеристик их окружающей обстановки, а также от плотности разряда молнии в землю в регионе, в котором находятся здание и системы энергоснабжения.

Вероятность повреждения молнией зависит от здания, систем энергоснабжения и характеристик тока молнии, а также от типа и эффективности применяемых мер молниезащиты.

Годовой средний объем косвенного ущерба зависит от степени повреждения и последующих воздействий, которые могут возникнуть в результате удара молнии.

Эффективность защитных мер обуславливается характеристиками каждой меры молниезащиты и может уменьшить вероятность повреждения или размер последующего ущерба.

Оценку риска, возникающего в результате всех вероятных воздействий ударов молнии на здание и системы энергоснабжения, устанавливает настоящий предстандарт, идентичный IEC 62305-2, который является пересмотренной версией IEC 61662:1995 и дополнения Adm.1:1996 к нему.

При желании избежать от риска решение для обеспечения молниезащиты может приниматься независимо от результата проведенной оценки риска.

1 Область применения

Настоящий предварительный государственный стандарт (далее – предстандарт) распространяется на защиту от атмосферного электричества и устанавливает метод оценки риска для зданий или систем энергоснабжения в результате ударов молнии в землю.

Целью настоящего предстандarta является предоставление процедуры для оценки такого риска. Настоящий предстандарт также позволит выбрать соответствующие меры молниезащиты для уменьшения риска до допустимого предела или более низкого значения в случаях, когда он превышает установленный допустимый верхний предел.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего предстандarta необходимы следующие стандарты (документы). Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного стандарта (документа) (включая все его изменения).

IEC 60079-10-1:2008¹⁾ Среда взрывоопасная. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды

IEC 60079-10-2:2009²⁾ Среда взрывоопасная. Часть 10-2. Классификация зон. Взрывоопасные пыльные среды

IEC 62305-1:2006 Защита от атмосферного электричества. Часть 1: Общие принципы

IEC 62305-3:2006 Защита от атмосферного электричества. Часть 3. Физические повреждения зданий, сооружений и опасность для жизни людей

IEC 62305-4:2006 Защита от атмосферного электричества. Часть 4. Электрические и электронные системы внутри зданий и сооружений

IEC 62305-5³⁾ Защита от атмосферного электричества. Часть 5. Системы энергоснабжения

ITU-T K.46:2008 Защита телекоммуникационных линий с помощью металлических симметричных проводников от грозового индуцированного перенапряжения

ITU-T K.47:2008 Защита телекоммуникационных линий с помощью металлических проводников от прямых грозовых разрядов

3 Термины и определения, обозначения и сокращения

В настоящем предстандarte применяют термины, обозначения и сокращения, установленные в IEC 62305-1 и других стандартах серии IEC 62305, а также следующие термины с соответствующими определениями, обозначения и сокращения.

3.1.1 защищаемый объект (object to be protected): Здание или система энергоснабжения, которые должны быть защищены от воздействий молнии.

3.1.2 защищаемая конструкция (structure to be protected): Здание, которому требуется защита от воздействий молнии в соответствии с настоящим предстандартom.

Примечание – Защищаемая конструкция может быть частью более крупной конструкции.

3.1.3 здания с риском взрыва (structures with risk of explosion): Здания, содержащие твердые взрывчатые материалы или опасные зоны, как определено в IEC 60079-10-1 и IEC 60079-10-2.

Примечание – В настоящем предстандarte рассматриваются здания и системы энергоснабжения с зонами опасности типа 0, содержащие твердые взрывчатые материалы.

3.1.4 здания, опасные для окружающей среды (structures dangerous to the environment): Здания, которые могут вызывать биологические, химические и радиоактивные загрязняющие выбросы (например, химические, нефтехимические предприятия, атомные станции и т.д.).

3.1.5 городская окружающая среда (urban environment): Зона с высокой плотностью зданий или густонаселенные районы с высотными зданиями и сооружениями.

Примечание – «Центр города» является примером городской окружающей среды.

3.1.6 окружающая среда в пригородных районах (suburban environment): Зона со средней плотностью застройки.

Примечание – «Малонаселенные пункты» являются примером окружающей среды в пригородных районах.

3.1.7 сельская окружающая среда (rural environment): Зона с низкой плотностью застройки.

Примечание – «Сельская местность» - пример сельской окружающей среды.

3.1.8 номинальное импульсное выдерживаемое напряжение U_w (rated impulse withstand voltage level): Импульсное выдерживаемое напряжение, установленное изготовителем для оборудования или его части, характеризующее конкретную способность его изоляции выдерживать перенапряжения.

Примечание – В настоящем предстандарте рассматривается только выдерживаемое напряжение между проводами под напряжением и землей [2].

3.1.9 электрическая система (electrical system): Система, включающая компоненты низковольтного электроснабжения.

3.1.10 электронная система (electronic system): Система, включающая чувствительные электронные компоненты, например аппаратуру связи, компьютер, системы управления и измерительные системы, радиосистемы, установки силовой электроники.

3.1.11 внутренние системы (internal systems): Электрические и электронные системы внутри здания или сооружения.

3.1.12 защищаемая система энергоснабжения (service to be protected): Система энергоснабжения, подсоединенная к зданию, которая требует молниезащиты от воздействий молнии в соответствии с настоящим предстандартом.

3.1.13 линии связи (telecommunication lines): Среда передачи данных, предназначенная для связи между оборудованием, которое может располагаться в отдельных зданиях, например телефонная линия и линия передачи данных.

3.1.14 линии электропередачи (power lines): Линии передачи, подающие электрическую энергию в здание к расположенному в нем электрическому и электронному оборудованию, например низковольтным или высоковольтным электросетям.

3.1.15 трубопроводы (pipes): Трубопроводы, предназначенные для транспортирования жидкости в здание или из него, например газо- и водопроводные трубы, нефтяные трубы).

3.1.16 опасный случай (dangerous event): Удар молнии в здание, которому необходимо обеспечить молниезащиту, или вблизи него.

3.1.7 удар молнии в объект (lightning flash to an object): Молния, ударяющая в защищаемый объект.

3.1.18 удар молнии вблизи объекта (lightning flash near an object): Молния, ударяющая на достаточно близком расстоянии от защищаемого объекта, которая может вызвать опасные перенапряжения.

3.1.19 количество опасных случаев, возникающих из-за ударов молнии в здание, N_o (number of dangerous events due to flashes to a structure): Предполагаемое среднегодовое количество опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии в здание.

3.1.20 количество опасных случаев, возникающих из-за ударов молнии в систему энергоснабжения, N_L (number of dangerous events due to flashes to a service): Предполагаемое среднегодовое количество опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии в систему энергоснабжения.

3.1.21 количество опасных случаев, возникающих из-за ударов молнии вблизи здания, N_M (number of dangerous events due to flashes to a structure): Предполагаемое среднегодовое количество опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии вблизи здания.

3.1.22 количество опасных случаев, возникающих из-за ударов молнии вблизи системы энергоснабжения, N_I (number of dangerous events due to flashes to a service): Предполагаемое среднегодовое количество опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии вблизи системы энергоснабжения.

3.1.23 электромагнитный импульс от грозовых разрядов; ЭМИ от грозовых разрядов (lightning electromagnetic impulse; LEMP): Электромагнитные воздействия тока молнии.

Примечание – ЭМИ от грозовых разрядов включает выбросы напряжения, а также радиационные воздействия импульсного электромагнитного поля.

3.1.24 перенапряжение (surge): Набегающая волна, вызываемая электромагнитными импульсами от грозовых разрядов и представляющая собой бросок напряжения и/или свертка.

Примечание – Перенапряжения, вызываемые электромагнитными импульсами от грозовых разрядов (ЭМИ от грозовых разрядов), могут обуславливаться током (его составляющими) молнии, индукционным эффектом в контурах оборудования и остаточным опасным напряжением в цепях с устройствами для защиты от перенапряжения (УЗП).

3.1.25 место соединения (node): Точка в линии подвода, в которой распространение перенапряжения можно принять как незначительное.

Примечание – Примерами мест соединения являются точки на отводе распределения линий электропередач на высоковольтном/низковольтном трансформаторе, канальном уплотнителе на линии связи или устройстве для защиты от перенапряжения (ограничителе перенапряжения), установленном вдоль линии, в соответствии с IEC 62305-5.

3.1.26 физическое повреждение (physical damage): Повреждение здания (или его элементов) или системы энергоснабжения, возникающее в результате механических, тепловых, химических и взрывных воздействий молнии.

3.1.27 угроза для жизни (injury to living beings): Поражение, в том числе гибель людей или животных из-за контактного и шагового напряжения, вызываемых молнией.

3.1.28 повреждение электрических и электронных систем (failure of electrical and electronic systems): Долговременное повреждение электрических и электронных систем, возникающее в результате электромагнитного импульса от грозových разрядов (ЭМИ от грозových разрядов).

3.1.29 ток повреждения I_a (failure current): Минимальное пиковое значение тока молнии, которое может вызвать повреждение линии.

3.1.30 вероятность повреждения P_x (probability of damage): Вероятность того, что опасный случай вызовет повреждение защищаемого объекта или содержимого внутри него.

3.1.31 ущерб L_x (loss): Средний размер ущерба (люди и имущество) в результате конкретного типа повреждения, возникающего в результате опасного случая, связанного с общей ценностью (люди и имущество) защищаемого объекта.

3.1.32 риск R (risk): Значение вероятного среднего годового ущерба (люди и имущество) относительно защищаемого объекта (люди и имущество) в результате воздействия молнии.

3.1.33 элемент риска R_x (risk component): Частичный риск, зависящий от источника и типа повреждения.

3.1.34 допустимый риск R_T (tolerable risk): Максимальное значение риска, которое можно допустить для защищаемого объекта.

3.1.35 зона здания Z_s (zone of structure): Часть здания с однородными характеристиками, когда при оценке элемента риска используют только одну совокупность параметров.

3.1.36 участок системы энергоснабжения S_s (section of a service): Часть системы энергоснабжения с однородными характеристиками, когда при оценке элемента риска используют только одну совокупность параметров.

3.1.37 зона молниезащиты; ЗМЗ (lightning protection zone; LPZ): Зона, в которой определена электромагнитная среда.

Примечание – Границы зоны молниезащиты не обязательно являются физическими границами (например, стены, пол и потолок).

3.1.38 уровень молниезащиты; УМЗ (lightning protection level; LPL): Показатель совокупности значений параметров тока молнии, связанный с вероятностью того, что соответствующие максимальные и минимальные расчетные данные не будут превышены при ударе молнии, возникающей в естественной среде.

Примечание – Уровень молниезащиты используется для расчета мер защиты в соответствии с необходимой совокупностью значений параметров тока молнии.

3.1.39 меры молниезащиты (protection measures): Меры, которые с целью снижения риска должны приниматься в отношении защищаемого объекта.

3.1.40 система молниезащиты; СМЗ (lightning protection system; LPS): Комплексная система, используемая для снижения материального ущерба при ударе молнии в здание.

Примечание – Система молниезащиты состоит из внешней и внутренней систем молниезащиты.

3.1.41 система мер молниезащиты от электромагнитных импульсов от грозových разрядов; СММЗ от ЭМИ от грозových разрядов (LEMP protection measures system; LPMS): Комплексная система мер молниезащиты внутренних систем от электромагнитных импульсов, возникающих от грозových разрядов.

3.1.42 экранированный провод (shielding wire): Металлический провод, используемый для уменьшения физического повреждения в результате удара молнии в систему энергоснабжения.

3.1.43 магнитный экран (magnetic shield): Закрытый металлический экран сетчатого или сплошного типа, окружающий защищаемый объект или его часть, используемый для защиты от возможных повреждений электрических или электронных систем.

3.1.44 грозозащитный кабель (lightning protective cable): Специальный кабель с повышенной диэлектрической прочностью, металлическая оболочка которого постоянно контактирует с землей либо непосредственно, либо в результате использования токопроводящего пластмассового покрытия.

3.1.45 грозозащитный кабельный трубопровод (lightning protective cable duct): Кабельный трубопровод с низким электрическим удельным сопротивлением, контактирующий с почвой (например, бетонный трубопровод с соединенной конструкционной стальной арматурой или металлический трубопровод).

3.1.46 устройство для молниезащиты от перенапряжений; УЗП (surge protective device; SPD): Устройство, содержащее по крайней мере один нелинейный элемент и предназначенное для ограничения динамических перенапряжений и отвода сверхтоков.

3.1.47 скоординированная защита от выброса тока (coordinated SPD protection): Совокупность тщательно выбранных устройств молниезащиты от выброса тока, скоординированных и возведенных для уменьшения повреждений электрических и электронных систем.

3.2 Обозначения и сокращения

A – норма амортизации (см. приложение G);

A_d – участок сбора данных относительно ударов молнии в отдельное здание (см. A.2 в приложении A);

A_d' – участок сбора данных, относящихся к выступающей части наклонной крыши (см. A.2.1 в приложении A);

A_i – участок сбора данных относительно ударов молнии вблизи системы энергоснабжения (см. A.4 и таблицу A.3 в приложении A);

A_l – участок сбора данных относительно ударов молнии в систему энергоснабжения (см. A.4 и таблицу A.3 в приложении A);

A_m – участок воздействия ударов молнии вблизи системы энергоснабжения (см. A.3 в приложении A);

B – здание (см. A.2 в приложении A);

c – среднее значение вероятного ущерба зданию в денежном выражении (см. C.4 и C.5 в приложении C);

C_A – годовая стоимость животных (см. приложение G);

C_B – годовая стоимость здания (см. приложение G);

C_C – годовая стоимость оборудования, находящегося в здании (см. приложение G);

C_d – фактор влияния местоположения (см. A.2 и таблицу A.2 в приложении A);

C_e – фактор влияния окружающей среды (см. A.5 и таблицу A.5 в приложении A);

C_L – годовая стоимость общего объема ущерба при отсутствии защитных мер (см. 5.6; приложение G);

C_{RL} – годовая стоимость остаточного ущерба (см. 5.6; приложение G);

C_P – стоимость мер молниезащиты (см. приложение G);

C_{PM} – годовая стоимость выбранных мер молниезащиты (см. 5.6; приложение G);

C_S – годовая стоимость систем в здании (см. приложение G);

C_t – поправочный коэффициент для высоковольтного/низковольтного трансформатора в системе энергоснабжения (см. A.4 и таблицу A.4 в приложении A);

c_t – полная стоимость здания в денежном выражении (см. C.4, C.5 в приложении C; E.3 в приложении E);

D_i – горизонтальная дальность, относящаяся к удару молнии вблизи системы энергоснабжения (см. A.5 в приложении A);

$D1$ – поражение людей (см. 4.1.2);

$D2$ – физическое повреждение (см. 4.1.2);

$D3$ – повреждение электрических и электронных систем (см. 4.1.2);

h_z – фактор увеличения ущерба, учитываемый при наличии особой опасности (см. C.2 и таблицу C.5 в приложении C);

H – высота здания (см. A.4 в приложении A);

H_a – высота здания, соединенного с концом «a» системы энергоснабжения (см. A.4 в приложении A);

H_b – высота здания, соединенного с концом «b» системы энергоснабжения (см. A.4 в приложении A);

H_c – высота проводов абонентской линии над землей (см. A.4 в приложении A);

i – процентная ставка (см. приложение G);
 I_a – ток повреждения (см. D.1.1, D.1.2 в приложении D);

K_d – фактор, относящийся к характеристикам системы энергоснабжения (см. D.1.1 в приложении D);
 K_{MS} – фактор, относящийся к техническим характеристикам защитных мер от электромагнитных импульсов, возникающих от грозовых разрядов LEMP (см. B.4 в приложении B);
 K_p – фактор, относящийся к мерам молниезащиты в системе энергоснабжения (см. D.1.1 в приложении D);
 K_{S1} – фактор, относящийся к эффективности экранирования здания (см. B.4 в приложении B);
 K_{S2} – фактор, относящийся к эффективности молниезащиты посредством экранов внутри здания (см. B.4 в приложении B);
 K_{S3} – фактор, относящийся к характеристикам внутренней проводки (см. B.4 в приложении B);
 K_{S4} – фактор, относящийся к импульсному выдерживаемому напряжению (см. B.4 в приложении B);

L – длина здания (см. A.2 в приложении A);
 L_a – длина здания, соединенного с концом «а» системы энергоснабжения (см. A.4 в приложении A);
 L_A – ущерб, связанный с поражением людей (см. 6.2; таблицу 8);
 L_B – ущерб зданию, связанный с физическим повреждением (удары молнии в здание) (см. 6.2; таблицу 8);
 L'_B – ущерб системе энергоснабжения, связанный с физическим повреждением (удары молнии в систему энергоснабжения) (см. 7.4; таблицу 10);
 L_c – длина участка системы энергоснабжения (см. A.4 в приложении A);
 L_C – ущерб, связанный с повреждением внутренних систем (удары молнии в здание) (см. 6.2; таблицу 8);
 L'_C – ущерб, связанный с повреждением оборудования систем (удары молнии в здание) (см. 7.4; таблицу 10);
 L_f – ущерб зданию, возникающий в результате физического повреждения (см. C.1 в приложении C);
 L'_f – ущерб системе энергоснабжения, возникающий в результате физического повреждения (см. E.1 в приложении E);
 L_M – ущерб, связанный с повреждением внутренних систем (удары молнии вблизи здания) (см. 6.3; таблицу 8);
 L_o – ущерб зданию, возникающий в результате повреждения внутренних систем (см. C.1 в приложении C);
 L'_o – ущерб системе энергоснабжения, возникающий в результате повреждения внутренних систем (см. E.1 в приложении E);
 L_t – ущерб, возникающий из-за повреждения контактным и шаговым напряжением (см. C.1 в приложении C);
 L_U – ущерб, связанный с поражением людей (удары молнии в систему энергоснабжения) (см. 6.4; таблицу 8);
 L_V – ущерб зданию, возникающий в результате физического повреждения (удары молнии в систему энергоснабжения) (см. 6.4; таблицу 8);
 L'_V – ущерб системе энергоснабжения, возникающий в результате физического повреждения (удары молнии в систему энергоснабжения) (см. 7.2; таблицу 10);
 L_W – ущерб, связанный с повреждением внутренних систем (удары молнии в систему энергоснабжения) (см. 6.4; таблицу 8);
 L'_W – ущерб, связанный с повреждением оборудования системы энергоснабжения (удары молнии в систему энергоснабжения) (см. 7.2; таблицу 10);
 L_X – последующий ущерб зданию (см. 6.1);
 L'_X – последующий ущерб для системы энергоснабжения (см. 7.1);
 L_Z – ущерб, связанный с повреждением внутренних систем (удары молнии вблизи системы энергоснабжения) (см. 6.5; таблицу 8);
 L'_Z – ущерб, связанный с повреждением оборудования системы энергоснабжения (удары молнии вблизи системы энергоснабжения) (см. 7.3; таблицу 10);
 $L1$ – гибель людей, находящихся в здании (см. 4.1.3);
 $L2$ – нарушение коммунального обслуживания из-за повреждений в здании (см. 4.1.3);
 $L'2$ – нарушение коммунального обслуживания из-за повреждений в системе энергоснабжения (см. 4.1.3);
 $L3$ – потеря культурных ценностей, находящихся в здании (см. 4.1.3);
 $L4$ – ущерб экономической ценности в здании (см. 4.1.3);
 $L'4$ – ущерб экономической ценности в системе энергоснабжения (см. 4.1.3);

m – норма амортизации (см. приложение G);

n – количество систем энергоснабжения, подсоединенных к зданию (см. D.1.1 в приложении D);

N_X – количество опасных случаев, происходящих в течение года (см. 6.1);

N_D – количество опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии в здание (см. A.2.3 в приложении A);

N_{Da} – количество опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии в здание на конце «а» линии (см. A.2.4 в приложении A; таблицу 8);

N_g – плотность ударов молнии в землю (см. A.1 в приложении A);

N_l – количество опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии вблизи системы энергоснабжения (см. A.5 в приложении A);

N_L – количество опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии в систему энергоснабжения (см. A.4 в приложении A);

N_M – количество опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии вблизи здания (см. A.3 в приложении A);

n_p – вероятное количество работников, подвергающихся опасности (жертв или не обслуженных потребителей электроэнергии) (см. C.2, C.3 в приложении C; E.2 в приложении E);

n_s – определенное или измеренное ежегодное количество коммутационных перенапряжений (см. приложение F);

N_s – ежегодное количество коммутационных перенапряжений, превышающих 2,5 кВ (см. приложение F);

n_t – предполагаемое общее количество лиц (или обслуживаемых потребителей электроэнергии) в здании (см. C.2, C.3 в приложении C; E.2 в приложении E);

P – вероятность повреждения (см. 3.1.29);

P_A – вероятность поражения людей (удары молнии в здание) (см. 6.2; таблицу 8);

P_B – вероятность физического повреждения здания (удары молнии в здание) (см. 6.2; таблицу 8);

P'_B – вероятность физического повреждения системы энергоснабжения (удары молнии в здание) (см. 7.4; таблицу 10);

P_C – вероятность повреждения внутренних систем (удары молнии в здание) (см. 6.2; таблицу 8);

P'_C – вероятность повреждения оборудования системы энергоснабжения (удары молнии в здание) (см. 7.4; таблицу 10);

P_{LD} – вероятность повреждения внутренних систем (удары молнии в подсоединенную систему энергоснабжения) (см. B.5, B.6, B.7 в приложении B);

P_{LI} – вероятность повреждения внутренних систем (удары молнии вблизи подсоединенной системы энергоснабжения) (см. B.8 в приложении B);

P_M – вероятность повреждения внутренних систем (удары молнии вблизи здания) (см. B.3 в приложении B; таблицу 8);

P_{MS} – вероятность повреждения внутренних систем (с защитными мерами) (см. B.4 в приложении B);

P_{SPD} – вероятность повреждения внутренних систем или системы энергоснабжения при наличии установленных устройств молниезащиты от перенапряжения (см. B.3, B.4 в приложении B);

P_U – вероятность поражения людей (удары молнии в подсоединенную систему энергоснабжения) (см. 6.4; таблицу 8);

P_V – вероятность физического повреждения здания (удары молнии в подсоединенную систему энергоснабжения) (см. 6.4; таблицу 8);

P'_V – вероятность физического повреждения здания (удары молнии в подсоединенную систему энергоснабжения) (см. 7.2; таблицу 10);

P_W – вероятность повреждения внутренних систем (удары молнии в подсоединенную систему энергоснабжения) (см. 6.4; таблицу 6);

P'_W – вероятность повреждения оборудования системы энергоснабжения (удары молнии в систему энергоснабжения) (см. 7.2; таблицу 10);

P_X – вероятность повреждения здания (см. 6.1);

P'_X – вероятность повреждения системы энергоснабжения (см. 7.1);

P_Z – вероятность повреждения внутренних систем (удары молнии вблизи системы энергоснабжения) (см. 6.5; таблицу 8);

P'_Z – вероятность повреждения оборудования системы энергоснабжения (удары молнии вблизи системы энергоснабжения) (см. 7.3; таблицу 10);

r_a – фактор уменьшения, зависящий от типа поверхности земли (см. C.2 в приложении C);

r_u – фактор уменьшения, зависящий от типа поверхности пола (см. C.2 в приложении C);

r_p – фактор уменьшения ущерба, зависящий от принятых противопожарных мер (см. C.2 в приложении C);

R – риск (см. 3.1; 3.2);

R_A – элемент риска (поражение людей – удары молнии в здание) (см. 4.2.2);
 R_B – элемент риска (физическое повреждение здания – удары молнии в здание) (см. 4.2.2);
 R'_B – элемент риска (физическое повреждение системы энергоснабжения – удары молнии в здание) (см. 4.2.8);
 R_C – элемент риска (повреждение внутренних систем – удары молнии в здание) (см. 4.2.2);
 R'_C – элемент риска (повреждение оборудования системы энергоснабжения – удары молнии в здание) (см. 4.2.8);
 R_D – риск для здания, возникающий в результате ударов молнии в здание (см. 4.3.1);
 r_f – фактор уменьшения ущерба, зависящий от опасности возгорания (см. С.2 в приложении С);
 R_F – риск, возникающий в результате физического повреждения здания (см. 4.3.2);
 R'_F – риск, возникающий в результате физического повреждения системы энергоснабжения (см. 4.4.2);
 R_I – риск для здания, возникающий в результате ударов молнии в здание (см. 4.3.1);
 R_M – элемент риска (повреждение внутренних систем – удары молнии вблизи здания) (см. 4.2.3);
 R'_M – риск R_M , когда приняты меры молниезащиты (см. приложение G);
 R_O – риск, возникающий в результате повреждения внутренних систем (см. 4.3.2);
 R'_O – риск, возникающий в результате повреждения оборудования системы энергоснабжения (см. 4.4.2);
 R_S – сопротивление экранирования на единицу длины кабеля (см. В.5, В.8 в приложении В; D.1 в приложении D);
 R_S – риск, возникающий в результате поражения людей (см. 4.3.2);
 R_T – допустимый риск (см. 3.1.34);
 R_U – элемент риска (поражение людей – удары молнии в подсоединенную систему энергоснабжения) (см. 4.2.4);
 R_V – элемент риска (физическое повреждение здания – удары молнии в подсоединенную систему энергоснабжения) (см. 4.2.4);
 R'_V – элемент риска (физическое повреждение системы энергоснабжения – удары молнии в подсоединенную систему энергоснабжения) (см. 4.2.6);
 R_W – элемент риска (повреждение внутренних систем – удары молнии в подсоединенную систему энергоснабжения) (см. 4.2.4);
 R'_W – элемент риска (повреждение оборудования системы энергоснабжения – удары молнии в систему энергоснабжения) (см. 4.2.6);
 R_X – элемент риска для здания (см. 3.1.33);
 R'_X – элемент риска для системы энергоснабжения (см. 7.1);
 R_Z – элемент риска (повреждение внутренних систем – удары молнии вблизи системы энергоснабжения) (см. 4.2.5);
 R'_Z – элемент риска (повреждение оборудования системы энергоснабжения – удары молнии вблизи системы энергоснабжения) (см. 4.2.7);
 R_1 – риск поражения людей в здании (см. 4.2.1; 4.3);
 R_2 – недопустимое нарушение коммунального обслуживания из-за повреждений в здании (см. 4.2.1; 4.3);
 R'_2 – недопустимое нарушение коммунального обслуживания из-за повреждений в системе энергоснабжения (см. 4.2.1; 4.4);
 R_3 – потеря культурных ценностей, находящихся в здании (см. 4.2.1; 4.4);
 R_4 – риск ущерба экономической ценности в здании (см. 4.2.1; 4.3);
 R'_4 – риск ущерба экономической ценности в системе энергоснабжения (см. 4.2.1; 4.4);

S – здание (см. А.2 в приложении А);
 S – ежегодная экономия денежных средств (см. приложение G);
 S_S – участок системы энергоснабжения (см. 3.1.36);
 S_1 – удары молнии в здание (см. 4.1.1);
 S_2 – удары вблизи здания (см. 4.1.1);
 S_3 – удары молнии в систему энергоснабжения (см. 4.1.1);
 S_4 – удары молнии вблизи системы энергоснабжения (см. 4.1.1);

t – ежегодная продолжительность нарушения коммунального обслуживания из-за повреждений в системе энергоснабжения, ч (см. С.3 в приложении С; Е.2 в приложении Е);
 t_p – время в часах (в год) нахождения людей в опасном месте (см. С.2 в приложении С);
 T_d – количество грозových дней в году (см. А.1 в приложении А);
 T_x – точки перехода (см. приложение I);

U_W – номинальное импульсное выдерживаемое напряжение системы (см. В.4 в приложении В);

w – ширина сетки (см. В.4 в приложении В);
 W – ширина здания (см. А.2 в приложении А);
 W_a – ширина здания, подсоединенного на конце «а» системы энергоснабжения (см. А.4 в приложении А);
 Z_s – зоны здания (см. 3.1.35).

4 Разъяснение терминов

4.1 Повреждение и ущерб

4.1.1 Источник повреждения

Ток молнии является первичным источником повреждения. Следующие источники рассматривают в зависимости от точки удара разряда (см. таблицу 1):

- S1 – удары молнии в здание;
- S2 – удары молнии вблизи здания;
- S3 – удары молнии в систему энергоснабжения;
- S4 – удары молнии вблизи системы энергоснабжения.

4.1.2 Типы повреждения

Удар молнии может вызывать повреждение в зависимости от характеристик защищаемого объекта. Наиболее важными характеристиками являются: тип здания или сооружения, функциональное назначение и содержимое здания или сооружения, эксплуатация здания или сооружения и обеспечиваемые меры молниезащиты.

Для практических применений настоящей оценки риска важно делать различие между тремя основными типами повреждения, которое может произойти в результате ударов молнии. К ним относятся следующие типы (см. таблицы 1 и 2):

- D1 – поражение людей;
- D2 – физическое повреждение;
- D3 – повреждение электрических и электронных систем.

Повреждение здания, возникающее в результате удара молнии, может ограничиваться частью здания или может распространяться на все здание. Он также может включать окружающие здания или среду (например, выбросы химических веществ или радиоактивные излучения).

Молния, воздействующая на систему энергоснабжения, может повреждать сами физические средства: линии или трубопроводы, используемые для обеспечения услуг электроснабжения, а также связанные с ними электрические или электронные системы. Повреждение может также распространяться на внутренние системы, подключенные к системе энергоснабжения.

4.1.3 Типы ущерба

Каждый тип ущерба по отдельности или в комбинации с другими может стать причиной различных повреждений в защищаемом объекте. Возникаемый тип ущерба зависит от характеристик самого объекта и от находящегося в нем оборудования. Рассматривают следующие типы ущерба (см. таблицу 1):

- L1 – гибель людей;
- L2 – недопустимое нарушение коммунального обслуживания;
- L3 – потеря культурных ценностей;
- L4 – ущерб экономической ценности (зданию и оборудованию, находящемуся внутри него, системе энергоснабжения и деятельности);

К ущербам, которые могут возникнуть в здании, относятся:

- L1 – гибель людей;
- L2 – недопустимое нарушение коммунального обслуживания;
- L3 – потеря культурных ценностей;

- L4 – ущерб экономической ценности (зданию и оборудованию, находящемуся внутри него);

К ущербам, которые могут возникать в системе энергоснабжения, относятся:

- L'2 – недопустимое нарушение коммунального обслуживания;
- L'4 – ущерб экономической ценности (системе энергоснабжения и ущерб деятельности).

Примечание – В настоящем предстандарте не рассматривается гибель людей, связанная с системой энергоснабжения.

Таблица 1 – Источники повреждения, типы повреждения и типы ущерба, соответствующие точке удара молнии

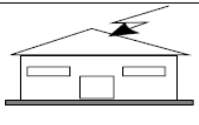
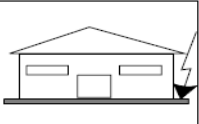
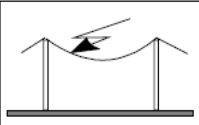
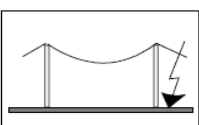
Точка удара	Источник повреждения	Здание		Система электропередачи	
		Тип повреждения	Тип ущерба	Тип повреждения	Тип ущерба
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ¹⁾ , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	S2	D3	L1 ¹⁾ , L2, L4		
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ²⁾ L1, L2, L3, L4 L1 ¹⁾ , L2, L4	D2 D3	L'2, L'4 L'2, L'4
	S4	D3	L1 ¹⁾ , L2, L4	D3	L'2, L'4
¹⁾ Только для зданий с риском взрыва и для больниц или других зданий, в которых повреждение внутренних систем сразу представляет опасность для жизни людей. ²⁾ Только для сооружений, в которых могут погибнуть животные.					

Таблица 2 – Риск для здания в зависимости от типа повреждения и ущерба

Нанесение ущерба/Повреждение	L1 Поражение людей	L2 Нарушение коммунального обслуживания	L3 Потеря культурных ценностей	L4 Нанесение ущерба экономической ценности
D1 Поражение людей	R_S	-	-	$R_S^{1)}$
D2 Физическое повреждение	R_F	R_F	R_F	R_F
D3 Повреждение электрических и электронных систем	$R_O^{2)}$	R_O	-	R_O
¹⁾ Только для сооружений, в которых могут погибнуть животные. ²⁾ Только для сооружений, в которых имеется опасность взрыва, и для больниц или других сооружений, в которых повреждение внутренних систем сразу же создает угрозу безопасности людей.				

4.2 Риск и элементы риска

4.2.1 Риск

Риск R – это значение вероятного ежегодного ущерба. Риск следует оценивать в зависимости от типа ущерба, который может быть нанесен зданию или системе энергоснабжения.

Риски, которые следует оценивать в здании, могут быть следующими:

- R_1 – риск гибели людей;
- R_2 – недопустимое нарушение коммунального обслуживания;
- R_3 – потеря культурных ценностей;
- R_4 – риск нанесения ущерба экономической ценности.

Риски, оцениваемые в системе энергоснабжения, могут быть следующими:

- R'_2 – недопустимое нарушение коммунального обслуживания;
- R'_4 – риск нанесения ущерба экономической ценности.

Для оценки рисков R определяют и рассчитывают соответствующие элементы риска (частичные риски, зависящие от источника и типа повреждения).

Каждый риск R – это совокупность элементов риска. При расчете риска можно группировать его элементы в соответствии с источником и типом повреждения.

4.2.2 Элементы риска для здания в результате ударов в него молнии

R_A – элемент риска, относящийся к угрозе жизни, возникающей в результате контактного и шагового напряжения в зонах, находящихся на расстоянии до 3 м за наружными стенами здания. Также может возникать ущерб типа L1, а в сооружении для содержания скота – ущерб типа L4 с вероятным нанесением ущерба животным.

Примечание 1 – Элемент риска, возникающего в результате контактного и шагового напряжения внутри здания, в результате ударов в него молнии в настоящем предstandarte не рассматривается.

Примечание 2 – В специальных зданиях люди могут подвергаться опасности, связанной с непосредственными ударами (например, верхний уровень паркинга или стадионы). Эти случаи также можно рассматривать, применяя положения настоящего предstandarta;

R_B – элемент риска, относящийся к физическому повреждению, вызываемому опасным искрением внутри здания, которое инициирует пожар или взрыв, опасные для окружающей среды. Могут возникать все типы ущерба L1, L2, L3 и L4;

R_C – элемент риска, относящийся к повреждению внутренних систем, в результате воздействия электромагнитных импульсов от грозовых разрядов (ЭМИ от грозовых разрядов). Ущерб типа L2 и L4 может возникать во всех случаях одновременно с типом L1, касающимся зданий с риском возникновения взрыва, больниц или других сооружений, в которых повреждение внутренних систем сразу же подвергает опасности жизнь людей.

4.2.3 Элемент риска для здания в результате ударов молнии вблизи него

R_M – элемент риска, относящийся к повреждению внутренних систем, возникающему в результате электромагнитных импульсов от грозовых разрядов (ЭМИ от грозовых разрядов). Ущерб типов L1 и L4 может возникать во всех случаях наряду с типом L1 в зданиях с риском возникновения взрыва и больницах или других сооружениях, повреждение внутренних систем которых подвергает опасности жизнь людей.

4.2.4 Элементы риска для здания в результате ударов молнии в системы энергоснабжения, подсоединенные к зданию

R_U – элемент риска, относящийся к угрозе для жизни из-за контактного и шагового напряжения внутри здания, в результате воздействия тока молнии, которая попадает в линию электропередачи, входящую в здание. Может также иметь место ущерб типа L1 в случае сельскохозяйственных построек, ущерб типа L4 с вероятным нанесением ущерба животным;

R_V – элемент риска, относящийся к физическому повреждению от пожаров или взрывов, инициированных опасным искрением между внешней установкой и металлическими частями главным образом на точке входа линии электропередачи в здание, в результате воздействия тока молнии, передаваемого через или вдоль входящих систем энергоснабжения. Могут возникать все типы ущерба L1, L2, L3 или L4;

R_W – элемент риска, относящийся к повреждению внутренних систем, возникающему в результате перенапряжений, индуцированных на входящих линиях электропередачи и передаваемых зданию. Ущербов типов L2 и L4 могут возникать во всех случаях; наряду с ущербом типа L1 в случае зданий с риском взрыва и больниц или других сооружений, в которых повреждение внутренних систем сразу же подвергает опасности жизнь людей.

Примечание – Для оценки рассматриваемых систем энергоснабжения включают только линии электропередачи, входящие в здание. Удары молнии в трубопроводы или вблизи них не рассматриваются в качестве источника повреждения, основанного на соединении трубопроводов с шиной для выравнивания потенциалов. Если шина для выравнивания потенциалов отсутствует, то такую угрозу также необходимо рассматривать.

4.2.5 Элемент риска для здания в результате ударов молнии вблизи системы энергоснабжения, подсоединенной к зданию

R_Z – элемент риска, относящийся к повреждению внутренних систем, возникающему в результате перенапряжений, индуцированных на входящих линиях электропередачи и передаваемых на здание. Ущербов типов L3 и L4 могут возникать во всех случаях; наряду с ущербом типа L1 в случае зданий с риском взрыва и больниц или других сооружений, в которых повреждение внутренних систем сразу же подвергает опасности жизнь людей.

Примечание – Для оценки рассматриваемых систем энергоснабжения включают только линии электропередачи, входящие в здание. Удары молнии в трубопроводы или вблизи них не рассматриваются в каче-

стве источника повреждения, основанного на соединении трубопроводов с шиной для выравнивания потенциалов. Если такая шина отсутствует, то такую угрозу также необходимо рассматривать.

4.2.6 Элементы риска для системы энергоснабжения в результате ударов молнии в систему энергоснабжения

R'_V - элемент риска, относящийся к физическому повреждению, возникающему в результате динамических и тепловых воздействий тока молнии. Могут иметь место ущербы типа L'2 и L'4;

R'_W - элемент риска, относящийся к повреждению подсоединенного оборудования, возникающему из-за перенапряжений в результате резистивной связи. Могут иметь место ущербы типа L'2 и L'4.

4.2.7 Элемент риска для системы энергоснабжения в результате ударов молнии вблизи системы энергоснабжения

R'_Z - элемент риска, относящийся к повреждению линий электропередачи и подсоединенному оборудованию, вызываемому перенапряжениями, индуцированными на линии электропередачи. Могут возникать ущербы типа L'2 и L'4.

4.2.8 Элементы риска для системы энергоснабжения в результате ударов молнии в здание, к которому подсоединена система энергоснабжения

R'_B - элемент риска, относящийся к физическому повреждению, возникающему в результате динамических и тепловых воздействий тока молнии, протекающего вдоль линии электропередачи. Могут возникать ущербы типа L'2 и L'4;

R'_C - элемент риска, относящийся к повреждению подсоединенного оборудования, возникающему в результате перенапряжений в результате резистивной связи. Могут возникать ущербы типа L'2 и L'4.

4.3 Составляющие элементов риска, относящихся к зданиям

Элементы риска, которые следует рассматривать для каждого типа ущерба в здании, перечислены ниже:

- R_1 - риск угрозы человеческой жизни:

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{(1)} + R_M^{(1)} + R_U + R_V + R_W^{(1)} + R_Z^{(1)}; \quad (1)$$

- R_2 - риск нарушения коммунального обслуживания:

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z; \quad (2)$$

- R_3 - риск потери культурных ценностей:

$$R_3 = R_B + R_V; \quad (3)$$

- R_4 - риск нанесения ущерба экономической ценности:

$$R_4 = R_A^{(2)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{(2)} + R_V + R_W + R_Z. \quad (4)$$

Элементы риска, соответствующие каждому типу, объединены в таблице 3.

Таблица 3 – Элементы риска, рассматриваемые для каждого типа ущерба в здании

Источник повреждения	Удары молнии в здание S1			Удары молнии вблизи здания S2	Удар молнии в линию электропередачи, подсоединенную к зданию S3			Удар молнии вблизи линии электропередачи, подсоединенной к зданию S4
Элемент риска	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Риск для каждого типа ущерба:								

¹⁾ Только для зданий или сооружений, в которых имеется опасность взрыва, и для больниц с электрическим оборудованием, применяемым для спасения жизни больных, или других сооружений, в которых повреждение внутренних систем сразу же создает угрозу безопасности людей.

²⁾ Только для сооружений, в которых могут погибнуть животные.

R_1	*	*	* ¹⁾	* ¹⁾	*	*	* ¹⁾	* ¹⁾
R_2		*	*	*		*	*	*
R_3		*				*		
R_4	* ²⁾	*	*	*	* ²⁾	*	*	*
¹⁾ Только для сооружений, в которых имеется опасность взрыва, и для больниц или других сооружений, в которых повреждение внутренних систем сразу же создает угрозу безопасности людей. ²⁾ Только для сооружений, в которых могут погибнуть животные.								

4.3.1 Комбинация элементов риска, возникающих от различных источников повреждения

$$R = R_D + R_I, \quad (5)$$

где R_D – риск, возникающий в результате ударов молнии в здание (источник S1), который определяют как сумму:

$$R_D = R_A + R_B + R_C; \quad (6)$$

R_I – риск, возникающий в результате удара молнии, которая воздействует на здание, но не ударяет в него (источник S2, S3 и S4). Его определяют как сумму:

$$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z. \quad (7)$$

Изложенные элементы риска и их комбинацию см. в таблице 9.

4.3.2 Комбинация элементов риска, возникающих в результате различных типов повреждения

$$R = R_S + R_F + R_O, \quad (8)$$

где R_S – риск поражения людей (D1), определяемый как сумма:

$$R_S = R_A + R_U; \quad (9)$$

R_F – риск в результате физического повреждения людей (D2), определяемый как сумма:

$$R_F = R_B + R_V; \quad (10)$$

R_I – риск в результате повреждения внутренних систем (D3), определяемый как сумма:

$$R_O = R_M + R_C + R_W + R_Z. \quad (11)$$

Изложенные элементы риска и их комбинацию см. в таблице 9.

4.4 Комбинация элементов риска, относящихся к системе энергоснабжения

Ниже перечислены элементы риска, которые следует рассматривать для каждого типа ущерба в системе энергоснабжения.

- R'_2 – риск нарушения коммунального обслуживания:

$$R'_2 = R'_V + R'_W + R'_Z + R'_B + R'_C; \quad (12)$$

- R'_4 – риск нанесения ущерба экономической ценности:

$$R'_4 = R'_V + R'_W + R'_Z + R'_B + R'_C. \quad (13)$$

Элементы риска, которые следует рассматривать для каждого типа ущерба в системе энергоснабжения, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Элементы риска, рассматриваемые для каждого типа ущерба в системе энергоснабжения

Источник повреждения	Удар молнии в систему энергоснабжения S3		Удар молнии вблизи системы энергоснабжения S4	Удар молнии в здание S1	
	R'_V	R'_W		R'_B	R'_C
Элемент риска					
Риск для каждого типа ущерба R'_2	*	*	*	*	*
R'_4	*	*	*	*	*

4.4.1 Комбинация элементов риска относительно источников повреждения

$$R' = R'_D + R'_I, \quad (14)$$

где R'_D – риск, возникающий в результате ударов молнии в систему энергоснабжения (источник S3) и определяемый как сумма:

$$R'_D = R'_V + R'_W; \quad (15)$$

R'_I – риск, возникающий в результате ударов молнии, воздействующей на систему энергоснабжения, но не ударяющей в нее (источники S1 и S2); и определяемый как сумма:

$$R'_I = R'_B + R'_C + R'_Z. \quad (16)$$

Указанную комбинацию элементов риска для системы энергоснабжения см. в таблице 11.

4.4.2 Комбинация элементов риска относительно типа повреждения

$$R' = R'_F + R'_O, \quad (17)$$

где R'_F – риск, возникающий в результате физического повреждения (D2) и определяемый как сумма:

$$R'_F = R'_V + R'_B; \quad (18)$$

R'_O – риск, возникающий в результате повреждения внутренних систем (D.3) и определяемый как сумма:

$$R'_O = R'_W + R'_Z + R'_C. \quad (19)$$

Указанную комбинацию элементов риска для системы энергоснабжения см. в таблице 11.

4.5 Факторы, влияющие на элементы риска

4.5.1 Факторы, влияющие на элементы риска в здании

Характеристики здания и вероятные меры молниезащиты, влияющие на элементы риска для здания, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Факторы, влияющие на элементы риска в здании

Характеристики здания или внутренних систем. Меры молниезащиты	R_A	R_B	R_C	R_W	R_U	R_V	R_W	R_Z
Участок сбора данных	X	X	X	X	X	X	X	X
Удельное сопротивление поверхности земли	X							
Удельное сопротивление пола					X			
Физические ограничения, изоляция, предупреждения, уравнивание грозовых потенциалов земли	X				X			
Система молниезащиты	X ¹⁾	X	X ²⁾	X ²⁾	X ³⁾	X ³⁾		
Скоординированная защита УЗП			X	X			X	X
Защитный экран			X	X				
Экранирование внешних линий электропередачи					X	X	X	X
Экранирование внутренних линий электропередачи			X	X				
Защита прокладки разводки			X	X				
Сеть соединения			X					
Противопожарная защита		X				X		
Чувствительность к возгоранию		X				X		
Особая опасность		X				X		
Импульсное выдерживаемое напряжение			X	X	X	X	X	X

¹⁾ В случае «естественной» или стандартной системы молниезащиты с зазором токоотвода менее 10 м или там, где предусмотрено физическое ограничение, риск, касающийся угрозы для жизни из-за контактного или шагового напряжения, не рассматривается.

²⁾ Только для внешней системы молниезащиты.

³⁾ В результате уравнивания грозовых потенциалов.

4.5.2 Факторы, влияющие на элементы риска в системе энергоснабжения

Характеристики системы энергоснабжения, подсоединенной к зданию, и вероятных мер молниезащиты, влияющих на элементы, приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Факторы, влияющие на элементы риска в системе энергоснабжении

Характеристика системы энергоснабжения. Мера молниезащиты	R'_V	R'_W	R'_Z	R'_B	R'_C
Участок сбора данных	X	X	X	X	X

Экранирование кабеля	X	X	X	X	X
Молниезащитный кабель	X	X	X	X	X
Молниезащитный кабельный трубопровод	X	X	X	X	X
Дополнительные экранирующие проводники	X	X	X	X	X
Импульсное выдерживаемое напряжение	X	X	X	X	X
Устройство для молниезащиты от перенапряжений	X	X	X	X	X

5 Управление риском

5.1 Основная процедура

Принимать решение о защите здания или системы энергоснабжения от молнии, а также делать выбор мер молниезащиты следует в соответствии с IEC 62305-1. Должны быть выполнены следующие действия:

- идентификация защищаемого объекта и его характеристики;
- идентификация всех типов ущерба в объекте и связанного с ним риска R ($R_1 - R_4$);
- оценка риска R для каждого типа ущерба $R_1 - R_4$;
- оценка необходимости молниезащиты путем сравнения риска R_1 , R_2 и R_3 для здания (R'_2 – для системы энергоснабжения) с допустимым риском R_T ;
- оценка экономической эффективности молниезащиты путем сравнения стоимости общего ущерба с мерами и без мер молниезащиты. В этом случае оценку элементов риска R_4 для здания (R'_4 – для системы энергоснабжения) предпринимают с целью оценки таких затрат (см. приложение G).

5.2 Здание, рассматриваемое для оценки риска

Для оценки риска рассматривают следующее:

- само здание;
 - установки в здании;
 - оборудование, находящееся в здании;
 - присутствие людей, находящихся в здании или в зоне на расстоянии 3 м от здания;
 - окружающую среду, на которую влияет повреждение здания.
- Защита не включает соединенных с ней систем энергоснабжения за пределами здания.

Примечание – Рассматриваемое здание можно разделить на несколько зон (см. раздел 6).

5.3 Система энергоснабжения, рассматриваемая для оценки риска

Рассматриваемая система энергоснабжения является физическим соединением между:

- зданием электросвязи и зданием потребителя электроэнергии или двумя зданиями связями или двумя зданиями потребителей электроэнергии в отношении телекоммуникационных линий;
- зданием электросвязи или зданием потребителя электроэнергии и точкой разветвления или двумя точками разветвления в отношении телекоммуникационных линий;
- подстанцией высокого напряжения и зданием потребителя электроэнергии относительно линий электропередачи;
- основной распределительной станцией и зданием потребителя электроэнергии относительно трубопровода.

Рассматриваемая система энергоснабжения включает линейное оборудование и оборудование оконечной станции линии, например:

- канальный уплотнитель, усилитель мощности, устройства оптоволоконной сети, измерительные приборы, оборудование оконечной станции линии и т.д.;
- автоматические выключатели, системы максимального тока, измерительные приборы и т.д.;
- системы управления, системы безопасности, датчики и т.д.

Защита не включает в себя оборудование потребителя электроэнергии или какое-либо здание и сооружение, соединенное с концами системы энергоснабжения.

5.4 Допустимый риск R_T

Значение допустимого риска должен определять правомочный компетентный орган.

Характерные значения допустимого риска R_T , в случае, когда удары молнии становятся причиной гибели людей или нанесения ущерба общественным или культурным ценностям, представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Типичные значения допустимого риска R_T

Типы ущерба	$R_T (y^{-1})$
Гибель людей или увечья	10^{-5}
Нарушение коммунального обслуживания	10^{-3}
Потеря культурных ценностей	10^{-3}

5.5 Специальная процедура для оценки необходимости молниезащиты

В соответствии с IEC 62305-1 при оценке необходимости молниезащиты от воздействия на объект молнии рассматривают следующие риски:

- риски R_1 , R_2 и R_3 для здания;
- риски R'_1 и R'_2 для системы энергоснабжения.

В отношении каждого рассматриваемого риска следует выполнять следующее:

- идентификацию элементов R_X , составляющих риск;
- расчет идентифицированных элементов риска R_X ;
- расчет общего риска R (см. 4.3);
- идентификацию допустимого риска R_T ;
- сравнение риска R с допустимым значением R_T .

Если $R \leq R_T$, то молниезащита не требуется.

Если $R > R_T$, то молниезащита необходима для обеспечения выражения $R \leq R_T$ для всех рисков, которым подвергается объект.

Процедура оценки необходимости молниезащиты показана на рисунке 1.

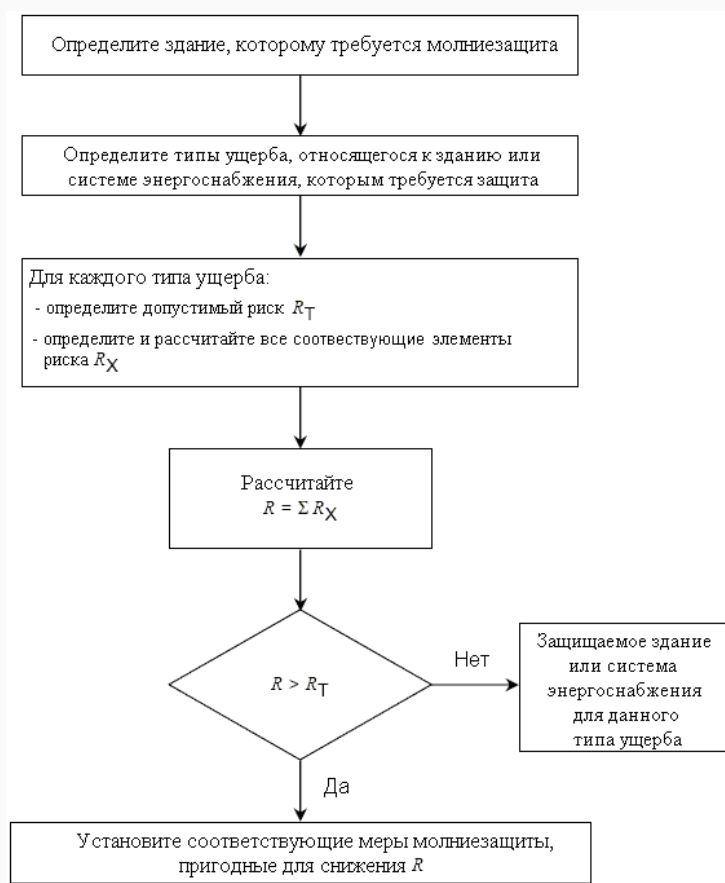


Рисунок 1 – Процедура принятия решения о необходимости молниезащиты

5.6 Процедура для оценки экономической эффективности молниезащиты

Кроме необходимости молниезащиты для здания или системы энергоснабжения, может быть полезным определить экономические выгоды обеспечения защитных мер с целью уменьшения экономического ущерба L_4 .

Оценка элементов риска R_4 для здания (R'_4 для системы энергоснабжения) позволяет пользователю оценить стоимость экономического ущерба с принятыми мерами молниезащиты или без них (см. приложение G).

Для определения экономической эффективности молниезащиты необходимо осуществить следующие действия:

- идентификацию элементов R_X , которые составляют риск R_4 для здания (R'_4 для системы энергоснабжения);
- расчет идентифицированных элементов риска R_X при отсутствии новых/дополнительных мер молниезащиты;
- расчет годовой стоимости ущерба, возникающего в результате каждого элемента риска R_X ;
- расчет годовой стоимости C_L общего ущерба при отсутствии мер молниезащиты;
- принятие выбранных защитных мер;
- расчет элементов риска R_X при наличии выбранных мер молниезащиты;
- расчет годовой стоимости остаточного ущерба, возникающего в результате каждого элемента риска R_X в защищенном здании или системе энергоснабжения;
- расчет общей годовой стоимости C_{RL} остаточного ущерба при наличии выбранных мер молниезащиты;
- расчет годовой стоимости C_{PM} выбранных мер молниезащиты;
- сравнения результатов.

Если $C_L < C_{RL} + C_{PM}$, то молниезащиту можно рассматривать как неэффективную с экономической точки зрения.

Если $C_L \geq C_{RL} + C_{PM}$, то при использовании молниезащиты можно сэкономить деньги в течение эксплуатации здания или системы энергоснабжения.

Процедура оценки экономической эффективности молниезащиты представлена на рисунке 2.

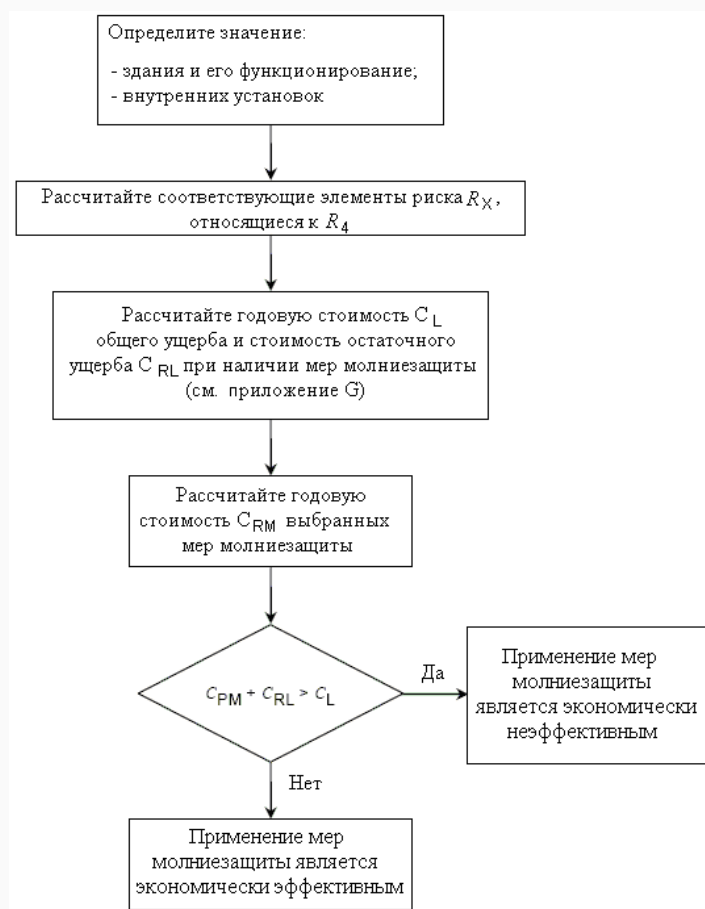


Рисунок 2 – Процедура определения экономической эффективности мер молниезащиты

5.7 Меры молниезащиты

Меры молниезащиты направлены на уменьшение риска в соответствии с типом повреждения.

С экономической точки зрения меры молниезащиты рассматривают как эффективные, только если они соответствуют требованиям:

- IEC 62305-3 по защите людей от поражения и от повреждений в здании;
- IEC 62305-4 по защите от повреждения внутренних систем;
- IEC 62305-5 по защите систем энергоснабжения.

5.8 Выбор мер молниезащиты

Выбор наиболее подходящих мер молниезащиты должен проводить проектировщик в соответствии с долей каждого элемента риска в общем объеме риска R и в соответствии с техническими и экономическими аспектами различных защитных мер.

Устанавливают самые важные параметры для определения наиболее эффективной меры для снижения риска R .

Для каждого типа ущерба существует множество защитных мер, которые по отдельности или в комбинации друг с другом, создают условие, при котором $R \leq R_T$. Принимать решение следует с учетом технических и экономических аспектов. Упрощенная процедура выбора мер молниезащиты показана на схемах, представленных на рисунке 3 для зданий и на рисунке 4 для систем энергоснабжения. В любом случае монтажник или проектировщик должен определять наиболее критические элементы риска и уменьшать их, принимая во внимание экономические аспекты.

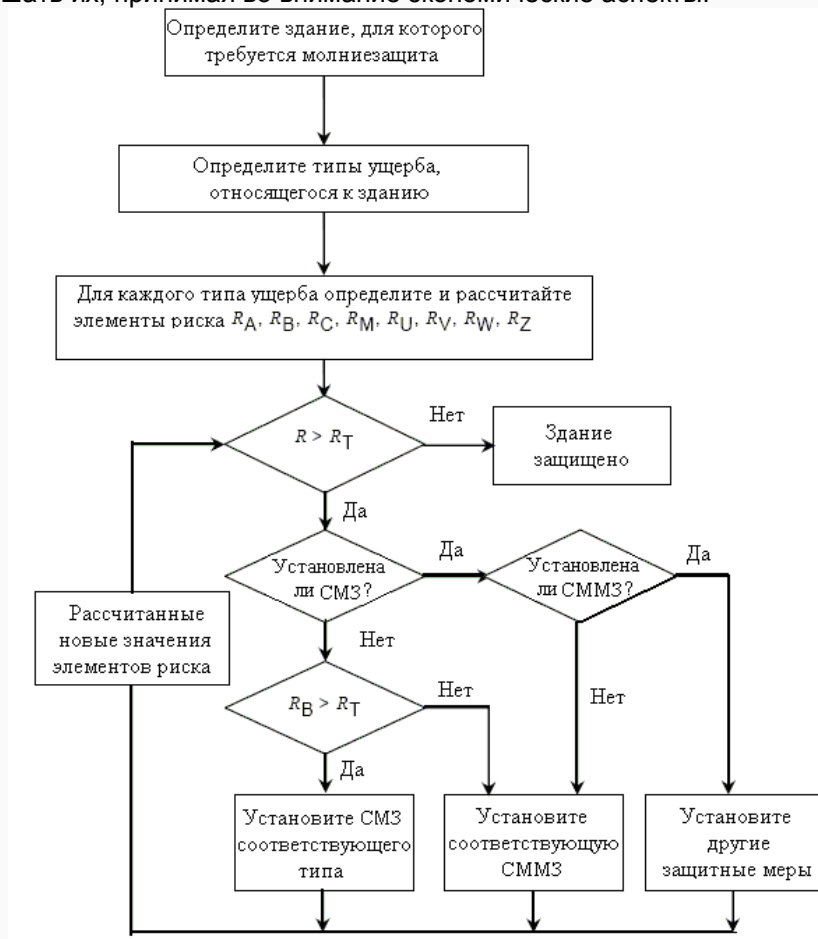


Рисунок 3 – Процедура выбора мер молниезащиты в зданиях

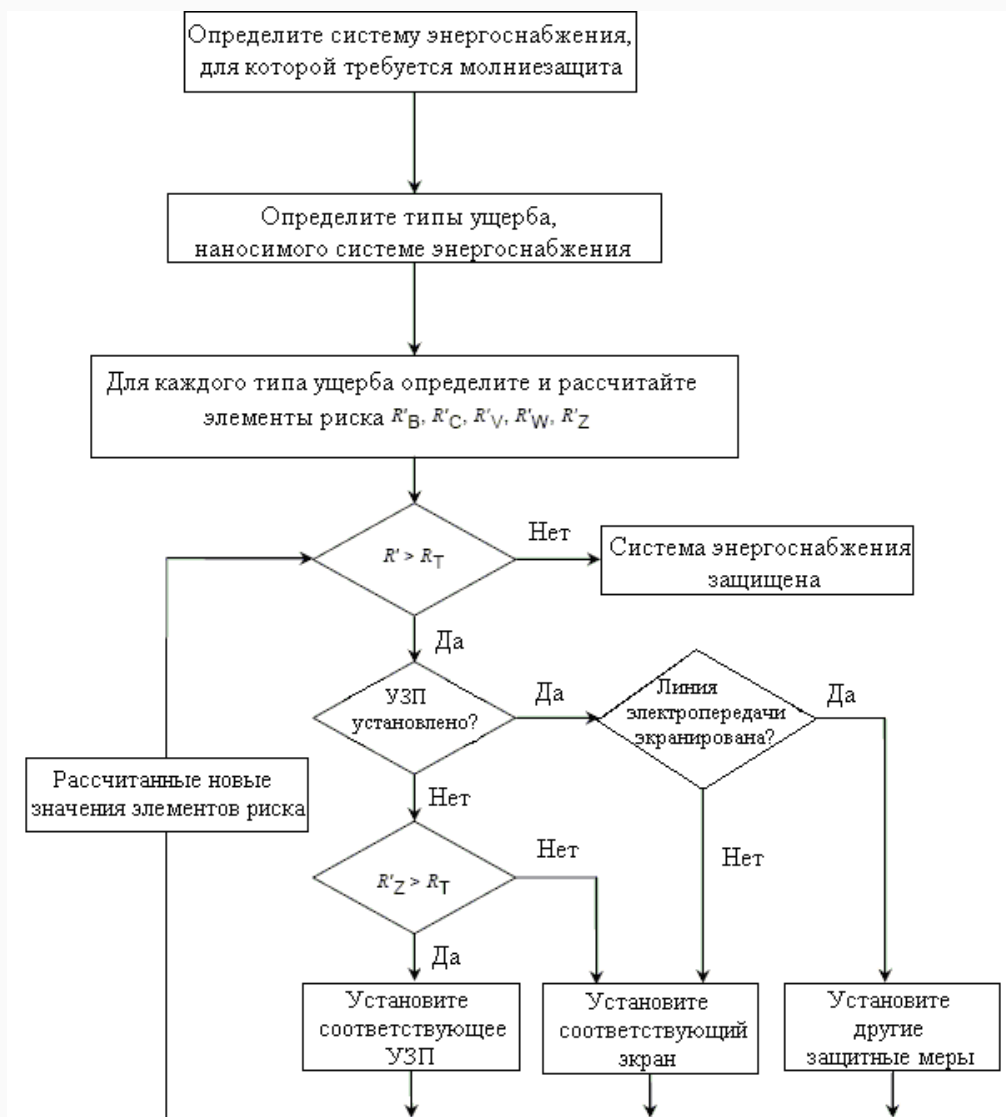


Рисунок 4 – Процедура выбора мер молниезащиты в системах энергоснабжения

6 Оценка элементов риска для здания

6.1 Исходная формула

Каждый элемент риска R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W и R_Z , как изложено в разделе 4, может выражаться следующей формулой:

$$R_X = N_X \cdot P_X \cdot L_X, \quad (20)$$

где N_X – ежегодное количество опасных случаев (см. также приложение А);

P_X – вероятность повреждения для здания (см. также приложение В);

L_X – последующий ущерб (см. также приложение С).

Примечание 1 – На количество N_X опасных случаев оказывает влияние плотность ударов молнии в землю (N_g) и физические характеристики защищаемого объекта, его окружающая среда и почва.

Примечание 2 – На вероятность повреждения P_X оказывают влияние характеристики защищаемого объекта и обеспечиваемые меры молниезащиты.

Примечание 3 – На последующий ущерб L_X оказывает влияние эксплуатация данного объекта, присутствие людей, виды оказываемых услуг, предусмотренных для общества, ценность имущества, которое подвергается повреждению, и принятые меры для ограничения объема ущерба.

6.2 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии в здание (S1)

Для оценки элементов риска, связанного с ударами молнии в здание, применяют следующее соотношение:

- элемент, относящийся к поражению людей (D1):

$$R_A = N_D \cdot P_A \cdot L_A; \quad (21)$$

- элемент, относящийся к физическому повреждению (D2):

$$R_B = N_D \cdot P_B \cdot L_B; \quad (22)$$

- элемент, относящийся к повреждению внутренних систем (D3):

$$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_C. \quad (23)$$

Параметры оценки этих элементов риска приведены в таблице 8.

6.3 Оценка элемента риска в результате ударов молнии вблизи здания (S2)

Для оценки элементов риска, связанного с ударами молнии вблизи здания, применяют следующее соотношение:

- элемент, относящийся к поражению людей (D3):

$$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_M. \quad (24)$$

Параметры оценки этого элемента риска указаны в таблице 8.

6.4 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии в линию электропередачи, подсоединенную к зданию (S3)

Для оценки элементов риска, возникающего в результате ударов молнии во входящую линию электропередачи, применяют следующее соотношение:

- элемент, относящийся к поражению людей (D1):

$$R_U = (N_L \cdot N_{Da}) \cdot P_U \cdot L_U; \quad (25)$$

- элемент, относящийся к физическому повреждению (D2):

$$R_V = (N_L \cdot N_{Da}) \cdot P_V \cdot L_V; \quad (26)$$

- элемент, относящийся к повреждению внутренних систем (D3):

$$R_W = (N_L \cdot N_{Da}) \cdot P_W \cdot L_W. \quad (27)$$

Если линия электропередачи имеет один участок (см. 7.6), то значения R_U , R_V и R_W составляют сумму значений R_U , R_V и R_W , относящиеся к каждому участку линии электропередачи. Рассматривают те участки, которые находятся между зданием и первым распределительным узлом.

В случае, если к зданию подсоединено несколько линий электропередачи с различной разводкой, то расчеты следует производить для каждой линии.

6.5 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии вблизи линии электропередачи, подсоединенной к зданию (S4)

Для оценки элемента риска, возникающего в результате ударов молнии вблизи линии электропередачи, подсоединенной к зданию, применяют следующее соотношение:

- элемент, относящийся к повреждению внутренних систем (D3):

$$R_Z = (N_I - N_L) \cdot P_Z \cdot L_Z. \quad (28)$$

Параметры оценки этого элемента риска приведены в таблице 8.

Если в линии электропередачи имеется несколько участков (см. 7.6), то значение R_Z составляет сумму элементов R_Z , относящихся к каждому участку линии. Рассматривают те участки, которые находятся между зданием и первым распределительным узлом.

Примечание – Подробная информация о телекоммуникационных линиях изложена в ITU-T K.46.

В том случае, если в здании имеется несколько подсоединенных линий с различной разводкой, то расчеты следует делать для каждой линии.

В настоящей оценке, если $(N_I - N_L) < 0$, то тогда принимают $(N_I - N_L) = 0$.

Таблица 8 –Параметры, относящиеся к оценке элементов риска для здания

Обозначение	Наименование	Значения в соответствии с
Среднегодовое количество опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии:		
N_D	- в здание	A.2 (приложение A)
N_M	- вблизи здания	A.3 (приложение A)
N_L	- в линию электропередачи, входящую в здание	A.4 (приложение A)
N_I	- вблизи линии электропередачи, входящей в здание	A.5 (приложение A)
N_{Da}	- в здание на конце «а» линии электропередачи (см. рисунок 5)	A.2 (приложение A)
Вероятность того, что удар молнии в здание станет причиной:		
P_A	- поражения людей	B.1 (приложение B)
P_B	- физического повреждения	B.2 (приложение B)
P_C	- повреждения внутренних систем	B.3 (приложение B)
Вероятность того, что удар молнии вблизи здания станет причиной:		
P_M	- повреждения внутренних систем	B.4 (приложение B)
Вероятность того, что удар молнии в линию электропередачи станет причиной:		
P_U	- поражения людей	B.5 (приложение B)
P_V	- физического повреждения	B.6 (приложение B)
P_W	- повреждения внутренних систем	B.7 (приложение B)
Вероятность того, что удар молнии вблизи линии электропередачи станет причиной:		
P_Z	- повреждения внутренних систем	B.8 (приложение B)
Ущерб, возникающий в результате:		
$L_A = L_U = r_a \cdot L_T$	- поражения людей	C.2 (приложение C)
$L_B = L_U = r_p \cdot r_f \cdot h_z \cdot L_f$	- физического повреждения	C.2, C.3, C.4, C.5 (приложение C)
$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O$	- повреждения внутренних систем	C.2, C.3, C.5 (приложение C)
Примечание – Значения ущерба L_t , L_f , L_o ; факторы r_p , r_a , r_u , r_f , уменьшающие ущерб, и фактор h_z , увеличивающий ущерб, приведены в приложении C и таблицах C.2, C.3, C.4 и C.5.		

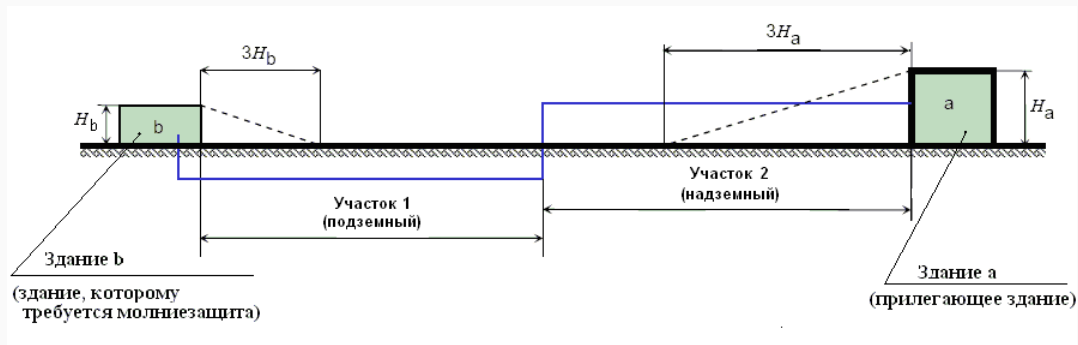


Рисунок 5 – Здания на концах линии: на конце «б» - здание, которое должно быть защищено (здание б), а на конце «а» – прилегающее здание (здание а)

6.6 Совокупность элементов риска для здания

Элементы риска для зданий объединены в таблице 9 в соответствии с различными типами и источниками повреждения.

Таблица 9 – Элементы риска для здания в результате различных типов повреждения, вызванных различными источниками

Источник повреждения/ повреждение	S1 Удар молнии в здание	S2 Удар молнии вблизи здания	S3 Удар молнии во входящую систему энергоснабжения	S4 Удар молнии вблизи системы энергоснабжения	Возникающий риск в зависимости от типа повреждения
D1 Поражение людей	$R_A = N_D \times P_A \times r_a \times L_t$		$R_U = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times r_u \times L_t$		$R_S = R_A \times R_U$
D2 Физическое повреждение	$R_B = N_D \times P_B \times r_p \times h_z \times r_f \times L_f$		$R_V = (N_L + N_{Da}) \times P_V \times r_p \times h_z \times r_f \times L_f$		$R_F = R_B \times R_V$
D3 Повреждение электрических и электронных систем	$R_C = N_D \times P_C \times L_o$	$R_M = N_M \times P_M \times L_o$	$R_W = (N_L + N_{Da}) \times P_W \times L_o$	$R_Z = (N_I - N_L) \times P_Z \times L_o$	$R_O = R_C + R_M + R_W + R_Z$
Возникающий риск в зависимости от типа повреждения	$R_D = R_A + R_B + R_C$	$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$			

Если здание расположено в зонах Z_S (см. 6.7), то каждый элемент риска оценивают для каждой зоны Z_S .

Общий риск R здания – это совокупность элементов риска, относящихся к зонам Z_S , из которых состоит здание.

6.7 Разделение здания на зоны Z_S

Для оценки элемента риска здание можно разделить на зоны Z_S , каждая из которых должна иметь однородные характеристики. Однако здание может иметь или можно предположить, что оно имеет одну зону.

Зоны Z_S в основном подразделяют по:

- типу грунта или пола (элементы риска R_A и R_U);
- огнестойким отделениям (элементы риска R_B и R_V);
- наличию защитных экранов (элементы риска R_C и R_M).

Другие зоны могут быть подразделены в соответствии с:

- схемой внутренних систем (элементы риска R_C и R_M);
- имеющимися мерами молниезащиты или теми, которые будут предприняты (все элементы риска);
- значениями ущерба L_X (все элементы риска).

При разделении здания следует принимать во внимание осуществимость применения в зонах Z_S наиболее подходящих мер молниезащиты.

6.8 Оценка элементов риска в здании, разделенном на зоны Z_S

Правила оценки элементов риска зависят от типа риска.

6.8.1 Риски R_1 , R_2 и R_3

6.8.1.1 Здание с одной зоной

В этом случае определяют только одну зону Z_S , охватывающую все здание в целом. В соответствии с 6.7 риск R является совокупностью элементов риска R_X в здании. Для оценки элементов риска и выбора соответствующих параметров применяют:

- параметры, относящиеся к количеству N опасных случаев, оценивают в соответствии с приложением А;
- параметры, относящиеся к вероятности P повреждения, оценивают в соответствии с приложением В.

Кроме того:

- в отношении элементов R_A , R_B , R_U , R_V , R_W и R_Z для каждого включенного параметра должно быть установлено только одно значение. Если имеется несколько значений, то выбирают наивысшее.
- в отношении элементов R_C и R_M , если в зоне имеется несколько внутренних систем, то значения P_C и P_M определяются по формулам:

$$P_C = 1 - (1 - P_{C1}) \cdot (1 - P_{C2}) \cdot (1 - P_{C3}), \quad (29)$$

$$P_M = 1 - (1 - P_{M1}) \cdot (1 - P_{M2}) \cdot (1 - P_{M3}), \quad (30)$$

где P_{Ci} и P_{Mi} – это параметры, относящиеся к внутренней системе i .

- Параметры, относящиеся к объему L ущерба, оценивают в соответствии с приложением С. Типичные средние значения, полученные из приложения С, можно принимать в отношении конкретной зоны в соответствии с использованием здания.

Если в зоне имеется несколько значений какого-либо другого параметра, кроме P_C и P_M , то следует принимать значение параметра, приводящего к наивысшему значению риска.

Выделение здания с одной зоной может привести к использованию дорогостоящих мер молниезащиты, потому что каждая мера должна распространяться на все здание.

6.8.1.2 Здание, разделенное на несколько зон

В этом случае здание разделяют на множество зон Z_S . Риск для здания представляет собой совокупность рисков, относящихся ко всем зонам этого здания; в каждой зоне риск является совокупностью всех элементов риска в данной зоне.

Для оценки элементов риска и выбора используемых соответствующих параметров применяют положения, указанные в 6.8.1.1.

Разделение здания на зоны позволяет конструктору учитывать специфические характеристики каждой части здания при оценке элементов риска и выбирать наиболее подходящие меры молниезащиты, разработанные для каждой зоны, и при этом снижать общую стоимость молниезащиты.

6.8.2 Риск R_4

Несмотря на то, имеется ли необходимость или нет в определении молниезащиты для снижения рисков R_1 , R_2 и R_3 при принятии мер молниезащиты целесообразно оценивать экономическую выгоду с целью уменьшения риска R_4 экономического ущерба.

Объекты, в отношении которых следует проводить оценку риска R_4 , выбирают из следующих объектов:

- здание в целом;
- часть здания;
- внутренняя установка;
- часть внутренней установки;
- часть оборудования;
- оборудование, находящееся в здании.

Оценку стоимости ущерба в зоне проводят в соответствии с приложением G. Общая стоимость ущерба для здания складывается из суммы ущерба для всех зон.

7 Оценка элементов риска для системы энергоснабжения

7.1 Исходная формула

Каждый элемент риска R'_V , R'_W , R'_Z и R'_C , как изложено в разделе 4, можно рассчитывать по исходной формуле:

$$R'_X = N_X \cdot P'_X \cdot L'_X, \quad (31)$$

где N_X – количество опасных случаев (см. приложение А);

P'_X – вероятность опасности для системы энергоснабжения (см. приложение D);

L'_X – последующий ущерб (см. приложение E).

7.2 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии в систему энергоснабжения (S3)

Для оценки элементов риска, возникающего в результате ударов молнии в систему энергоснабжения, используют следующие соотношения:

- элемент, относящийся к физическому повреждению (D2):

$$R'_V = N_L \cdot P'_V \cdot L'_V; \quad (32)$$

- элемент, относящийся к повреждению подсоединенного оборудования (D3):

$$R'_W = N_L \cdot P'_W \cdot L'_W. \quad (33)$$

Параметры оценки этого элемента риска приведены в таблице 10.

7.3 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии вблизи системы энергоснабжения (S4)

Для оценки элементов риска, возникающего в результате ударов молнии вблизи системы энергоснабжения, используют следующие соотношения:

- элемент, относящийся к повреждению подсоединенного оборудования (D3):

$$R'_Z = (N_I - N_L) \cdot P'_Z \cdot L'_Z. \quad (34)$$

Параметры оценки этого элемента риска указаны в таблице 10.

Если в данной оценке $(N_I - N_L) < 0$, то тогда следует считать, что $(N_I - N_L) = 0$.

7.4 Оценка элементов риска, возникающего в результате ударов молнии в здания, к которым подсоединена система энергоснабжения (S1)

Для оценки элементов риска, возникающего в результате ударов молнии в здание, к которому подсоединена система энергоснабжения, используют следующие соотношения относительно участка системы энергоснабжения, подсоединенной к зданию:

- элемент, относящийся к физическому повреждению (D2):

$$R'_B = N_D \cdot P'_B \cdot L'_B; \quad (35)$$

- элемент, относящийся к выходу из строя оборудования (D3):

$$R'_C = N_D \cdot P'_C \cdot L'_C. \quad (36)$$

Параметры оценки этого элемента риска приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Параметры, относящиеся к оценке элементов риска для системы энергоснабжения

Обозначение	Наименование	Значения в соответствии с
Среднегодовое количество опасных случаев в результате ударов молнии:		
N_D	- в здание, к которому подсоединена система энергоснабжения	A.2 (приложение A)
N_L	- в систему энергоснабжения	A.4 (приложение A)
N_I	- вблизи системы энергоснабжения	A.5 (приложение A)
Вероятность того, что удар молнии в соседнее здание станет причиной:		
P'_B	- физического повреждения	D.1.1 (приложение D)
P'_C	- повреждения оборудования системы энергоснабжения	D.1.1 (приложение D)
Вероятность того, что удар молнии в систему энергоснабжения станет причиной:		
P'_V	- физического повреждения	D.1.2 (приложение D)
P'_W	- повреждения оборудования системы энергоснабжения	D.1.2 (приложение D)
Вероятность того, что удар молнии вблизи системы энергоснабжения станет причиной:		
P'_Z	- повреждения оборудования системы энергоснабжения	D.1.3 (приложение D)
Ущерб, возникающий в результате:		
$L'_B = L'_V = L'_I$	- физического повреждения	Таблицей E.1, формулой (E.2) (приложение E)
$L'_C = L'_W = L'_Z = L'_O$	- повреждения оборудования системы энергоснабжения	Таблицей E.1, формулой (E.3) (приложение E)

7.5 Совокупность элементов риска для системы энергоснабжения

Элементы риска, относящиеся к системе энергоснабжения, представлены в таблице 11 в соответствии с различными типами и источниками повреждения.

Таблица 11 – Элементы риска для системы энергоснабжения для различных типов повреждений, вызванных различными источниками

Источник повреждения/ повреждение	S3 Удар молнии в систему энергоснабжения	S4 Удар молнии вблизи системы энергоснабжения	S1 Удар молнии в здание	Возникающий риск в зависимости от типа повреждения
D2 Физическое повреждение	$R'_V = N_L \times P'_V \times L'_V$		$R'_B = N_D \times P'_B \times L'_B$	$R_F = R'_V + R'_B$
D3 Повреждение электрических и электронных систем	$R'_W = N_L \times P'_W \times L'_W$	$R'_Z = (N_I - N_L) \times P'_Z \times L'_Z$	$R'_C = N_D \times P'_C \times L'_C$	$R_O = R'_Z + R'_W + R'_C$
Возникающий риск в зависимости от типа повреждения	$R_D = R'_V + R'_W$	$R_I = R'_Z + R'_B + R'_C$		

Если система энергоснабжения разделена на участки S_S (см. 7.6), то элементы риска R'_V , R'_W и R'_Z для системы энергоснабжения оценивают как совокупность соответствующих элементов риска для каждого участка этой системы.

Элемент риска R'_Z оценивают в каждой точке перехода (см. IEC 62305-5) системы энергоснабжения и самое высокое значение принимают как значение R'_Z .

Примечание – Подробная информация о телекоммуникационных линиях изложена в ITU-T K.46.

Элементы риска R'_B и R'_C системы энергоснабжения следует оценивать как совокупность соответствующих элементов риска для каждого здания, соединенного с системой энергоснабжения.

Общий риск R для системы энергоснабжения рассматривают как совокупность элементов риска R'_B , R'_C , R'_V , R'_W и R'_Z .

7.6 Разделение системы энергоснабжения на участки S_S

Для оценки каждого элемента риска систему энергоснабжения можно разделить на участки S_S . Однако система энергоснабжения может иметь или можно предположить, что оно имеет один участок.

Для всех элементов риска R'_B , R'_C , R'_V , R'_W и R'_Z участки S_S в основном подразделяют по:

- типу системы энергоснабжения (воздушная и подземная);
- факторам, влияющим на участок сбора данных C_d , C_e , C_t ;
- характеристикам системы энергоснабжения (типы кабельной изоляции, сопротивление экрана).

Другие участки можно подразделять в соответствии с:

- типом имеющейся аппаратуры;
- имеющимися мерами молниезащиты или теми, которые будут обеспечены.

При разделении системы энергоснабжения на участки следует принимать во внимание осуществимость применения наиболее подходящих мер молниезащиты.

Если на участке имеется несколько значений параметра, то следует принимать значение параметра, приводящего к наивысшему значению риска.

Оператор сети или владелец системы энергоснабжения должен оценивать ежегодный объем предполагаемого ущерба системе энергоснабжения. Если эту оценку выполнить нельзя, то используют репрезентативные значения, указанные в приложении Е.

Приложение А (справочное)

Оценка ежегодного количества N опасных случаев

А.1 Общие положения

Среднегодовое количество N опасных случаев, происходящих в результате ударов молнии, зависит от грозовой активности в зоне, в которой находится защищаемый объект, и от физических характеристик этого объекта. Для определения количества N умножают плотность ударов молнии в землю N_g на эквивалентный участок сбора данных объекта с учетом поправочных коэффициентов для физических характеристик объекта.

Плотность ударов молнии в землю N_g – это ежегодное количество ударов молнии на квадратный километр. Данное значение можно определить по местоположению разрядов молнии в землю во многих районах мира.

Примечание – Если в карте продолжительности гроз значение N_g отсутствует, то в районах с умеренным климатом его можно оценить по формуле:

$$N_g \approx 0,1 \cdot T_d, \quad (\text{А.1})$$

где T_d – количество грозовых дней в году (которое можно определяют по карте количества грозовых дней в году).

К событиям, которые могут рассматриваться как опасные для защищаемого здания, относятся следующие:

- удары молнии в здание;
- удары молнии вблизи здания;
- удары молнии в систему энергоснабжения, входящую в здание;
- удары молнии вблизи системы энергоснабжения, входящей в здание;
- удары молнии в здание, к которому подсоединена система энергоснабжения.

События, которые можно рассматривать как опасные для защищаемой системы энергоснабжения:

- удары молнии в систему энергоснабжения;
- удары молнии вблизи системы энергоснабжения;
- удары молнии в здание, к которому подсоединена система энергоснабжения.

А.2 Оценка ежегодного среднего количества опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии в здание N_D и в здание, подсоединенное на конце «а» линии электропередачи N_{Da}

А.2.1 Определение участка сбора данных A_d

Для изолированных зданий, находящихся на плоской поверхности земли, участок сбора данных A_d – это зона, определяемая пересечением поверхности земли и прямой линии с уклоном 1/3, которая проходит от верхних частей здания (касаясь его там) и поворачивается вокруг него. Значения A_d можно определить графически или математически.

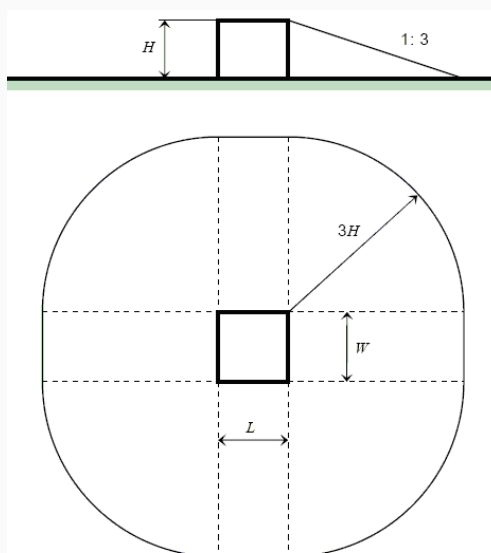
А. 2.1.1 Здание прямоугольной формы

Для изолированного здания прямоугольной формы длиной L , шириной W и высотой H , находящегося на плоской поверхности земли, участок сбора данных тогда соответствует:

$$A_d = L \cdot W + 6 \cdot H \cdot (L + W) + 9 \cdot \pi \cdot (H)^2, \quad (\text{А.2})$$

где L , W и H выражены в метрах (см. рисунок А.1).

Примечание – Более точную оценку можно получить, принимая во внимание относительную высоту здания с учетом окружающих объектов или земли на расстоянии $3H$ от здания.

Рисунок А.1 – Участок сбора данных A_d изолированного здания**А.2.1.2 Здание сложной конфигурации**

Если здание имеет сложную конфигурацию, например наличие крыши с выступающими частями (см. рисунок А.2), то используют графический метод для оценки A_d (см. рисунок А.3), потому что различия могут быть слишком большими, если используются максимальные (A_{dmax}) или минимальные (A_{dmin}) размеры (см. таблицу А.1).

Приемлемое приближенное значение участка сбора данных является максимальным между A_{dmin} и участком сбора данных, относящимся к выступающим элементам крыши $A_{d'}$. Выступающим элементом крыши $A_{d'}$, можно рассчитать по формуле:

$$A_{d'} = 9 \cdot \pi \cdot (H_p)^2, \quad (A.3)$$

где H_p – высота выступающего элемента.

Различные значения участка сбора данных в соответствии с вышеупомянутыми методами, представлены в таблице А.1.

Таблица А.1 –Значения участков сбора данных в зависимости от метода оценки

	Графический метод	Здание (максимальные размеры)	Здание (минимальные размеры)	Выступающая часть H_p
Размеры здания, м (длина L , ширина W , высота H)	См. рисунок А.2	70 × 30 × 40	70 × 30 × 25	40
м ²	$A_d = 47\,700$	$A_{dmax} = 71\,316$	$A_{dmin} = 34\,770$ (см. рисунок А.3)	$A_{d'} = 45\,240$ (см. рисунок А.3)

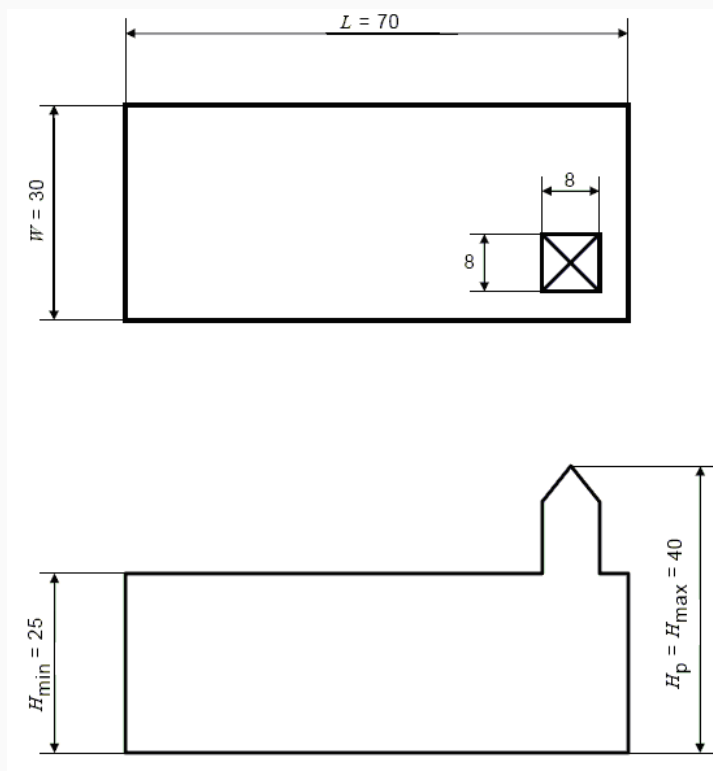
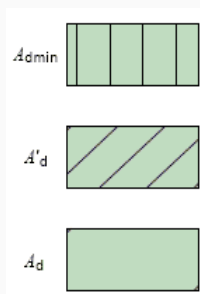
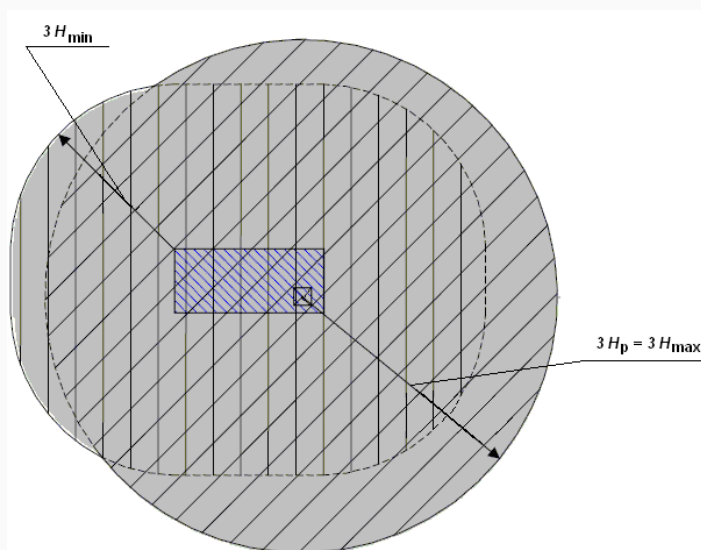


Рисунок А.2 – Здание сложной конфигурации



Здание прямоугольной формы с размером $H = H_{\min}$ (см. формулу (A.2))

Выступающая часть с $H = H_p = H_{\max}$ (см. формулу (A.3))

Участок сбора данных, определенный с использованием графического метода

Рисунок А.3 – Различные методы определения участка сбора данных для здания, изображенного на рисунке А.2

A.2.1.3 Конструкция как часть здания

Если рассматриваемая конструкция S является только частью здания B, размеры конструкции S можно использовать в оценке A_d при условии выполнения следующих положений (см. рисунок A.4):

- конструкция S является отдельной вертикальной частью здания B;
- здание B не подвергается риску взрыва;
- распространение огня между зданием S и другими частями здания B предотвращается благодаря стенам, обладающим огнестойкостью 120 мин (REI 120) или за счет других равноценных средств молниезащиты;
- распространение перенапряжений вдоль обычных линий электропередачи, если таковые имеются, предотвращается благодаря наличию УЗП, установленных в точке входа этих линий в здание, или других равноценных средств молниезащиты.

Примечание – Методы определения и информацию об огнестойкости (REI) смотрите в Официальном журнале Европейского союза, 1994/28/02, № C 62/63.

Там, где эти условия не выполняются, используют размеры всего здания B.

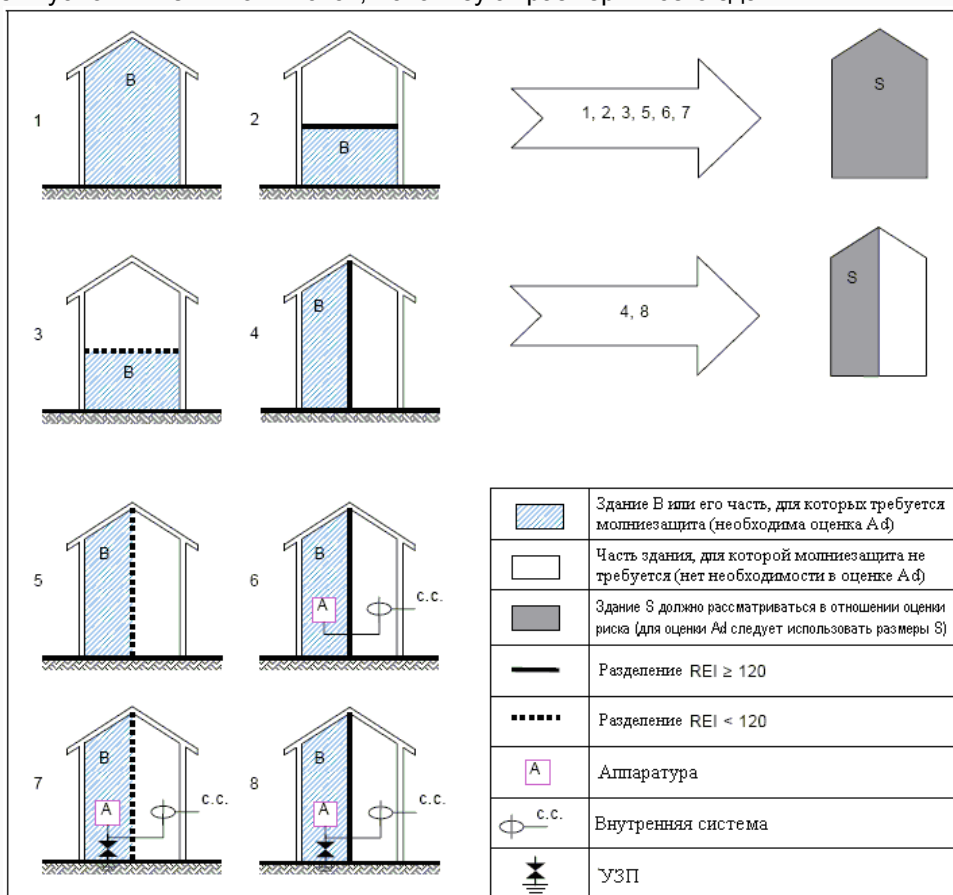


Рисунок A.4 – Здание, рассматриваемое для оценки участка сбора данных A_d

A.2.2 Относительное местоположение здания

Следует принимать во внимание относительное местоположение здания, скорректированное относительно окружающих объектов или выступающих частей, используя фактор местоположения C_d (см. таблицу A.2).

Таблица A.2 – Фактор влияния местоположения C_d

Относительное местоположение	C_d
Объект, окруженный более высокими объектами или деревьями	0,25
Объект, окруженный объектами или деревьями одинаковой высоты или более низкими	0,5
Изолированный объект (другие объекты в непосредственной близости от него отсутствуют)	1
Изолированный объект, находящийся на вершине холма или на возвышенности	2

A.2.3 Количество опасных случаев N_D для здания (конец «в» системы энергоснабжения)

N_D можно определить как произведение:

$$N_D = N_g \cdot A_{d/b} \cdot C_{d/b} \cdot 10^{-6}, \quad (\text{A.4})$$

где N_g – плотность ударов молнии в землю, $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$;

$A_{d/b}$ – участок сбора данных, касающихся изолированного здания, м^2 (см. рисунок A.1);

$C_{d/b}$ – фактор влияния местоположения здания (см. таблицу A.2).

A.2.4 Количество опасных случаев N_{Da} для прилегающего здания (конец «а» системы энергоснабжения)

Ежегодное среднее количество опасных случаев, происходящих в результате ударов молнии в здание на конце «а» линии электропередачи N_{Da} (см. 6.5 и таблицу 5), может определяться как произведение:

$$N_{Da} = N_g \cdot A_{d/a} \cdot C_{d/a} \cdot C_t \cdot 10^{-6}, \quad (\text{A.5})$$

где N_g – плотность ударов молнии в землю, $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$;

$A_{d/a}$ – участок сбора данных, касающихся изолированного прилегающего здания, м^2 (см. рисунок A.1);

$C_{d/a}$ – фактор влияния местоположения прилегающего здания (см. таблицу A.2);

C_t – поправочный коэффициент, учитывающий влияние высоковольтного/низковольтного трансформатора, применяемого в системе энергоснабжения здания и расположенного между точкой удара молнии и зданием (см. таблицу A.4). Данный коэффициент применяется к участкам линии электропередачи, расположенным от трансформатора до здания.

A.3 Оценка среднего годового количества опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии вблизи здания N_M

N_M можно определять как произведение:

$$N_M = N_g \cdot (A_m - A_{d/b} \cdot C_{d/b}) \cdot 10^{-6}, \quad (\text{A.6})$$

где N_g – плотность ударов молнии в землю, $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$;

A_m – участок сбора данных о молнии, ударяющей вблизи здания, м^2 .

Участок сбора данных A_m пролегает по линии электропередачи, расположенной на расстоянии 250 м от периметра здания (см. рисунок A.5).

Если $N_M < 0$, то при оценке используют $N_M = 0$.

A.4 Оценка среднего годового количества опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии в систему энергоснабжения N_L

Для системы энергоснабжения, состоящей из одного участка, N_L можно определить по формуле:

$$N_L = N_g \cdot A_l \cdot C_d \cdot C_t \cdot 10^{-6}, \quad (\text{A.7})$$

где N_g – плотность ударов молнии в землю, $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$;

A_l – участок сбора данных, касающихся молнии, ударяющей в систему энергоснабжения, м^2 (см. таблицу A.3 и рисунок A.5);

C_d – фактор влияния местоположения (см. таблицу A.2);

C_t – поправочный коэффициент, учитывающий влияние высоковольтного/низковольтного трансформатора, применяемого в системе энергоснабжения здания и расположенного между точкой удара молнии и зданием (см. таблицу A.4). Данный коэффициент применяется к участкам линии электропередачи, расположенным от трансформатора до здания.

Таблица A.3 – Участки сбора данных A_l и A_i в зависимости от характеристик системы энергоснабжения

	Воздушная	Подземная
A_l	$(L_C - 3 \cdot (H_a + H_b)) \cdot 6 \cdot H_C$	$(L_C - 3 \cdot (H_a + H_b)) \cdot \sqrt{\rho}$
A_i	$1\,000 \cdot L_C$	$25 \cdot L_C \cdot \sqrt{\rho}$

где A_l – участок сбора данных, касающихся молнии, ударяющей в систему энергоснабжения, м^2 ;

A_i – участок сбора данных, касающихся молнии, ударяющей в землю вблизи системы энергоснабжения, м²;

H_c – высота проводников системы энергоснабжения над землей, м;

L_c – длина участка системы энергоснабжения от здания до первого соединительного узла, м. Принимают максимальное значение $L_c = 1000$ м;

H_a – высота здания, подсоединенного на конце «а» системы энергоснабжения, м;

H_b – высота здания, подсоединенного на конце «b» системы энергоснабжения, м;

ρ – удельное сопротивление земли, в которой проложена система энергоснабжения, Ом·м.

Принимают максимальное значение $\rho = 500$ Ом·м.

С целью проведения расчета:

- если значение L_c неизвестно, то принимают $L_c = 1000$ м;
- если значение L_c удельного сопротивления земли неизвестно, то принимают $\rho = 500$ Ом·м;
- в отношении кабелей, полностью проходящих в сложноточечной системе заземления, для равноценного участка сбора данных можно принимать $A_i = A_l = 0$;
- защищаемое здание следует рассматривать как здание, подсоединенное на конце «b» системы энергоснабжения.

Примечание – Более подробную информацию об участках A_l и A_i можно найти в ITU-T K.46 и ITU-T K.47.

Таблица А.4 – Фактор влияния трансформатора C_t

Трансформатор	C_t
Система энергоснабжения, имеющая два трансформатора с обмоткой	0,2
Только система энергоснабжения	1

А.5 Оценка среднего годового количества опасных случаев, возникающих в результате ударов молнии вблизи системы энергоснабжения N_l

Для системы энергоснабжения (наземной, подземной, экранированной, неэкранированной и т.д.), состоящей из одного участка, значения N_l можно определить по формуле:

$$N_l = N_g \cdot A_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot 10^{-6}, \quad (\text{А.8})$$

где N_g – плотность ударов молнии в землю, удар/(км² · год);

A_i – участок сбора данных об ударах молнии в землю вблизи системы энергоснабжения, м² (см. таблицу А.3 и рисунок А.5);

C_e – фактор влияния окружающей среды (см. таблицу А.5);

C_t – поправочный коэффициент, учитывающий влияние высоковольтного/низковольтного трансформатора, применяемого в системе энергоснабжения здания и расположенного между точкой удара молнии и зданием (см. таблицу А.4). Данный коэффициент применяется к участкам линии электропередачи, расположенным от трансформатора до здания.

Таблица А.5 – Фактор влияния окружающей среды, C_e

Окружающая среда	C_e
Городская среда с высокими зданиями ¹⁾	0
Городская среда ²⁾	0,1
Окружающая среда в пригородных районах ³⁾	0,5
Сельская среда	1
¹⁾ Высота зданий выше 20 м.	
²⁾ Высота зданий от 10 до 20 м.	
³⁾ Высота зданий ниже 10 м.	

Примечание – Участок сбора данных A_i системы энергоснабжения определяется его длиной L_c и горизонтальной дальностью D_l (см. рисунок А.5), на которой удар молнии вблизи системы энергоснабжения может вызвать индуцированные перенапряжения не ниже 1,5 кВ.

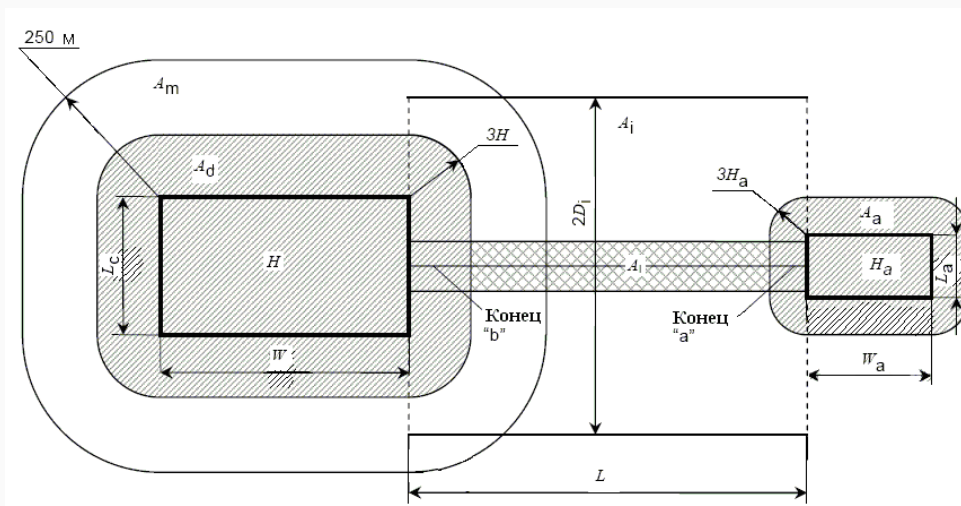


Рисунок А.5 – Участки сбора данных (A_d , A_m , A_i , A_l)

Приложение В (справочное)

Оценка вероятности P_X повреждения здания

Вероятности, о которых говорится в настоящем приложении, являются обоснованными, если меры молниезащиты соответствуют:

- IEC 62305-3 по мерам молниезащиты, уменьшающим травмирование людей и физическое повреждение;

- IEC 62305-4 по мерам молниезащиты, снижающим опасность для жизни людей.

В обоснованных случаях можно выбрать другие значения.

Значения вероятностей P_X менее 1 можно выбирать только в случае, если меры молниезащиты или характеристики являются обоснованными для всего защищаемого здания или зоны здания (Z_S) и для оборудования.

В.1 Вероятность P_A того, что удар молнии в здание станет причиной поражения людей электрическим током

Значения вероятности P_A удара электрическим током людей из-за контактного и шагового напряжения, связанных с ударом молнии в здание, в качестве функции уровня молниезащиты, приведены в таблице В.1.

Таблица В.1 – Значения вероятности P_A того, что удар молнии в здание станет причиной поражения людей электрическим током из-за опасного контактного и шагового напряжения

Мера молниезащиты	P_A
Отсутствие мер молниезащиты	1
Электрическая установка токоотводов, подвергаемых действию молнии (например, из сетчатого полиэтилена не менее 3 мм)	10^{-2}
Эффективное уравнивание грозовых потенциалов земли	10^{-2}
Предупредительные надписи	10^{-1}

При соблюдении нескольких мер молниезащиты значение P_A является произведением соответствующих значений P_A .

Примечание 1 – Более подробную информацию см. в IEC 62305-3 (В.1 и В.2 приложения В).

Примечание 2 – Если элементы, усиливающие прочность конструкции или каркаса, используют в качестве системы токоотводов или имеются физические ограничения, значение вероятности P_A считают ничтожно малым.

В.2 Вероятность P_B того, что удар молнии в здание станет причиной физического повреждения

Значения вероятности P_B физического повреждения в результате удара молнии в здание в зависимости от уровня молниезащиты представлены в таблице В.2.

Таблица В.2 – Значения P_B в зависимости от мер молниезащиты, используемых в целях уменьшения повреждения

Характеристики здания	Класс системы молниезащиты	P_B
Здание, не оснащенное системой молниезащиты	-	1
Здание, оснащенное системой молниезащиты	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Здание с воздушной системой молниезащиты, соответствующей системе молниезащиты I, и сплошной металлической или железобетонной конструкцией, выступающей в качестве обычного токоотвода		0,01
Здание с металлической крышей или системой молниезащиты, включающее обычные элементы, с полной защитой каких-либо установок на крыше от прямых ударов молнии и сплошной металлической или железобетонной конструкцией, выступающей в качестве обычного токоотвода		0,001

Примечание – Значения P_B , отличающиеся от тех, которые указаны в таблице В.2, можно использовать, если они основаны на подробном исследовании, с учетом требований к размерам и критериям задержания, определенным в IEC 62305-1.

В.3 Вероятность P_C того, что удар молнии в здание станет причиной физического повреждения внутренних систем

Значение вероятности P_C физического повреждения внутренних систем в результате удара молнии в здание зависит от применения для молниезащиты соответствующих устройств от перенапряжений:

$$P_C = P_{SPD} . \quad (B.1)$$

Значения P_{SPD} зависят от уровня молниезащиты, для обеспечения которого устанавливают устройства для молниезащиты от перенапряжений, как показано в таблице В.3.

Таблица В.3 – Значение вероятности P_{SPD} в зависимости от уровня молниезащиты, для обеспечения которого созданы ограничители перенапряжения

Уровень молниезащиты	P_{SPD}
Скоординированная защита с приемнением устройств для молниезащиты от перенапряжений отсутствует	1
III-IV	0,03
II	0,02
I	0,01
См. примечание 3	0,005 – 0,001

Примечание 1 – В качестве меры молниезащиты для снижения P_C подходит только «скоординированная защита с приемнением устройств для молниезащиты от перенапряжений». Скоординированная защита с приемнением устройств для молниезащиты от перенапряжений эффективна при снижении P_C только в зданиях, защищенных системой молниезащиты, или зданиях со сплошной металлической или железобетонной конструкцией, выступающей в качестве обычной системы молниезащиты, которая отвечает требованиям IEC 62305-3, касающегося соединения и заземления.

Примечание 2 – Экранирующие внутренние системы, соединенные с внешними линиями электропередачи, состоящие из молниезащитного кабеля или систем с проводкой, находящейся в трубопроводах, металлических каналах или металлических трубах, не требуют скоординированной защиты с приемнением устройств для молниезащиты от перенапряжений.

Примечание 3 – Меньшие значения P_{SPD} можно применять в случае применения устройств для молниезащиты от перенапряжений с лучшими характеристиками молниезащиты (большей способности выдерживания тока, более низким уровнем молниезащиты и т.д.) по сравнению с требованиями, установленными для уровня молниезащиты в местоположениях соответствующей установки.

В.4 Вероятность P_M того, что удар молнии вблизи здания станет причиной повреждения внутренних систем

Значение вероятности P_M повреждения внутренних систем в результате удара молнии вблизи здания зависит от принятых мер молниезащиты с учетом фактора K_{MS} .

В случае, если защита с приемнением устройств для молниезащиты от перенапряжений, отвечающая требованиям IEC 62305-4, не обеспечена, то тогда значение P_M должно быть равным значению P_{MS} .

Значения P_{MS} в зависимости от фактора K_{MS} представлены в таблице В.4, где K_{MS} – это фактор, определяющий технические характеристики принятых мер молниезащиты.

При обеспечении защиты с приемнением устройств для молниезащиты от перенапряжений, отвечающей требованиям IEC 62305-4, значение P_M должно быть ниже значения между P_{SPD} и P_{MS} .

Таблица В.4 – Значение вероятности P_{MS} в зависимости от фактора K_{MS}

K_{MS}	P_{MS}
$\geq 0,4$	1
0,15	0,9
0,07	0,5
0,035	0,1
0,021	0,01
0,016	0,005
0,015	0,003
0,014	0,001
$\leq 0,013$	0,0001

Что касается внутренних систем с оборудованием, не соответствующим уровню сопротивляемости или выдерживания напряжения, установленных в стандартах, следует принимать $P_{MS} = 1$.

Значения фактора K_{MS} получают произведением:

$$K_{MS} = K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3} \cdot K_{S4}, \quad (B.2)$$

где K_{S1} – учитывает эффективность экранирования здания, систему молниезащиты или другие экраны на границе зоны молниезащиты 0/1;

K_{S2} – учитывает эффективность экранов внутри здания на границе зоны молниезащиты ЗМЗ X/Y ($X > 0, Y > 1$);

K_{S3} – учитывает характеристики внутренней проводки (см. таблицу B.5);

K_{S4} – учитывает импульсное выдерживаемое напряжение защищаемой системы.

Внутри зоны молниезащиты на безопасном расстоянии от граничного экрана по крайней мере равном ширине ячейки w , факторы K_{S1} и K_{S2} для системы молниезащиты или защитных экранов сетчатого типа можно определить как:

$$K_{S1} + K_{S2} = 0,12 w, \quad (B.3)$$

где w – это ширина ячейки защитного экрана или токоотводов сетчатого типа, или пространство между металлическими колоннами здания или между железобетонной конструкцией, выступающей в качестве обычной системы молниезащиты, м.

Для металлических экранов толщиной от 0,1 до 0,5 мм $K_{S1} = K_{S2} = 10^{-4} - 10^{-5}$.

Примечание 1 – Если имеется решетчатая соединительная сеть, соответствующая требованиям IEC 62305-4, значения K_{S1} и K_{S2} могут быть уменьшены вдвое.

Если индукционная петля пролегает близко к проводникам граничного экранирования зоны молниезащиты на расстоянии от экрана меньшем, чем безопасное расстояние, значения K_{S1} и K_{S2} будут выше. Например, если расстояние до экрана составляет $0,1w - 0,2w$, то значения K_{S1} и K_{S2} должны быть удвоены.

Для кумулятивного эффекта зоны молниезащиты K_{S2} получают произведением соответствующего K_{S2} каждой зоны.

Примечание 2 – Максимальное значение K_{S1} ограничивается 1.

Таблица B.5 – Значение фактора K_{S3} в зависимости от внутренней проводки

Тип внутренней проводки	K_{S3}
Неэкранированный кабель – без мер предосторожности в отношении разводки, чтобы избежать петель ¹⁾	1
Неэкранированный кабель – с мерами предосторожности в отношении разводки, чтобы избежать больших петель ²⁾	0,2
Неэкранированный кабель – с мерами предосторожности в отношении разводки, чтобы избежать петель ³⁾	0,02
Экранированный кабель с экраном, сопротивление которого ⁴⁾ $5 < R_s \leq 20$ Ом/км	0,001
Экранированный кабель с экраном, сопротивление которого ⁴⁾ $1 < R_s \leq 5$ Ом/км	0,0002
Экранированный кабель с экраном, сопротивление которого ⁴⁾ $R_s \leq 1$ Ом/км	0,0001
¹⁾ Петлевидные проводники с различной разводкой в больших зданиях (участок петли в пределах 50 м ²). ²⁾ Разводка петлевидных проводников в том же самом канале или петлевидных проводников с различной разводкой в маленьких зданиях (участок петли в пределах 10 м ²). ³⁾ Разводка петлевидных проводников в этом же самом кабеле (участок петли в пределах 0,5 м ²). ⁴⁾ Кабель с сопротивлением экрана R_s (Ом/км), соединенный с шиной для выравнивания потенциалов на обоих концах, и оборудование, соединенное с этой же самой шиной.	

Для прокладки электрических проводов в сплошном металлическом трубопроводе, соединенном с шинами для выравнивания потенциалов на обоих концах, значения K_{S3} умножают на 0,1.

Фактор K_{S4} определяют как:

$$K_{S4} = 1,5/U_w, \quad (B.4)$$

где U_w – номинальное импульсное выдерживаемое напряжение защищаемой системы энергоснабжения, кВ.

При наличии аппаратуры с различными уровнями импульсного выдерживаемого напряжения во внутренней системе выбирают фактор K_{S4} , относящийся к самому низкому уровню импульсного напряжения.

В.5 Вероятность P_U того, что удар молнии в систему энергоснабжения вызовет угрозу жизни людей

Значения вероятности P_U угрозы для жизни людей из-за контактного и шагового напряжения, вызванного ударом молнии в систему энергоснабжения, входящую в здание, зависят от характеристик экранирующей защиты этой системы, импульсного выдерживаемого напряжения внутренних систем, соединенных с системой энергоснабжения, обычных мер молниезащиты (физических ограничений, предупредительных надписей и т.д.) (см. таблицу В.1) и устройств для молниезащиты от перенапряжений, установленных на входе системы энергоснабжения).

Если устройства для молниезащиты от перенапряжений для обеспечения уравнивания грозовых потенциалов в соответствии с IEC 62305-3 отсутствуют, то значение P_U соответствует значению P_{LD} , где P_{LD} – вероятность повреждения внутренних систем в результате удара молнии в подсоединенную систему энергоснабжения.

Значения P_{LD} указаны в таблице В.6.

Если устройства для молниезащиты от перенапряжений для обеспечения уравнивания грозовых потенциалов в соответствии с IEC 62305-3 имеются, то значением P_U является меньшее значение из значений P_{SPD} (см. таблицу В.3) и P_{LD} .

Примечание – Для снижения P_U в данном случае скоординированная система молниезащиты с применением устройств для молниезащиты от перенапряжений в соответствии с IEC 62305-4 не требуется, поскольку согласно IEC 62305-3 достаточно устройств защиты от выбросов тока.

Таблица В.6 – Значение вероятности P_{LD} в зависимости от сопротивления R_s экранирующего кабеля и выдерживаемого импульсного напряжения U_w оборудованием

U_w , кВ	$5 < R_s \leq 20$ Ом/км	$1 < R_s \leq 5$ Ом/км	$R_s \leq 1$ Ом/км
1,5	1	0,8	0,4
2,5	0,95	0,6	0,2
4	0,9	0,3	0,04
6	0,8	0,1	0,02

R_s – это сопротивление экрана кабеля, Ом/км.

Для неэкранированной системы энергоснабжения принимают $P_{LD} = 1$.

Если обеспечены меры молниезащиты, например физические ограничения, предупредительные надписи и т.д., то вероятность P_U должна в дальнейшем снижаться посредством умножения на значения вероятности P_A , приведенные в таблице В.1.

В.6 Вероятность P_V того, что удар молнии в систему энергоснабжения станет причиной физического повреждения

Значения вероятности P_V физического повреждения, возникающего в результате удара молнии в систему энергоснабжения, входящей в здание, зависят от характеристик экранирования данной системы, импульсного выдерживаемого напряжения внутренних систем, соединенных с системой энергоснабжения, и наличия устройств для молниезащиты от перенапряжений.

Если устройства для молниезащиты от перенапряжений для обеспечения уравнивания грозовых потенциалов в соответствии с требованиями IEC 62305-3 отсутствуют, то значение P_V соответствует значению P_{LD} , где P_{LD} – вероятность повреждения внутренних систем в результате удара молнии в подсоединенную систему энергоснабжения.

Значения P_{LD} указаны в таблице В.6.

Если имеются устройства для молниезащиты от перенапряжений, обеспечивающие уравнивание грозовых потенциалов в соответствии с требованиями IEC 62305-3, то значением P_V должно быть меньшее из значений P_{SPD} (см. таблицу В.3) и P_{LD} .

Примечание – Для снижения P_V в данном случае скоординированная система молниезащиты с применением устройств для молниезащиты от перенапряжений в соответствии с IEC 62305-4 не требуется, поскольку согласно IEC 62305-3 достаточно устройств защиты от выбросов тока.

В.7 Вероятность P_W того, что удар молнии в систему энергоснабжения вызовет повреждение внутренних систем

Значения вероятности P_W повреждения внутренних систем в результате удара молнии в систему энергоснабжения, входящую в здание, зависят от характеристик экранирования данной системы,

импульсного выдерживаемого напряжения внутренними системами, соединенными с системой энергоснабжения, и установленных устройств для молниезащиты от перенапряжений.

Если устройства для молниезащиты от перенапряжений для обеспечения уравнивания грозовых потенциалов в соответствии с требованиями IEC 62305-3 отсутствуют, то значение P_W соответствует значению P_{LD} , где P_{LD} – вероятность повреждения внутренних систем в результате удара молнии в подсоединенную систему энергоснабжения.

Значения P_{LD} указаны в таблице В.6.

Если имеются устройства для молниезащиты от перенапряжений для обеспечения уравнивания грозовых потенциалов в соответствии с требованиями IEC 62305-4, то значением P_W должно быть меньшее из значений P_{SPD} (см. таблицу В.3) и P_{LD} .

В.8 Вероятность P_Z того, что удар молнии вблизи входящей системы энергоснабжения вызовет повреждение внутренних систем

Значения вероятности P_Z повреждения внутренних систем в результате удара молнии вблизи системы энергоснабжения, входящей в здание, зависят от характеристик экранирования данной системы, импульсного выдерживаемого напряжения внутренних систем, соединенных с системой энергоснабжения, и обеспечения мер молниезащиты.

Если скоординированная молниезащита с применением устройств для молниезащиты от перенапряжений в соответствии с IEC 62305-4 отсутствует, то значение P_Z соответствует значению P_{LI} , где P_{LI} – вероятность повреждения внутренних систем в результате удара молнии в подсоединенную систему энергоснабжения.

Значения P_{LI} указаны в таблице В.7.

Если устройства для молниезащиты от перенапряжений в соответствии с IEC 62305-4 имеются, то значением P_Z является меньшее из значений P_{SPD} (см. таблицу В.3) и P_{LI} .

Таблица В.7 – Значения вероятности P_{LI} в зависимости от сопротивления R_s экранирующего кабеля и выдерживаемого импульсного напряжения U_w оборудованием

R_s , кВ	Экран отсутствует	Экран не соединен с шиной для выравнивания потенциалов, к которой подключено оборудование	Экран соединен с шиной для выравнивания потенциалов и оборудование подключено к этой же самой шине		
			$5 < R_s \leq 20$ Ом/км	$1 < R_s \leq 5$ Ом/км	$R_s \leq 1$ Ом/км
1,5	1	0,5	0,15	0,04	0,02
2,5	0,4	0,2	0,06	0,02	0,008
4	0,2	0,1	0,03	0,008	0,004
6	0,1	0,05	0,02	0,004	0,002
R_s – это сопротивление экрана кабеля, Ом/км.					
Примечание – Более точную оценку K_s для экранированных и неэкранированных участков можно найти в ITU-T K.46.					

Приложение С (справочное)

Оценка размера ущерба L_X для здания

Проектировщик системы молниезащиты (или владелец здания) должен определить и установить значения объема ущерба L_X . Типичные средние значения, указанные в настоящем приложении, являются единственными значениями, предлагаемыми Международной электротехнической комиссией (IEC). Каждый национальный комитет может принимать различные значения.

Примечание – Рекомендуется, чтобы формулы, приведенные в настоящем приложении, использовались в качестве первичного источника определения значений для L_X .

С.1 Средний относительный годовой объем ущерба

Ущерб L_X относится к среднему относительному объему конкретного типа повреждения, которое может быть вызвано ударом молнии, с учетом как объема, так и воздействий.

Его значение зависит от следующих аспектов:

- количества людей и времени, в течение которого они остаются в опасном месте;
- типа и значения услуг, предлагаемых населению;
- стоимости поврежденного имущества.

Значение ущерба L_X зависит от типа рассматриваемого ущерба L_1 , L_2 , L_3 и L_4 и для каждого типа ущерба - от типа повреждения $D1$, $D2$ и $D3$, вызывающего ущерб. Используют следующие обозначения:

- L_t – поражение людей из-за контактного и шагового напряжения;
- L_f – ущерб, относящийся к физическому повреждению;
- L_o – ущерб, относящийся к повреждению внутренних систем.

С.2 Гибель людей

Значения L_t , L_f и L_o можно определить, вычисляя относительное количество жертв, по следующей приближенной формуле:

$$L_X = (n_p / n_t) \cdot (t_p / 8760), \quad (\text{С.1})$$

где n_p – количество людей (жертв), подвергающихся вероятной опасности;

n_t – возможное общее количество людей (в здании);

t_p – промежуток времени, выраженный количеством часов в год, в течение которого люди находятся в опасном месте, за пределами здания (только L_t) или внутри здания (L_t , L_f и L_o).

Если значения n_p , n_t и t_p точно не определены или их трудно определить, то применяют типичные средние значения L_t , L_f и L_o , которые приведены в таблице С.1.

Таблица С.1 – Типичные средние значения L_t , L_f и L_o

Тип здания	L_t
Все типы (люди внутри здания)	10^{-4}
Все типы (люди за пределами здания)	10^{-2}

Тип здания	L_f
Больницы, гостиницы, жилые здания	10^{-1}
Промышленные, коммерческие здания, школы	5×10^{-2}
Здания для массового отдыха, церкви, музеи	2×10^{-2}
Другие	10^{-2}

Тип здания	L_o
Здание с риском взрыва	10^{-1}
Больницы	10^{-3}

На ущерб, связанный с гибелью людей, влияют характеристики здания. Их следует учитывать, используя увеличивающий фактор h_z и уменьшающие факторы r_f , r_p , r_a , r_u , следующим образом:

$$L_A = r_a \cdot L_t, \quad (\text{С.2})$$

$$L_U = r_u \cdot L_t, \quad (\text{С.3})$$

$$L_B = L_V = r_p \cdot h_z \cdot r_f \cdot L_t, \quad (C.4)$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_0, \quad (C.5)$$

где r_a – фактор уменьшения гибели людей, зависящий от типа почвы (см. таблицу C.2);

r_u – фактор уменьшения гибели людей, зависящий от типа пола (см. таблицу C.2);

r_p – фактор уменьшения ущерба в результате физического повреждения, зависящий от мер, предпринимаемых для уменьшения последствий возгорания (см. таблицу C.3);

r_f – фактор уменьшения ущерба в результате физического повреждения, зависящий от опасности возгорания здания (см. таблицу C.4);

h_z – фактор увеличения ущерба в результате физического повреждения, учитывают при наличии особой опасности (см. таблицу C.5).

Таблица C.2 – Значения факторов уменьшения r_a и r_u в зависимости от типа поверхности земли или пола

Тип поверхности	Сопротивление контактов, кОм ¹⁾	r_a и r_u
Земля, бетон	≤ 1	10^{-2}
Мрамор, керамика	1 – 10	10^{-3}
Гравий, обивочная ткань, ковры	10 – 100	10^{-4}
Асфальт, линолеум, дерево	≥ 100	10^{-5}
¹⁾ Значения, измеренные на электроде площадью 400 см ² , сжатом с силой 500 Н, в бесконечно удаленной точке.		

Таблица C.3 – Значения фактора уменьшения r_p в зависимости от оснащения, применяемого для уменьшения последствий возгорания

Оснащение	r_p
Оснащение отсутствует	1
Одно из следующих оснащений: огнетушители, закрепленные управляемые вручную устройства для тушения огня; ручные пожарные извещатели, гидранты; помещения, защищенные от возгорания; защищенные пожарные выходы	0,5
Одно из следующих оснащений: закрепленные автоматические устройства для тушения огня; автоматические пожарные извещатели ¹⁾	0,2
¹⁾ Применяют только, если имеется защита от перенапряжений и других повреждений, и если пожарные могут прибыть в течение не более 10 мин.	

При применении разного оснащения используют наименьшее значение r_p из соответствующих значений.

В зданиях с наличием риска взрыва $r_p = 1$ для всех случаев.

Таблица C.4 – Значения фактора уменьшения r_f в зависимости от риска возгорания здания

Опасность возгорания	r_f
Взрыв	1
Высокий	10^{-1}
Обычный	10^{-2}
Низкий	10^{-3}
Отсутствует	0

Примечание 1 – Для зданий с риском взрыва и сооружений, содержащих взрывоопасные смеси, может потребоваться более подробная оценка.

Примечание 2 – Те здания, которые построены из горючих материалов, здания, крыши которых выполнены из горючих материалов, или здания с особой пожарной нагрузкой, превышающей 800 МДж/м², рассматривают как здания с высоким уровнем пожароопасности.

Примечание 3 – Здания с пожарной нагрузкой в пределах 400 – 800 МДж/м² рассматривают как здания с обычным уровнем пожароопасности.

Примечание 4 – Здания с пожарной нагрузкой менее 400 МДж/м² или здания, в которых горючие материалы содержатся непостоянно, рассматривают как здания с низким уровнем пожароопасности.

Примечание 5 – Определенная пожарная нагрузка – это соотношение энергии общего количества горючего материала в здании к общей поверхности здания.

Таблица С.5 – Значения фактора увеличения h_z относительного объема ущерба при наличии особой опасности

Тип конкретной опасности	h_z
Какая-либо опасность отсутствует.	1
Низкий уровень паники (например, двухэтажное здание и не более 100 чел., находящихся в нем)	2
Средний уровень паники (например, здания, предназначенные для проведения культурных или спортивных мероприятий с количеством участников от 100 до 1000 чел.)	5
Затрудненная эвакуация (например, здания, в которых находятся люди с ограниченными физическими возможностями, больницы)	5
Средний уровень паники (например, здания, предназначенные для проведения культурных или спортивных мероприятий с количеством участников свыше 1000 чел.)	10
Опасность для близлежащей местности и окружающей среды	20
Загрязнение близлежащей местности и окружающей среды	50

С.3 Недопустимое нарушение коммунального обслуживания

Значения L_f и L_o можно определить, в зависимости от степени возможного риска по следующей приближенной формуле:

$$L_x = (n_p / n_t) \cdot (t / 8760), \quad (\text{С.6})$$

где n_p – количество людей (жертв), подвергающихся вероятной опасности;

n_t – предполагаемое общее количество людей (обслуживаемых потребителей электроэнергии);

t – ежегодная продолжительность нарушения коммунального обслуживания, ч.

Если значения n_p , n_t и t точно не определены или их трудно определить, то применяют типичные средние значения L_f и L_o , которые приведены в таблице С.6.

Таблица С.6 – Типичные средние значения L_f и L_o

Тип обслуживания	L_f	L_o
Газоснабжение, водоснабжение	10^{-1}	10^{-2}
Телевидение, связь, энергоснабжение	10^{-2}	10^{-3}

На нарушение коммунального обслуживания влияют характеристики системы и фактор уменьшения r_p :

$$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot L_f, \quad (\text{С.7})$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_o. \quad (\text{С.8})$$

Значения факторов r_p и r_f приведены в таблицах С.3 и С.4 соответственно.

С.4 Ущерб, наносимый культурным ценностям

Значение L_f можно определить в зависимости от степени возможного ущерба по следующей приближенной формуле:

$$L_x = c / c_t, \quad (\text{С.9})$$

где c – среднее значение возможного ущерба зданию (например, страховая стоимость вероятного ущерба имуществу) в денежном выражении;

c_t – общая стоимость здания (например, общая страховая стоимость всего имущества, находящегося в здании) в денежном выражении.

Если значения c и c_t не установлены или их сложно установить, за типичное среднее значение L_f принимают следующее значение:

$$L_f = 10^{-1}.$$

На ущерб, наносимый культурным ценностям, влияют характеристики здания и фактор уменьшения r_p :

$$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot L_f. \quad (\text{С.10})$$

Значения факторов r_p и r_f приведены в таблицах С.3 и С.4 соответственно.

С.5 Экономический ущерб

Значения L_t , L_f и L_o можно определить с учетом относительного объема вероятного ущерба из следующего приближенного соотношения:

$$L_x = c / c_t, \quad (\text{С.11})$$

где s – среднее значение вероятного ущерба зданию (включая находящееся в нем оборудование и соответствующую деятельность и последствия ущерба) в денежном выражении;

s_t – общая стоимость здания (включая находящееся в нем оборудование и соответствующую деятельность) в денежном выражении.

Если значения s и s_t не установлены или их трудно установить, то применяют типичные средние значения L_t , L_f и L_o , которые можно использовать для всех типов зданий и которые приведены в таблице С.7.

Таблица С.7 – Типичные средние значения L_t , L_f и L_o

Тип здания	L_t
Все типы (внутри зданий)	10^{-4}
Все типы (за пределами зданий)	10^{-2}

Тип здания	L_f
Больница, промышленное предприятие, музей, здание сельскохозяйственного назначения	0,5
Гостиница, школа, офис, церковь, здание для массового отдыха, торговое здание	0,2
Другие	0,1

Тип здания	L_o
Имеется опасность взрыва	10^{-1}
Больница, промышленное предприятие, офис, гостиница, торговое здание	10^{-2}
Музей, ферма, школа, церковь, здание для массового отдыха	10^{-3}
Другие	10^{-4}

На экономический ущерб влияют характеристики здания. Их следует принимать во внимание, увеличивая коэффициенты h_z и уменьшая коэффициенты r_p , r_a , r_f , r_u следующим образом:

$$L_A = r_a \cdot L_t, \quad (C.12)$$

$$L_U = r_u \cdot L_t, \quad (C.13)$$

$$L_B = L_V = r_p \cdot r_f \cdot h_z \cdot L_f, \quad (C.14)$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_o. \quad (C.15)$$

Значения факторов r_a и r_u указаны в таблице С.2; r_p – в таблице С.3; r_f – в таблице С.4; и h_z – в таблице С.5.

Приложение D (справочное)

Оценка вероятности P'_x повреждения системы энергоснабжения

Вероятности, о которых говорится в настоящем приложении, - это значения, согласованные с Международной электротехнической комиссией (IEC). Можно использовать другие значения, если они обоснованы.

Вероятности, указанные в настоящем приложении, являются обоснованными, если примененные меры молниезащиты соответствуют требованиям IEC 62305-5.

D.1 Линии электропередачи с металлическими проводниками

D.1.1 Вероятность P'_B и P'_C повреждения линии электропередачи в результате удара молнии в здание

Вероятность P'_B того, что удар молнии в здание, к которому подсоединена линия электропередачи, вызовет физические повреждения, и вероятность P'_C того, что удар молнии в здание, к которому подсоединена линия электропередачи, вызовет повреждения системы энергоснабжения, связаны с током повреждения I_a . Ток повреждения I_a зависит от характеристик линии электропередачи, количества систем энергоснабжения, входящих в здание, и принятых мер молниезащиты.

Для неэкранированных линий должно быть принято $I_a = 0$.

Для экранированных линий ток повреждения I_a , кА, определяют по формуле:

$$I_a = 25 \cdot n \cdot U_w / (R_s \cdot K_d \cdot K_p), \quad (D.1)$$

где K_d – фактор, зависящий от характеристик линии электропередачи (см. таблицу D.1);

K_p – фактор, учитывающий воздействие принятых мер молниезащиты (см. таблицу D.2);

U_w – импульсное выдерживаемое напряжение, кВ (см. таблицу D.3 для кабелей и таблицу D.4 для аппаратуры);

R_s – сопротивление экрана кабеля, Ом/км;

n – количество систем энергоснабжения, входящих в здание.

Примечание 1 – Устройства защиты от выбросов тока в точке входа в здание повышает ток повреждения I_a и может иметь положительный эффект защиты.

Примечание 2 – Подробная информация, касающаяся телекоммуникационных линий, представлена в ITU-T K.47.

Таблица D.1 – Значения фактора K_d в зависимости от характеристик экранированной линии электропередачи

Линия электропередачи	K_d
С экранированием, контактирующим с землей	1
С экранированием, не контактирующим с землей	0,4

Таблица D.2 – Значения фактора K_p в зависимости от мер молниезащиты

Мера молниезащиты	K_p
Меры молниезащиты отсутствуют	1
Дополнительные экранированные провода – один проводник ¹⁾	0,6
Дополнительные экранированные провода – два проводника ¹⁾	0,4
Канал для защиты кабеля от молнии	0,1
Молниезащитный кабель	0,02
Дополнительные экранирующие провода – стальная труба	0,01
¹⁾ Экранирующий провод устанавливают на высоте 30 см от кабеля; два экранирующих провода расположены на высоте 30 см выше кабеля и симметрично распределены относительно оси кабеля.	

Таблица D.3 – Импульсное выдерживаемое напряжение U_w в зависимости от типа кабеля

Тип кабеля	U_n , кВ	U_w , кВ
Телекоммуникационный кабель с бумажной изоляцией	-	1,5
Телекоммуникационный кабель с ПВХ или полиэтиленовой изоляцией	-	5
Силовой кабель	≤ 1	15
Силовой кабель	3	45
Силовой кабель	6	60
Силовой кабель	10	75
Силовой кабель	15	95
Силовой кабель	20	125

Таблица D.4 – Импульсное выдерживаемое напряжение U_w в зависимости от типа аппаратуры

Тип аппаратуры	U_w кВ
Электронная аппаратура	1,5
Электрическая аппаратура для потребителя электроэнергии $U_n < 1$ кВ	2,5
Электрическая аппаратура для сети $U_n < 1$ кВ	6

Значения P'_B и P'_C как функция значений тока повреждения I_a указаны в таблице D.5.

При наличии устройств для молниезащиты от перенапряжений, отвечающих требованиям IEC 62305-5, значения P'_B и P'_C следует применять такими же, как значение P_{SPD} (см. таблицу B.3).

Таблица D.5 – Значения вероятности P'_B , P'_C , P'_V , P'_W в зависимости от тока повреждения I_a

I_a , кА	P'_B, P'_C, P'_V, P'_W
0	1
3	0,99
5	0,95
10	0,9
20	0,8
30	0,6
40	0,4
50	0,3
60	0,2
80	0,1
100	0,05
150	0,02
200	0,01
300	0,005
400	0,002
600	0,001

D.1.2 Вероятности P'_V и P'_W того, что удар молнии в линию электропередачи вызовет повреждение

Вероятность P'_V того, что удар молнии в линию электропередачи вызовет физические повреждения, и вероятность P'_W того, что удар молнии в линию электропередачи вызовет повреждение оборудования системы энергоснабжения, связаны с током повреждения I_a , который в свою очередь зависит от характеристик линии электропередачи и от принятых мер молниезащиты.

Для неэкранированных линий принимают $I_a = 0$.

Для экранированных линий ток повреждения I_a определяют по формуле:

$$I_a = 25 \cdot U_w / (R_s \cdot K_d \cdot K_p), \quad (D.7)$$

где K_d – фактор, зависящий от характеристик линии электропередачи (см. таблицу D.1);

K_p – фактор, учитывающий принятые меры молниезащиты (см. таблицу D.2);

U_w – импульсное выдерживаемое напряжение, кВ (см. таблицу D.3 для кабелей и таблицу D.4 для аппаратуры);

R_s – сопротивление экрана кабеля, Ом/км.

При определении P'_V для телекоммуникационных линий максимальные значения тока повреждения I_a принимают следующими:

- $I_a = 40$ кВ для кабелей со свинцовым экраном;
- $I_a = 20$ кВ для кабелей со алюминиевым экраном.

Примечание 1 – Эти значения являются приблизительной оценкой испытательного тока I_t , повреждающего типичные телекоммуникационные кабели в точке удара. Если имеются свидетельства, что эти значения не применимы для данного кабеля, то можно использовать другие значения. В этом случае используют испытания, приведенные в IEC 62305-5, с целью оценки тока повреждения.

Значения P'_V и P'_W как функция значений тока повреждения I_a приведены в таблице D.5.

Примечание 2 – Подробную информацию о телекоммуникационных линиях смотрите в ITU-T K.47.

D.1.3 Вероятность P'_Z того, что удар молнии вблизи линии электропередачи вызовет повреждение

Вероятность P'_Z того, что удар молнии линии электропередачи вызовет повреждение подключенной аппаратуры, зависит от характеристик линии электропередачи и от принятых мер молниезащиты.

При отсутствии устройств для молниезащиты от перенапряжений, отвечающих требованиям IEC 62305-5, значение P'_Z равняется значению P_{LI} .

Значения P_{LI} приведены в таблице B.7.

При наличии устройств для молниезащиты от перенапряжений, отвечающих требованиям IEC 62305-4, значение P'_Z должно быть меньшим из значений P_{SPD} (см. таблицу B.3) и P_{LI} .

D.2 Оптоволоконные линии

В стадии рассмотрения.

D.3 Трубопроводы

В стадии рассмотрения.

Приложение Е (справочное)

Оценка размера ущерба L'_x для системы энергоснабжения

Е.1 Средний ежегодный относительный объем ущерба

Ущерб L'_x относится к среднему относительному объему конкретного типа повреждения, которое может возникнуть в результате удара молнии в систему энергоснабжения, с учетом как объема, так и последующих воздействий.

Его значение зависит от:

- типа и важности услуги, предлагаемой населению;
- стоимости имущества, подвергаемого повреждению.

Ущерб L'_x различается по типу рассматриваемого ущерба L'_1 , L'_2 и L'_4 , а каждый тип ущерба – по типу повреждения D2 и D3, вызывающего ущерб. Используют следующие обозначения:

- L'_f – ущерб в результате физического повреждения;
- L'_o – ущерб в результате повреждения внутренних систем.

Е.2 Недопустимое нарушение коммунального обслуживания

Значения L'_f и L'_o можно определить, вычисляя степень возможного ущерба по приближенной формуле:

$$L'_x = (n_p / n_t) \cdot (t / 8760), \quad (\text{Е.1})$$

где n_p – среднее количество потребителей электроэнергии, которым не были оказаны услуги;

n_t – общее количество потребителей электроэнергии, которым были оказаны услуги;

t – ежегодная продолжительность нарушения коммунального обслуживания, ч.

Если значения n_p , n_t и t являются неопределенными или их трудно определить, то применяют типичные средние значения L'_f и L'_o , которые представлены в таблице Е.1.

Таблица Е.1 – Типичные средние значения L'_f и L'_o

Тип обслуживания	L'_f	L'_o
Газоснабжение, водоснабжение	10^{-1}	10^{-2}
Телевидение, связь, энергоснабжение	10^{-2}	10^{-3}

На нарушение коммунального обслуживания влияют следующие характеристики системы энергоснабжения:

$$L'_B = L'_V = L'_f, \quad (\text{Е.2})$$

$$L'_C = L'_W = L'_Z = L'_o. \quad (\text{Е.3})$$

Е.3 Экономический ущерб

Значение L'_f и L'_o можно определить, вычисляя степень возможного ущерба по следующей формуле:

$$L'_x = c / c_t, \quad (\text{Е.4})$$

где c – среднее значение возможного ущерба зданию, его содержанию и соответствующему виду деятельности, в денежном выражении;

c_t – общая стоимость здания, его содержания и соответствующего вида деятельности, в денежном выражении.

Типичные средние значения L'_f и L'_o для всех видов эксплуатации здания или сооружений.

Если значения c и c_t точно не определены или их трудно определить, то применяют следующие типичные средние значения L'_f и L'_o :

$$L'_f = 10^{-1},$$

$$L'_o = 10^{-3}.$$

На экономический ущерб влияют следующие характеристики системы энергоснабжения:

$$L'_B = L'_V = L'_f, \quad (\text{Е.5})$$

$$L'_C = L'_W = L'_Z = L'_o. \quad (\text{Е.6})$$

Приложение F (справочное)

Коммутационные перенапряжения

Внутренние перенапряжения могут возникать по различным причинам. Одной из вероятных причин является короткое замыкание, которое часто приводит к кратковременным и коммутационным перенапряжениям. По этой причине рассмотрение защиты от внутренних перенапряжений является обоснованным.

В большинстве случаев коммутационные перенапряжения являются не такими разрушительными, как грозовые перенапряжения, и средства молниезащиты (а именно, устройства для молниезащиты от перенапряжений), эффективные при защите от грозовых перенапряжений, защищают от коммутационных перенапряжений. Следовательно, решение о защите оборудования от грозовых перенапряжений связано также с необходимостью защиты от коммутационных перенапряжений.

Если коммутационные перенапряжения имеются, то процедура оценки такого риска очень похожа на процедуру, используемую в случае перенапряжений, индуцированных молнией, на линиях электропередачи, поскольку воздействия на оборудование очень близки. Однако имеется и различие в отношении количества N_s перенапряжений в год.

Коммутационные перенапряжения можно разделить на два типа:

- периодически повторяющиеся выбросы (действие автоматических выключателей, переключение конденсаторных батарей и т.д.). Они возникают довольно часто при принятии мер защиты квалифицированным работником или гораздо чаще в результате автоматического функционирования оборудования. Частота возникновения колеблется от одного-двух раз до нескольких раз в день, как в случае электрической дуги, соединяющей с машиной, например частота возникновения и значение этих перенапряжений (и их влияние на электрические устройства). В таких случаях анализ риска не всегда важен для принятия решения о защите оборудования;

- случайные выбросы (например, действие автоматических выключателей или плавких предохранителей). В этом случае их частота является по определению неизвестной и их амплитуда и воздействие на электрическое оборудование также могут быть неизвестны. В этом случае оценка риска может решить необходимость защиты от этого источника повреждения.

Значение коммутационных перенапряжений можно оценить только с помощью подробных измерений конкретных электрических установок и статистической обработки данных. Частота возникновения коммутационных перенапряжений уменьшается в зависимости от значения мощности в соответствии с правилом возведения в третью степень (вероятность обратно пропорциональна значению мощности, возведенному в третью степень).

В низковольтных системах предполагается, что коммутационные перенапряжения меньше 4 кВ и только два из 1000 перенапряжений имеют значение, превышающее 2,5 кВ. На основании общего количества оцененных или измеренных коммутационных перенапряжений, которые могут возникать в течение года n_s , можно определить общее количество перенапряжений N_s в год, превышающее 2,5 кВ (но менее чем 4 кВ), по следующей формуле:

$$N_s = 0,002 \cdot n_s. \quad (F.1)$$

Вероятность повреждения P и последующего ущерба L являются такими же, как и для грозовых индуцированных перенапряжений (см. приложения B и C).

Приложение G

(справочное)

Определение стоимости ущерба

Стоимость общего ущерба C_L рассчитывают по следующей формуле:

$$C_L = (R_A + R_U) \cdot C_A + (R_B + R_V) \cdot (C_A + C_B + C_S + C_C) + (R_C + R_M + R_W + R_Z) \cdot C_S, \quad (G.1)$$

где R_A и R_U – элементы риска, относящиеся к ущербу, связанному с животными, при отсутствии мер молниезащиты;

R_B и R_V – элементы риска, относящиеся к ущербу, связанному с физическим повреждением, при отсутствии мер молниезащиты;

R_C , R_M , R_W , R_Z – элементы риска, относящиеся к повреждению электрических и электронных систем, при отсутствии мер молниезащиты;

C_A – стоимость животных;

C_S – стоимость систем в здании;

C_B – стоимость здания;

C_C – стоимость оборудования в здании.

Общую стоимость C_{RL} остаточных потерь, несмотря на защитные меры, можно рассчитать по следующей формуле:

$$C_{RL} = (R'_A + R'_U) \cdot C_A + (R'_B + R'_V) \cdot (C_A + C_B + C_S + C_C) + (R'_C + R'_M + R'_W + R'_Z) \cdot C_S, \quad (G.2)$$

где R'_A и R'_U – элементы риска, относящиеся к ущербу, связанному с животными, при наличии мер молниезащиты;

R'_B и R'_V – элементы риска, относящиеся к ущербу, связанному с физическим повреждением, при наличии мер молниезащиты;

R'_C , R'_M , R'_W , R'_Z – элементы риска, относящиеся к повреждению электрических и электронных систем, при наличии/отсутствии мер молниезащиты;

Годовую стоимость C_{PM} мер молниезащиты можно рассчитать по следующей формуле:

$$C_{PM} = C_p \cdot (i + a + m), \quad (G.3)$$

где C_p – стоимость мер молниезащиты;

i – ставка процента;

a – норма амортизации;

m – периодичность технического обслуживания.

Годовая экономия S денежных средств:

$$S = C_L - (C_{PM} + C_{RL}). \quad (G.4)$$

Защита обоснована, если годовая экономия средств $S > 0$.

Приложение Н (справочное)

Изучение конкретного случая, касающегося зданий

В настоящем приложении рассматриваются конкретные случаи, относящиеся к загородному дому, административному зданию, больнице и многоквартирному дому, для того чтобы показать:

- как с помощью расчетов можно определить риск и вычислить необходимость обеспечения защиты;
- воздействие различных элементов риска на общий риск;
- влияние различных мер защиты, направленных на уменьшение риска;
- метод выбора из возможных вариантов молниезащиты с учетом экономической эффективности.

Примечание – В настоящем приложении приводятся гипотетические данные для загородного дома, административного здания, больницы и многоквартирного дома. Приложение предназначено для обеспечения информации об оценке риска с тем, чтобы проиллюстрировать принципы, содержащиеся в настоящем предстандарте. Настоящее приложение не рассматривает специфические аспекты условий, имеющих во всех устройствах или системах.

Н.1 Загородный дом

В качестве первого конкретного случая рассмотрим загородный дом, в отношении которого требуется определить необходимость обеспечения молниезащиты.

Например, риск R_1 гибели людей (элементы R_1 согласно 4.3 и таблице 3) определяют и сравнивают с допустимым значением $R_T = 10^{-5}$ (в соответствии с 5.5 и таблицей 7). Необходимо выбрать защитные меры для уменьшения этого риска.

Н.1.1 Соответствующие данные и характеристики

Используют следующие данные и характеристики, касающиеся:

- 1) самого дома и его окружающей среды, указанные в таблице Н.1;
- 2) внутренних систем и входящих линий, к которым они подсоединены, указанных в таблице Н.2.

Таблица Н.1 – Данные и характеристики здания

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение	Ссылка
Размеры, м	-	L_b, W_b, H_b	15, 20, 6	
Фактор местоположения	Изолированный ¹⁾	C_d	1	См. таблицу А.2
Системы молниезащиты	Отсутствуют	P_B	1	См. таблицу В.2
Экран на границе здания	Отсутствует	K_{S1}	1	См. формулу (В.3)
Экран внутри здания	Отсутствует	K_{S2}	1	См. формулу (В.3)
Люди, находящиеся за пределами дома	Отсутствуют ²⁾			
Плотность ударов молнии	$1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$	N_g	4	-

¹⁾ Ровная территория, без близлежащих сооружений.
²⁾ Риск поражения людей электрическим током $R_A = 0$.

Таблица Н.2 – Данные и характеристики линий электропередачи и подключенных внутренних систем

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение	Ссылка
Удельное сопротивление земли	Ом	ρ	500	
Низковольтная линия электропередачи и ее внутренняя система				
Длина, м		L_c	1000	
Высота, м	Подземная	H_c	-	
Трансформатор	Отсутствует	C_t	1	См. таблицу А.4
Фактор влияния местоположения линии ¹⁾	Изолированная	C_d	1	См. таблицу А.2

Окончание таблицы Н.2

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение	Ссылка
Фактор влияния окружающей среды линии	Сельская местность	C_e	1	См. таблицу А.5
Экранирование линии	Отсутствует	P_{LD}	1	См. таблицу В.6
Предупреждение о наличии скрытой проводки	Отсутствует	K_{S3}	1	См. таблицу В.5
Выдерживание внутренней системы	$U_W = 2,5$ кВ	K_{S4}	0,6	См. формулу (В.4)
Скоординированная защита с применением устройств для молниезащиты от перенапряжений	Отсутствует	P_{SPD}	1	См. таблицу В.3
Телекоммуникационная линия и ее внутренняя система				
Длина, м		L_c	1000	
Высота, м	Подземная	H_c	6	
Фактор влияния местоположения линии ¹⁾	Изолированная	C_d	1	См. таблицу А.1
Фактор влияния окружающей среды линии	Сельская местность	C_e	1	См. таблицу А.4
Экранирование линии	Отсутствует	P_{LD}	1	См. таблицу В.6
Предупреждение о наличии скрытой проводки	Отсутствует	K_{S3}	1	См. таблицу В.5
Выдерживание внутренней системы	$U_W = 1,5$ кВ	K_{S4}	1	См. формулу (В.4)
Скоординированная защита с применением устройств для молниезащиты от перенапряжений	Отсутствует	P_{SPD}	1	См. таблицу В.3
¹⁾ Ровная территория, изолированная линия (без близлежащих сооружений, без примыкающих сооружений, подсоединенных к дальнему концу линии (концу «а»)) ($N_{Da} = 0$).				

Принимая во внимание то, что:

- тип поверхности за пределами здания отличается от его внутренней поверхности;
- здание представляет собой отдельное несгораемое помещение;
- не существует защитного экрана, можно определить следующие основные зоны:
 - Z_1 (за пределами здания);
 - Z_2 (внутри здания).

Каких-либо других зон определять не требуется, учитывая то, что:

- обе внутренние системы (электропередачи и связи) находятся в зоне Z_2 ;
- ущербы L принимают в качестве постоянных в зоне Z_2 .

Если за пределами здания людей нет, то риск R_1 для зоны Z_1 можно не принимать во внимание, а оценку риска проводить только для зоны Z_2 .

Характеристики зоны Z_2 указаны в таблице Н.3.

Согласно оценке проектировщиком системы молниезащиты были приняты типичные средние значения относительного годового объема ущерба, касающегося риска R_1 (см. таблицу С.1).

Таблица Н.3 – Характеристики зоны Z_2 (внутри здания)

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение	Ссылка
Тип поверхности пола	Деревянная	r_u	10^{-5}	См. таблицу С.2
Риск возгорания	Низкий	r_f	10^{-3}	См. таблицу С.4
Особая опасность	Отсутствует	h_z	1	См. таблицу С.5
Пожарная защита	Отсутствует	r_p	1	См. таблицу С.3
Защитный экран	Отсутствует	K_{S2}	1	См. формулу (В.3)
Внутренние системы энергоснабжения	Да	Подключены к низковольтной линии электропередачи	-	
Внутренние системы телефонной связи	Да	Подключены к линии связи	-	
Ущерб из-за контактного и шагового напряжения	Да	L_t	10^{-4}	См. таблицу С.1
Ущерб, наносимый физическим повреждением	Да	L_t	10^{-1}	См. таблицу С.1

Н.1.2 Расчет соответствующих количественных значений

Расчеты участков сбора данных приведены в таблице Н.4. Расчеты предполагаемого количества опасных случаев приведены в таблице Н.5.

Таблица Н.4 – Участки сбора данных, касающихся здания и линий электропередачи

Обозначение участка	Ссылка на формулу/таблицу	Формула для определения участка сбора данных	Данные из таблиц	Значение, м ²
A_d	См. формулу (А.2)	Для здания: $A_d = [L_b \times W_b + 6H_b \times (L_b + W_b) + \pi \times (3H_b)^2]$	Н.1	$2,58 \times 10^3$
$A_{l(P)}$	См. таблицу А.3	Для линии электропередачи: $A_{l(P)} = \sqrt{\rho} \times [L_c - 3H_b]$	Н.1, Н.2	$2,2 \times 10^4$
$A_{i(P)}$	См. таблицу А.3	Вблизи линии электропередачи: $A_{i(P)} = 25 \times \sqrt{\rho} \times L_c$	Н.2	$5,6 \times 10^5$
$A_{l(T)}$	См. таблицу А.3	Для линии связи: $A_{l(T)} = 6H_c \times [L_c - 3H_b]$	Н.1, Н.2	$3,5 \times 10^4$
$A_{i(T)}$	См. таблицу А.3	Вблизи линии связи: $A_{i(T)} = 1000 \times L_c$	Н.2	10^6

Таблица Н.5 – Предполагаемое ежегодное количество опасных случаев

Обозначение количества	Ссылка на формулу	Формула для определения количества ударов молнии	Данные из таблиц	Значение, 1/год
N_D	См. формулу (А.4)	Для здания: $N_D = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$	Н.1, Н.4	$1,03 \times 10^{-2}$
$N_{L(P)}$	См. формулу (А.7)	Для линии электропередачи: $N_{L(P)} = N_g \times A_{l(P)} \times C_{d(P)} \times 10^{-6}$	Н.1, Н.2, Н.4	$8,78 \times 10^{-2}$
$N_{i(P)}$	См. формулу (А.8)	Вблизи линии электропередачи: $N_{i(P)} = N_g \times A_{i(P)} \times C_{i(P)} \times C_{e(P)} \times 10^{-6}$	Н.1, Н.2, Н.4	2,24
$N_{L(T)}$	См. формулу (А.7)	Для линии связи: $N_{L(T)} = N_g \times A_{l(T)} \times C_{d(T)} \times 10^{-6}$	Н.1, Н.2, Н.4	$1,41 \times 10^{-1}$
$N_{i(T)}$	См. формулу (А.8)	Вблизи линии связи: $N_{i(T)} = N_g \times A_{i(T)} \times C_{e(T)} \times 10^{-6}$	Н.1, Н.2, Н.4	4

Н.1.3 Расчет риска для принятия решения о необходимости молниезащиты

В каждом рассматриваемом случае для принятия решения о необходимости молниезащиты следует оценивать риск R_1 .

В соответствии с уравнением (1) его следует выражать следующей совокупностью элементов:

$$R_1 = R_B + R_U (\text{линия электропередачи}) + R_V (\text{линия электропередачи}) + R_U (\text{линия связи}) + R_V (\text{линия связи})$$

Уравнения, касающиеся определения включаемых элементов и оценки риска, даны в таблице Н.6.

Таблица Н.6 – Рассматриваемые элементы риска и их расчет (значения $\times 10^{-5}$)

Обозначение элемента	Ссылка на таблицу	Формулу для определения элемента с ударом молнии в:	Данные из таблиц	Значение $\times (10^{-5})$
R_B	См. таблицу 9	- здание в результате чего происходит физические повреждения: $R_B = N_D \times P_B \times h_z \times r_p \times r_f \times L_f$	Н.1, Н.3, Н.5	0,103
R_U (линия электропередачи)	См. таблицу 9	- линию электропередачи в результате чего происходит удар электрическим током: $R_U = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times r_u \times L_t$	Н.2, Н.3, Н.5	0,000009

Окончание таблицы Н.6

Обозначение элемента	Ссылка на таблицу	Уравнение для определения элемента с ударом молнии в:	Данные из таблиц	Значение $\times (10^{-5})$
R_V (линия электропередачи)	См. таблицу 9	- линию электропередачи в результате чего происходит физическим повреждениям: $R_V = (N_L + N_{Da}) \times P_V \times h_z \times r_p \times r_f \times L_f$	Н.2, Н.3, Н.5	0,878
R_U (линия связи)	См. таблицу 9	- линию связи в результате чего происходит удар электрическим током: $R_U = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times r_u \times L_f$		0,000014
R_V (линия связи)	См. таблицу 9	- линию связи в результате чего происходят физические повреждения: $R_V = (N_L + N_{Da}) \times P_V \times h_z \times r_p \times r_f \times L_f$		1,41
Общий риск R_1	См. таблицу 9	$R_A + R_B + R_U$ (линия электропередачи) + R_V (линия электропередачи) + R_U (линия связи) + R_V (линия связи)	Н.6	2,39

Н.1.4 Заключение на основе оценки R_1

Так как общий риск $R_1 = 2,39 \times 10^{-5}$ превышает допустимое значение $R_T = 10^{-5}$, то для здания требуется молниезащита.

Н.1.5 Выбор мер молниезащиты

В результате подставления составляющих элементов риска (см. 4.3.1 и 4.3.2) получаем следующее:

$$R_D = R_A + R_B + R_C = R_B = 0,103 \times 10^{-5};$$

$$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z = R_U + R_V = 2,287 \times 10^{-5};$$

$$R_S = R_A + R_U = R_U \approx 0;$$

$$R_F = R_B + R_V = 2,39 \times 10^{-5};$$

$$R_O = R_M + R_C + R_W = 0,$$

где R_D – риск, возникающий в результате воздействия молнии, ударяющей в здание (источник S1);

R_I – риск, возникающий в результате молнии, не ударяющей в здание, но воздействующей на него (источники S2, S3 и S4);

R_S – риск гибели людей;

R_F – риск физического повреждения;

R_O – риск повреждения внутренних систем.

Эти составляющие показывают, что риск для здания возникает в основном в результате физического повреждения, вызванного ударом молнии в подсоединенные линии.

Согласно таблице Н.6 основными элементами, влияющими на значение общего риска, являются следующие элементы:

- элемент $R_{V(\text{линия связи})}$ (удар молнии в линию связи) – 59 %;
- элемент $R_{V(\text{линия электропередачи})}$ (удар молнии в линию электропередачи) – 37 %;
- элемент R_B (удар молнии в здание) – 4 %.

Для снижения риска R_1 до приемлемого значения рассматривают меры молниезащиты, влияющие на элементы R_V и элемент R_B (см. таблицу Н.6). Подходящими мерами являются:

а) установка устройства для молниезащиты от перенапряжений IV уровня молниезащиты на входе системы электроснабжения с целью защиты как линии электропередачи, так и линии связи. Согласно таблице В.3 это уменьшает значения R_U и R_V (благодаря наличию устройства для молниезащиты от перенапряжений на подсоединенных линиях) на величину от 1 до 0,03;

б) установка системы молниезащиты класса IV, которая согласно таблицам В.2 и В.3, снижает значение R_B на величину от 1 до 0,2 и значения R_U и R_V (благодаря наличию ограничителя перенапряжения на подсоединенных линиях) на величину от 1 до 0,03.

Подставляя эти значения в уравнения, приведенные в таблице Н.6, можно получить новые значения элементов риска, как показано в таблице Н.7.

Таблица Н.7 – Значения элементов риска, относящихся к риску R_1 (значения $\times 10^{-5}$) для соответствующих случаев

Элементы риска	Значения $\times 10^{-5}$	
	Случай а)	Случай б)
R_A	0	0
R_B	0,103	0,0206
R_U (линия электропередачи)	≈ 0	≈ 0
R_V (линия электропередачи)	0,0263	0,0263
R_U (линия связи)	≈ 0	≈ 0
R_V (линия связи)	0,0423	0,0423
Общий риск	0,1716	0,0892

Решение, которое необходимо принять, должно соответствовать наилучшему техническому и/или экономическому компромиссу.

Н.2 Административное здание

В качестве второго конкретного случая рассмотрим административное здание, для которого требуется определить необходимость обеспечения молниезащиты.

Для этого определяют риск R_1 угрозы для жизни (элементы R_1 согласно 4.3 и таблице 3) и сравнивают с допустимым значением $R_T = 10^{-5}$ (в соответствии с 5.5 и таблицей 7). Для снижения риска выбирают соответствующие меры молниезащиты. Согласно решению, принятому владельцем, экономическую эффективность принятых мер молниезащиты не оценивают.

Н.2.1 Соответствующие данные и характеристики

Используют следующие данные и характеристики, касающиеся:

- 1) самого здания и его окружающей среды, указанные в таблице Н.8;
- 2) внутренних электрических систем и соответствующей входящей линии электропередачи, указанных в таблице Н.9;
- 3) внутренних электронных систем и соответствующей входящей линии связи, указанных в таблице Н.10.

Таблица Н.8 – Характеристики здания

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Размеры, м	-	$L_b \times W_b \times H_b$	40 $\times$ 20 $\times$ 25
Фактор влияния местоположения	Изолированное	C_d	1
Система молниезащиты	Отсутствует	P_B	1
Экран на границе здания	Отсутствует	K_{S1}	1
Экран внутри здания	Отсутствует	K_{S2}	1
Плотность ударов молнии	1/(км ² · год)	N_g	4
Люди, находящиеся в здании	Внутри здания и за его пределами	n_t	200

Таблица Н.9 – Характеристики внутренней энергосистемы и подсоединенной линии электропередачи

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Длина, м		L_c	200
Высота, м	Воздушная	H_c	6
НВ/ВВ трансформатор	Отсутствует	C_t	1
Фактор влияния местоположения линии	Изолированная	C_d	1
Фактор влияния окружающей среды вблизи линии	Сельская	C_e	1
Экранирование линии	Отсутствует	P_{LD}	1
		P_{LI}	0,4
Предупреждение о наличии внутренней проводки	Отсутствует	K_{S3}	1
Выдерживаемое напряжение оборудования U_w	$U_w = 2,5$ кВ	K_{S4}	0,6
Скоординированная защита с применением устройств для молниезащиты от перенапряжений	Отсутствует	P_{SPD}	1
Размеры конца «а» линии здания, м	Отсутствует	$L_a \times W_a \times H_a$	-

Таблица Н.10 – Характеристики внутренней системы телефонной связи и подсоединенной телекоммуникационной линии

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Удельное сопротивление земли	Ом·м	ρ	250
Длина, м	-	L_c	1000
Высота, м	Подземная	-	-
Фактор влияния местоположения линии	Изолированная	C_d	1
Фактор влияния окружающей среды вблизи линии	Сельская	C_e	1
Экранирование линии	Отсутствует	P_{LD}	1
		P_{LI}	1
Предупреждение о наличии внутренней проводки	Отсутствует	K_{S3}	1
Выдерживаемое напряжение оборудования U_w	$U_w = 1,5$ кВ	K_{S4}	1
Скоординированная защита с применением устройств для молниезащиты от перенапряжений	Отсутствует	P_{SPD}	1
Размеры конца «а» линии здания, м	Отсутствует	$(L_a \times W_a \times H_a)$	-

Н.2.2 Определение зон и их характеристик в административном здании

Учитывая то, что:

- тип поверхности земли в зоне входа в здание отличается от типа поверхности садовой зоны и от типа поверхности внутри здания;
- здание и архив относятся к разным противопожарным зонам;
- специальный защитный экран отсутствует;
- ущербы L в компьютерном центре меньше, чем ущербы в офисах; основные зоны можно разделить на следующие:
 - Z_1 – вход в здание;
 - Z_2 – садовая зона;
 - Z_3 – архив (находится в отдельной противопожарной зоне);
 - Z_4 – офисы;
 - Z_5 – компьютерный центр.

Характеристики зон представлены в таблице Н.11 – для зоны Z_1 , в таблице Н.12 – для зоны Z_2 , в таблице Н.13 – для зоны Z_3 , в таблице Н.14 – для зоны Z_4 и в таблице Н.15 – для зоны Z_5 .

Согласно оценке проектировщика системы молниезащиты типичные средние значения относительного объема ущерба в год, характерные для риска R_1 :

- $L_t = 10^{-2}$ – за пределами здания;
- $L_t = 10^{-4}$ – внутри здания;
- $L_t = 10^{-2}$ были снижены для каждой зоны с учетом количества людей, потенциально подвергающихся опасности в зоне здания против общего количества людей, находящихся в здании.

Таблица Н.11 – Характеристики зоны Z_1 (зона входа в здание)

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Тип поверхности земли	Мрамор	r_a	10^{-3}
Защита от поражения электротоком	Отсутствует	P_A	1
Ущерб в результате контактного и шагового напряжения	Да	L_t	2×10^{-4}
Люди, потенциально подвергающиеся опасности в зоне			4

Таблица Н.12 – Характеристики зоны Z_2 (садовая зона)

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Тип поверхности земли	Трава	r_a	10^{-2}
Защита от поражения электротоком	Забор	P_A	0
Ущерб в результате контактного и шагового напряжения	Да	L_t	10^{-4}
Люди, потенциально подвергающиеся опасности в зоне			2

Таблица Н.13 – Характеристики зоны Z₃ (зона архива)

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Тип поверхности пола	Линолеум	r_u	10^{-5}
Пожароопасность	Высокая	r_f	10^{-1}
Особая опасность	Небольшая паника	h_z	2
Противопожарная защита	Отсутствует	r_p	1
Защитный экран	Отсутствует	K_{S2}	1
Внутренние системы энергоснабжения	Да	Подсоединены к низковольтной линии электропередачи	-
Внутренние системы телефонной связи	Да	Подсоединены к линии связи	-
Ущерб в результате контактного и шагового напряжения	Да	L_t	10^{-5}
Ущерб, наносимый физическим повреждением	Да	L_f	10^{-3}
Люди, потенциально подвергающиеся опасности в зоне			20

Таблица Н.14 – Характеристики зоны Z₄ (зона офисов)

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Тип поверхности пола	Линолеум	r_u	10^{-5}
Пожароопасность	Низкая	r_f	10^{-3}
Особая опасность	Небольшая паника	h_z	2
Противопожарная защита	Отсутствует	r_p	1
Защитный экран	Отсутствует	K_{S2}	1
Внутренние системы энергоснабжения	Да	Подсоединены к низковольтной линии электропередачи	-
Внутренние системы телефонной связи	Да	Подсоединены к линии связи	-
Ущерб в результате контактного и шагового напряжения	Да	L_t	8×10^{-5}
Ущерб, наносимый физическим повреждением	Да	L_f	8×10^{-3}
Люди, потенциально подвергаемые опасности в зоне			160

Таблица Н.15 – Характеристики зоны Z₅ (зона компьютерного центра)

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Тип поверхности пола	Линолеум	r_u	10^{-5}
Пожароопасность	Низкая	r_f	10^{-3}
Особая опасность	Небольшая паника	h_z	2
Противопожарная защита	Отсутствует	r_p	1
Защитный экран	Отсутствует	K_{S2}	1
Внутренние системы энергоснабжения	Да	Подсоединены к низковольтной линии электропередачи	-
Внутренние системы телефонной связи	Да	Подсоединены к линии связи	-
Ущерб в результате контактного и шагового напряжения	Да	L_t	7×10^{-6}
Ущерб, наносимый физическим повреждением	Да	L_f	7×10^{-4}
Люди, потенциально подвергаемые опасности в зоне			14

Н.2.3 Количественный расчет соответствующих данных

Расчеты участков сбора данных представлены в таблице Н.16, расчеты предполагаемого количества опасных случаев – в таблице Н.17, а оценка предполагаемых годовых ущербов – в таблице Н.18.

Таблица Н.16 – Участки сбора данных, касающихся здания и линий электропередачи

Обозначение	Значение, м ²
A_d	$2,7 \times 10^4$
A_l (энергоснабжение)	$4,5 \times 10^3$
A_i (энергоснабжение)	2×10^5
A_l (связь)	$1,45 \times 10^4$
A_i (связь)	$3,9 \times 10^5$

Таблица Н.17 – Предполагаемое ежегодное количество опасных случаев

Обозначение	Значение, 1/год
N_d	$1,1 \times 10^{-1}$
N_L (энергоснабжение)	$1,81 \times 10^{-2}$
N_i (энергоснабжение)	8×10^{-1}
N_L (связь)	$5,9 \times 10^{-2}$
N_i (связь)	1,581

Н.2.4 Расчет риска для принятия решения о необходимости обеспечения защиты

Оценка включаемых элементов риска для каждой зоны и общая оценка риска представлены в таблице Н.18.

Таблица Н.18 – Значения элементов риска R_1 в соответствии с зонами (значения $\times 10^{-5}$)

Обозначение	Z_1 Зона входа	Z_2 Садовая зона	Z_3 Архив	Z_4 Офисы	Z_5 Компьютерный центр	Здание
R_A	0,002	0				0,002
R_B			2,21	0,177	0,016	2,403
R_U (линия электропередачи)			≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
R_V (линия электропередачи)			0,362	0,029	0,002	0,393
R_U (линия связи)			≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
R_V (линия связи)			1,18	0,094	0,008	1,282
Общее значение	0,002	0	3,752	0,3	0,026	4,08

Н.2.5 Заключение на основании оценки риска R_1

Поскольку $R_1 = 4,08 \times 10^{-5}$ превышает допустимое значение $R_T = 10^{-5}$, то зданию требуется молниезащита.

Н.2.6 Выбор мер молниезащиты

Составляющие элементов риска (см. 4.3.1 и 4.3.2) представлены в таблице Н.19.

Таблица Н.19 – Составляющие элементов риска R_1 в соответствии с зонами (значения $\times 10^{-5}$)

Обозначение	Z_1 Зона входа	Z_2 Садовая зона	Z_3 Архив	Z_4 Офисы	Z_5 Компьютерный центр	Здание
R_D	0,002	0	2,21	0,177	0,016	2,405
R_I	0	0	1,542	0,123	0,01	1,673
Общее значение	0,002	0	3,752	0,3	0,026	4,08
R_S	0,002	0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	0,002
R_F	0	0	3,752	0,3	0,026	4,312
R_O	0	0	0	0	≈ 0	0
Общее значение	0,002	0	3,752	0,3	0,026	4,08

где $R_D = R_A + R_B + R_C$;

$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$;

$R_S = R_A + R_U$;

$R_F = R_B + R_V$;

$R_O = R_M + R_C + R_W$ и

R_D – риск, возникающий в результате разрядов, ударяющих в здание (источник S1);

R_I – риск, возникающий в результате разрядов, не ударяющих в здание, но воздействующих на него (источники S2, S3 и S4);

R_S – риск гибели людей;

R_F – риск, возникающий в результате физического повреждения;

R_O – риск, возникающий в результате повреждения внутренних систем.

Эти составляющие показывают, что риск для здания возникает в основном в результате физического повреждения в зоне Z_3 и обусловлен ударами молнии в здание или подсоединенные к нему линии; риск возгорания (физическое повреждение) в зоне Z_3 составляет 92 % от всего риска.

Согласно таблице Н.18 получаем, что основными составляющими элементами риска R_1 в зоне Z_3 являются:

- элемент R_B (удар молнии в здание) – 54 %;

- элемент $R_{V(\text{линия электропередачи})}$ (удар молнии в линию электропередачи) – ≈ 9 %;

- элемент $R_{V(\text{линия связи})}$ (удар молнии в линию связи) – ≈ 29 %.

Для снижения риска до допустимого значения принимают следующие меры молниезащиты:

а) защищают здание системой молниезащиты класса IV, отвечающей требованиям IEC 62305-3, чтобы уменьшить элемент R_B . Данная система не имеет характеристик сетчатого защитного экрана. Параметры, указанные в таблицах Н.8, Н.9 и Н.10, изменятся следующим образом:

- $P_B = 0,2$;

- $P_U = P_V = 0,03$ (благодаря наличию устройств для молниезащиты от перенапряжений на входящих линиях);

б) устанавливают в помещении архива (зона Z_3) автоматический огнетушитель (или систему обнаружения возгорания) для того, чтобы снизить воздействие элементов R_B и R_V в данной зоне и устройства для молниезащиты от перенапряжений уровня молниезащиты IV на точке входа в здание на линиях электропередачи и связи. Параметры, указанные в таблицах Н.9, Н.10 и Н.13, изменятся следующим образом:

- $r_p = 0,2$ только для зоны Z_3 ;

- $P_U = P_V = 0,33$ (благодаря наличию устройств для молниезащиты от перенапряжений на входящих линиях).

Новые значения риска для каждой зоны представлены в таблице Н.20.

Таблица Н.20 – Значения риска R_1 в соответствии с выбранным решением (значения $\times 10^{-5}$)

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Общее значение
Решение а)	0,002	0	0,488	0,039	0,003	0,532
Решение б)	0,002	0	0,451	0,18	0,0158	0,649

В обоих решениях риск ниже допустимого значения.

Решение следует принимать в соответствии с наилучшими техническими критериями и наибольшей эффективностью.

Н.3 Больница

В настоящем предстандарте рассматривается обычная больница с операционным блоком и отделением интенсивной терапии.

К установленному типу здания применимы такие элементы риска как угроза жизни людей L1 и ущерб экономической ценности L4. Следует оценить необходимость обеспечения защиты и экономическую эффективность защитных мер, т.е. риски R_1 и R_4 .

Н.3.1 Соответствующие данные и характеристики

Данные и характеристики:

1) самого здания и его окружающей среды приведены в таблице Н.21;

2) внутренних электрических систем и связанной с ними входящей низковольтной линии электропередачи приведены в таблице Н.22;

3) внутренних электрических систем и связанной с ними входящей линии связи приведены в таблице Н.23.

Таблица Н.21 – Характеристики здания

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Размеры, м	-	$L_b \times W_b \times H_b$	50 × 150 × 10
Фактор влияния местоположения	Изолированное	C_d	1
Система молниезащиты	Отсутствует	P_B	1
Экран на границе здания	Отсутствует	K_{S1}	1
Экран внутри здания	Отсутствует	K_{S2}	1
Плотность ударов молнии	1/(км ² · год)	N_g	4
Люди, находящиеся в здании	Внутри здания и за его пределами	n_t	1000

Таблица Н.22 – Характеристики внутренней системы энергоснабжения и связанной с ней входящей линии электропередачи

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Удельное сопротивление земли	Ом·м	ρ	200
Длина, м	-	L_c	500
Высота, м	Подземная	-	-
Высоковольтный/низковольтный трансформатор	На входе здания	C_t	0,2
Фактор влияния местоположения линии электропередачи	Окружена небольшими объектами	C_d	0,5
Фактор влияния окружающей среды вблизи линии электропередачи	Сельская	C_e	0,5
Экранирование линии: соединена с шиной для выравнивания потенциалов и оборудования соединено с этой же самой шиной	$R_s \leq 1$ (Ом/км)	P_{LD}	0,2
		P_{LI}	0,008
Предупреждение о наличии внутренней проводки	Неэкранированный кабель – предупреждение о разводке, чтобы избежать больших петель	K_{S3}	0,2
Выдерживаемое напряжение оборудования U_w	$U_w = 2,5$ кВ	K_{S4}	0,6
Скоординированная защита с применением ограничителя перенапряжения	Отсутствует	P_{SPD}	1
Размеры конца «а» линии здания, м	Отсутствует	$(L_a \times W_a \times H_a)$	-

Таблица Н.23 – Характеристики внутренней телекоммуникационной системы и связанной с ней входящей линии электропередачи

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Удельное сопротивление земли	Ом·м	ρ	200
Длина, м	-	L_c	300
Высота, м	Подземная	-	-
Фактор влияния местоположения линии электропередачи	Окруженная небольшими объектами	C_d	0,5
Фактор влияния окружающей среды вблизи линии электропередачи	Сельская	C_e	0,5
Экранирование линии: соединена с шиной для выравнивания потенциалов и оборудования соединено с этой же самой шиной	$1 < R_s \leq 5$ (Ом/км)	P_{LD}	0,8
		P_{LI}	0,04
Предупреждение о наличии внутренней проводки	Неэкранированный кабель – предупреждение о разводке, чтобы избежать больших петель	K_{S3}	0,02
Выдерживаемое напряжение оборудования U_w	$U_w = 1,5$ кВ	K_{S4}	1
Скоординированная защита с применением ограничителя перенапряжения	Отсутствует	P_{SPD}	1
Размеры конца «а» линии здания, м	Отсутствует	$(L_a \times W_a \times H_a)$	20 × 30 × 5
Фактор влияния здания «а»	Изолированное	C_{da}	1

Н.3.2 Определение и характеристики зон в больнице

Учитывая то, что:

- тип поверхности за пределами здания отличается от типа поверхности внутри здания;
- здание и операционный блок представляют собой отдельные противопожарные зоны;
- специальный защитный экран отсутствует;
- отделение интенсивной терапии содержит чувствительные электронные системы, а пространственный защитный экран можно рассматривать как меру молниезащиты;
- ущербы L в отделении интенсивной терапии принимаются больше ущербов в других частях здания, следующие основные зоны можно подразделить на:
 - Z_1 (за пределами здания);
 - Z_2 (палаты);
 - Z_3 (операционный блок);
 - Z_4 (отделение интенсивной терапии).

Характеристики зон представлены в таблице Н.24 для зоны Z_1 , в таблице Н.25 – для зоны Z_2 , в таблице Н.26 – для зоны Z_3 , в таблице Н.27 – для зоны Z_4 .

Согласно оценке специалиста, спроектировавшего систему молниезащиты, следующие типичные средние значения относительного объема ущерба в год, касающиеся риска R_1 (см. таблицу С.1):

- $L_t = 10^{-2}$ (за пределами здания);
- $L_t = 10^{-4}$ (внутри здания);
- $L_f = 10^{-1}$
- $L_o = 10^{-3}$ были снижены для зон Z_1 , Z_2 и Z_3 . Для зоны Z_4 было принято значение по умолчанию без уменьшения по конкретным характеристикам данной зоны: $L_o = 10^{-3}$.

Для риска R_4 были приняты следующие типичные средние значения относительного объема ущерба (см. таблицу С.1):

- $L_f = 5 \times 10^{-1}$
- $L_o = 10^{-2}$.

Таблица Н.24 – Характеристики зоны Z_1 (за пределами здания)

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Тип поверхности земли	Бетон	r_a	1×10^{-2}
Защита от поражения электротоком	Отсутствует	P_A	1
Ущерб в результате контактного и шагового напряжения	Да	L_t	1×10^{-4}
Люди, потенциально подвергающиеся опасности в данной зоне			10

Таблица Н.25 – Характеристики зоны Z_2 (палаты)

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Тип поверхности пола	Линолеум	r_u	1×10^{-5}
Риск возгорания	Обычный	r_f	1×10^{-2}
Особая опасность (относящаяся к R_1)	Трудность эвакуации	h_z	5
Особая опасность (относящаяся к R_4)	Отсутствует	h_z	1
Противопожарная защита	Отсутствует	r_p	1
Защитный экран	Отсутствует	K_{S2}	1
Внутренние системы энергоснабжения	Подсоединены к линии электропередачи	-	-
Внутренние системы связи	Подсоединены к линии связи	-	-
Ущерб в результате контактного и шагового напряжения (относящийся к R_1)	Да	L_t	$9,5 \times 10^{-5}$
Ущерб в результате физического повреждения (относящийся к R_1)	Да	L_f	$9,5 \times 10^{-2}$
Ущерб в результате повреждения внутренних систем (относящийся к R_1)	Отсутствует	L_o	-
Люди, потенциально подвергающиеся опасности в данной зоне			950
Ущерб в результате физического повреждения (относящийся к R_4)	Да	L_f	5×10^{-1}
Ущерб в результате повреждения внутренних систем (относящийся к R_4)	Да	L_o	1×10^{-2}

Таблица Н.26 – Характеристики зоны Z₃ (операционный блок)

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Тип поверхности пола	Линолеум	r_u	1×10^{-5}
Риск возгорания	Низкий	r_f	1×10^{-3}
Особая опасность (относящаяся к R_1)	Трудность эвакуации	h_z	5
Особая опасность (относящаяся к R_4)	Отсутствует	h_z	1
Противопожарная защита	Отсутствует	r_p	1
Защитный экран	Отсутствует	K_{S2}	1
Внутренние системы энергоснабжения	Подсоединены к линии электропередачи	-	-
Внутренние системы связи	Подсоединены к линии связи	-	-
Ущерб в результате контактного и шагового напряжения (относящийся к R_1)	Да	L_t	$3,5 \times 10^{-6}$
Ущерб в результате физического повреждения (относящийся к R_1)	Да	L_f	1×10^{-3}
Ущерб в результате повреждения внутренних систем (относящийся к R_1)	Отсутствует	L_o	$3,5 \times 10^{-3}$
Люди, потенциально подвергающиеся опасности в данной зоне			35
Ущерб в результате физического повреждения (относящийся к R_4)	Да	L_f	5×10^{-1}
Ущерб в результате повреждения внутренних систем (относящийся к R_4)	Да	L_o	1×10^{-2}

Таблица Н.27 – Характеристики зоны Z₄ (блок интенсивной терапии)

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Тип поверхности пола	Линолеум	r_u	1×10^{-5}
Риск возгорания	Низкий	r_f	1×10^{-3}
Особая опасность (относящаяся к R_1)	Трудность эвакуации	h_z	5
Особая опасность (относящаяся к R_4)	Отсутствует	h_z	1
Противопожарная защита	Отсутствует	r_p	1
Защитный экран	Отсутствует	K_{S2}	1
Внутренние системы энергоснабжения	Подсоединены к линии электропередачи	-	-
Внутренние системы связи	Подсоединены к линии связи	-	-
Ущерб в результате контактного и шагового напряжения (относящийся к R_1)	Да	L_t	5×10^{-7}
Ущерб в результате физического повреждения (относящийся к R_1)	Да	L_f	5×10^{-4}
Ущерб в результате повреждения внутренних систем (относящийся к R_1)	Да	L_o	1×10^{-3}
Люди, потенциально подвергающиеся опасности в данной зоне			5
Ущерб в результате физического повреждения (относящийся к R_4)	Да	L_f	5×10^{-1}
Ущерб в результате повреждения внутренних систем (относящийся к R_4)	Да	L_o	1×10^{-2}

Н.3.3 Предполагаемое ежегодное количество несчастных случаев

Предполагаемое ежегодное количество опасных случаев определяют в соответствии с приложением А. Данные представлены в таблице Н.28.

Таблица Н.28 – Предполагаемое ежегодное количество опасных случаев

Обозначение	Значение, 1/год
N_D	$8,98 \times 10^{-2}$
N_M	1,13
$N_{L(энергоснабжение)}$	$2,67 \times 10^{-3}$
$N_{I(энергоснабжение)}$	$7,1 \times 10^{-2}$
$N_{L(связь)}$	$7,26 \times 10^{-3}$
$N_{I(связь)}$	$2,13 \times 10^{-1}$
$N_{Da(связь)}$	$1,13 \times 10^{-2}$

Н.3.4 Оценка риска угрозы жизни людей R_1

Параметры, необходимые для оценки элементов риска, приведены в таблицах Н.21 и Н.28. Оцениваемые элементы риска представлены в таблице Н.29. Значения вероятности P приведены в таблице Н.30.

Таблица Н.29 – Риск R_1 . Элементы риска, рассматриваемые в соответствии с зонами

Обозначение	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
R_A	X			
R_B		X		X
R_C			X	X
R_M			X	X
R_U (линия электропередачи)		X	X	X
R_V (линия электропередачи)		X	X	X
R_W (линия электропередачи)			X	X
R_Z (линия электропередачи)			X	X
R_U (линия связи)		X	X	X
R_V (линия связи)		X	X	X
R_W (линия связи)			X	X
R_Z (линия связи)			X	X

Таблица Н.30 – Риск R_1 . Значения вероятности P для незащищенного здания

Вероятность	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
P_A	1		-	
P_B	-		1	
P_C (энергосистема)	-		1	
P_C (система связи)	-		1	
P_C	-		1	
P_M (энергосистема)	-		0,75	
P_M (система связи)	-		0,009	
P_W	-		0,752	
P_U (линия электропередачи)	-		0,2	
P_V (линия электропередачи)	-		0,2	
P_W (линия электропередачи)	-		0,2	
P_Z (линия электропередачи)	-		0,008	
P_U (линия связи)	-		0,8	
P_V (линия связи)	-		0,8	
P_W (линия связи)	-		0,8	
P_Z (линия связи)	-		0,04	

Значения элементов риска для незащищенных зданий приведены в таблице Н.31.

Таблица Н.31 – Риск R_1 . Значения элементов риска для незащищенного здания в соответствии с зонами (значения $\times 10^{-5}$)

Обозначение	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Здание
R_A	0,009				0,009
R_B		42,7	0,157	0,022	44,01
R_C			8,98	8,98	8,98
R_M			85,2	85,2	85,2
R_U (линия электропередачи)		≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
R_V (линия электропередачи)		0,25	≈ 0	≈ 0	0,26
R_W (линия электропередачи)			0,053	0,053	0,053
R_Z (линия электропередачи)			0,055	0,055	0,055
R_U (линия связи)		≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0
R_V (линия связи)		7,05	0,026	0,004	7,278
R_W (линия связи)			1,48	1,48	1,48
R_Z (линия связи)			0,825	0,825	0,825
Общее значение	0,009	50	96,8	96,62	243,4

Н.3.5 Расчет на основании оценки R_1

Поскольку $R_1 = 243,4 \times 10^{-5}$ превышает допустимое значение $R_T = 10^{-5}$, то для здания требуется молниезащита.

Н.3.6 Выбор мер защиты

Составляющие элементов риска (см. 4.3.1 и 4.3.2) указаны в таблице Н.32.

Таблица Н.32 – Составляющие элементов риска R_1 в соответствии с зонами (значения $\times 10^{-5}$)

Обозначение	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Здание
R_D	0,009	42,7	9,14	9,02	53,02
R_I	0	7,3	87,66	87,6	95,13
Общее значение	0,009	50	96,8	96,62	243,4
R_S	0,009	0	≈ 0	≈ 0	0,009
R_F	0	50	0,2	0,026	50,22
R_O	0	0	96,6	96,6	193,2
Общее значение	0,009	50	96,8	96,62	243,4

При этом $R_D = R_A + R_B + R_C$;

$R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$;

$R_S = R_A + R_U$;

$R_F = R_B + R_V$;

$R_O = R_M + R_C + R_W$,

где R_D – риск в результате молний, ударяющих в здание (источник S1);

R_I – риск в результате молний, не ударяющих в здание, но воздействующих на него (источники S2, S3 и S4);

R_S – риск, связанный с угрозой для жизни людей;

R_F – риск, возникающий в результате физического повреждения;

R_O – риск, возникающий в результате повреждения внутренних систем.

Составляющие данные показывают, что риск R_1 возникает в основном в результате повреждения внутренних систем в зонах Z_3 и Z_4 и обусловлен ударом молнии вблизи здания.

Значение риска R_1 зависит от:

- повреждения внутренних систем в зонах Z_3 и Z_4 (элементы составляют $R_M \approx 57\%$ и $R_C \approx 6\%$ от общего риска);
- физических повреждений в зоне Z_2 (элементы составляют $R_B \approx 27\%$ и $R_V \approx 4\%$ от общего риска).

Элемент R_B можно уменьшить за счет:

- применения системы молниезащиты, отвечающей требованиям IEC 62305-3, для всего здания;
- применения в зоне Z_2 мер молниезащиты для уменьшения последствий возгорания (например, огнетушителей, автоматической системы обнаружения возгорания и т.д.).

Элементы R_C и R_V можно уменьшить, снабжая внутренние системы электропередачи и связи скоординированной защитой с применением устройств защиты от выбросов тока, отвечающих требованиям IEC 62305-4.

Элемент R_M в зонах Z_3 и Z_4 можно снизить за счет:

- обеспечения внутренних систем электропередачи и связи скоординированной защитой с применением устройств защиты от выбросов тока, отвечающих требованиям IEC 62305-4;
- применения в зонах Z_3 и Z_4 соответствующего защитного экрана сетчатого типа, отвечающего требованиям IEC 62305-4.

В качестве мер молниезащиты могут быть приняты следующие решения:

а) Первое решение:

- защитить здание системой молниезащиты класса I;
- установить на внутренних линиях электропередачи и связи расширенную (с кратностью 1,5) скоординированную защиту с применением устройств для молниезащиты с $P_{SPD} = 0,005$;
- установить в зоне Z_2 автоматическую систему обнаружения пожара;
- установить в зонах Z_3 и Z_4 экран-сетку с шириной $w = 0,5$ м.

Применяя вышеуказанное решение, представленные в таблице Н.25 параметры изменятся; в результате изменятся вероятности, новые значения которых указаны в таблице Н.33. Фактор уменьшения ущерба благодаря противопожарному обеспечению изменится до значения $r_p = 0,2$ для зоны Z_2 .

Таблица Н.33 – Риск R_1 . Значения вероятности P для защищенного здания в соответствии с решением а)

Вероятность	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
P_A	1	-		
P_B	-	0,02		
P_C (энергосистема)	-	0,005		
P_C (система связи)	-	0,005		
P_C	-	0,00199		
P_M (энергосистема)	-	0,0001		
P_M (система связи)	-	0,0001		
P_M	-	0,0002		
P_U (энергосистема)	-	0,005		
P_V (энергосистема)	-	0,005		
P_W (энергосистема)	-	0,005		
P_Z (энергосистема)	-	0,005		
P_U (система связи)	-	0,005		
P_V (система связи)	-	0,005		
P_W (система связи)	-	0,005		
P_Z (система связи)	-	0,005		

б) Второе решение:

- защитить здание системой молниезащиты класса I;
- установить на внутренних линиях электропередачи и связи расширенную (трехкратную) скоординированную защиту с применением устройств для молниезащиты от перенапряжений с $P_{SPD} = 0,001$;
- установить в зоне Z_2 автоматическую систему обнаружения пожара.

Применяя вышеуказанное решение, представленные в таблице Н.25 параметры изменятся; в результате изменятся вероятности, новые значения которых указаны в таблице Н.34. Фактор уменьшения ущерба благодаря противопожарному обеспечению изменится до значения $r_p = 0,5$ для зоны Z_2 .

Таблица Н.34 – Риск R_1 . Значения вероятности P для защищенного здания в соответствии с решением б)

Вероятность	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
P_A	1	-		
P_B	-	0,02		
P_C (энергосистема)	-	0,001		
P_C (система связи)	-	0,001		
P_C	-	0,002		
P_M (энергосистема)	-	0,001		
P_M (система связи)	-	0,001		
P_M	-	0,002		
P_U (энергосистема)	-	0,001		
P_V (энергосистема)	-	0,001		
P_W (энергосистема)	-	0,001		
P_Z (энергосистема)	-	0,001		
P_U (система связи)	-	0,001		
P_V (система связи)	-	0,001		
P_W (система связи)	-	0,001		
P_Z (система связи)	-	0,001		

в) Третье решение:

- защитить здание системой молниезащиты класса I;
- установить на внутренних линиях электропередачи и связи расширенную (двукратную) скоординированную защиту с применением устройства для молниезащиты от перенапряжений с вероятностью $P_{SPD} = 0,002$;
- установить в зоне Z_2 автоматическую систему обнаружения пожара;
- установить в зонах Z_3 и Z_4 экран-сетку с шириной $w = 0,1$ м.

Применяя вышеуказанное решение, представленные в таблице Н.25 параметры изменятся; в результате изменятся вероятности, новые значения которых указаны в таблице Н.35. Фактор умень-

шения ущерба благодаря противопожарному обеспечению изменится до значения $r_p = 0,2$ для зоны Z_2 .

Таблица Н.35 – Риск R_1 . Значения вероятности P для защищенного здания в соответствии с решением с)

Вероятность	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
P_A	1	-		
P_B	-	0,02		
P_C (энергосистема)	-		0,002	
P_C (система связи)	-		0,002	
P_C	-		0,004	
P_M (энергосистема)	-		0,0001	
P_M (система связи)	-		0,0001	
P_M	-		0,0002	
P_U (энергосистема)	-	0,002		
P_V (энергосистема)	-	0,002		
P_W (энергосистема)	-		0,002	
P_Z (энергосистема)	-		0,002	
P_U (система связи)	-		0,002	
P_V (система связи)		0,002		
P_W (система связи)	-		0,002	
P_Z (система связи)	-		0,002	

Значения риска для каждой зоны в соответствии с выбранным решением приведены в таблице Н.36.

Таблица Н.36 – Риск R_1 . Значения риска в соответствии с выбранным решением (значения $\times 10^{-5}$)

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Общее значение
Решение а)	0,009	0,181	0,263	0,261	0,714
Решение б)	0,009	0,173	0,277	0,274	0,733
Решение с)	0,009	0,175	0,121	0,118	0,423

Все решения уменьшают риск до значения ниже допустимого уровня.

Решение следует принимать в соответствии с наилучшими техническими критериями и наибольшей эффективностью.

Н.3.7 Данные для анализа рентабельности

Стоимость ущерба C_L можно рассчитать по формуле (G.1) приложения G.

Значения экономического ущерба для каждой зоны, включая стоимость принесенного ущерба деятельности, представлены в таблице Н.37.

Таблица Н.37 – Значения стоимости ущерба для зон (значения в $\$ \times 10^5$)

Обозначение	Здание В	Оборудование, находящееся в здании I	Энергосистема А	Система связи А	Общее значение
Z_1	-	-	-	-	-
Z_2	70	6	3	0,5	79,5
Z_3	2	0,9	5	0,5	8,4
Z_4	1	0,1	0,015	1	2,1
Общее значение	73	7	8	2	90

Допускаемые значения для процентного дохода, амортизации и периодичности технического обслуживания, связанные с мерами молниезащиты, представлены в таблице Н.38.

Таблица Н.38 – Значения, касающиеся экономических норм

Норма	Обозначение	Значение
Процентный доход	i	0,04
Амортизация	a	0,05
Техническое обслуживание	m	0,01

Н.3.8 Оценка риска экономического ущерба R_4

Параметры, требуемые для оценки элементов риска, представлены в таблицах Н.31 – Н.39. Значения элементов риска для незащищенного здания, представлены в таблице Н.39.

Таблица Н.39 – Риск R_4 . Значения элементов риска для незащищенного здания в соответствии с зонами (значения $\times 10^{-5}$)

Обозначение	Z_2	Z_3	Z_4
R_B	44,9	4,49	4,49
R_C (линия электропередачи)	89,8	89,8	89,8
R_C (линия связи)	89,8	89,8	89,8
R_M (линия электропередачи)	849	849	849
R_M (линия связи)	10,2	10,2	10,2
R_V (линия электропередачи)	0,27	0,027	0,027
R_W (линия электропередачи)	0,53	0,53	0,53
R_Z (линия электропередачи)	0,55	0,55	0,55
R_V (линия связи)	7,42	0,74	0,74
R_W (линия связи)	14,8	14,8	14,8
R_Z (линия связи)	8,25	8,25	8,25

Н.3.9 Анализ рентабельности

Стоимость полученного ущерба можно рассчитать по формуле (G.2) приложения G при установлении новых значений элементов риска в соответствии с выбранными мерами молниезащиты (см. Н.3.4, решения а), b) и с).

В таблице Н.40 представлены значения стоимости ущерба C_L для незащищенного здания и полученного ущерба C_{RL} для здания, защищенного в соответствии с принятыми решениями а), b) и с),

Таблица Н.40 – Объем ущерба C_L и C_{RL} (значения в \$)

Обозначение	C_L (незащищенное)	C_{RL} (защищенное). Решение а)	C_{RL} (защищенное). Решение b)	C_{RL} (защищенное). Решение с)
Z_2	68801	3503	3325	4066
Z_3	47779	2293	5011	202
Z_4	1430	27	927	64
Общее значение	118010	5824	9262	4332

Стоимость C_P и годовая стоимость C_{PM} мер молниезащиты приведена в таблице Н.41 (см. формулу (G.4) приложения G).

Таблица Н.41 – Стоимость C_P и C_{PM} мер молниезащиты (значения в \$)

Меры молниезащиты	C_P	C_{PM}
Система молниезащиты класса I	100000	10000
Система обнаружения пожара	50000	5000
Экранирование зон Z_3 и Z_4 (ширина $w=0,5$)	100000	10000
Экранирование зон Z_3 и Z_4 (ширина $w=0,1$)	110000	11000
Устройства для молниезащиты от перенапряжений (с кратностью 1,5) на энергосистеме	20000	2000
Устройства для молниезащиты от перенапряжений (с кратностью 2) на энергосистеме	24000	2400
Устройства для молниезащиты от перенапряжений (с кратностью 3) на энергосистеме	30000	3000
Устройства для молниезащиты от перенапряжений (с кратностью 1,5) на системе связи	10000	1000
Устройства для молниезащиты от перенапряжений (с кратностью 2) на системе связи	12000	2000
Устройства для молниезащиты от перенапряжений (с кратностью 3) на системе связи	15000	1500

Годовая экономия денежных средств:

$$S = C_L - (C_{RL} + C_{PM}) \text{ приведена в таблице Н.42.}$$

Таблица Н.42 – Годовая экономия денежных средств (значения в \$)

Решение а)	84186
Решение b)	89248
Решение с)	84078

Н.4 Многоквартирный дом

Как и для предыдущего случая необходимо определить риск R_1 для многоквартирного дома, расположенного в зоне с плотностью ударов молнии $N_g = 4$ на один км^2 в год.

Элементы риска R_B , R_U и R_V определяют в соответствии с таблицей 3.

Здание изолировано: других сооружений вблизи здания нет.

Входящими системами энергоснабжения являются следующие:

- низковольтная линия электропередачи;
- телефонная линия.

Характеристики здания представлены в таблице Н.43.

Таблица Н.43 – Характеристики здания

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Размеры, м	-	$L_b \times W_b \times H_b$	$30 \times 20 \times 20$
Фактор влияния местоположения	Изолированное	C_d	1
Система молниезащиты	Отсутствует	P_B	1
Плотность ударов молнии	$1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$	N_g	4

Выделяют следующие зоны:

- Z_1 (за пределами здания);
- Z_2 (внутри здания).

Люди за пределами здания отсутствуют; риск R_1 для зоны Z_1 можно не учитывать.

Экономической оценки не требуется.

Параметры зоны Z_2 указаны в таблице Н.44.

Таблица Н.44 – Параметры зоны Z_2

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Тип поверхности пола	Деревянный	r_u	10^{-5}
Риск возгорания	Переменный	r_f	-
Особый риск	Отсутствует	h_z	1
Противопожарная защита	Отсутствует	r_p	1
Защита от поражения электротоком	Отсутствует	-	-
Внутренние энергосистемы	Подсоединены к низковольтной линии электропередачи	-	-
Внутренние телефонные системы	Подсоединены к линии связи	-	-
Ущерб в результате контактного и шагового напряжения (относящийся к R_1)	Да	L_t	10^{-4}
Ущерб в результате физических повреждений (относящийся к R_1)	Да	L_f	10^{-1}

Характеристики внутренних систем и соответствующих входящих линий указаны в таблице Н.45 для энергосистемы и в таблице Н.46 для системы связи.

Таблица Н.45 – Параметры внутренней системы энергоснабжения и связанной с ней входящей линии электропередачи

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Удельное сопротивление земли	Ом·м	ρ	250
Длина, м	-	L_c	200
Высота, м	Подземная	-	-
Высоковольтный/низковольтный трансформатор	Отсутствует	C_t	1

Окончание таблицы Н.45

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Фактор влияния местоположения	Окружен небольшими объектами	C_d	0,5
Фактор влияния окружающей среды	Пригородный	C_e	0,5
Экран линии электропередачи	Неэкранированный	P_{LD}	1
		P_{LI}	0,4
Выдерживаемое напряжение оборудования U_w	$U_w=2,5$ кВ	K_{S4}	0,6
Скоординированная защита с применением устройств для молниезащиты от перенапряжений	Отсутствует	P_{SPD}	1
Размеры конца линии «а» здания, м	Отсутствует	$L_a \times W_a \times H_a$	-

Таблица Н.46– Параметры внутренней телекоммуникационной системы и связанной с ней входящей линии электропередачи

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Удельное сопротивление земли	Ом·м	ρ	250
Длина, м	-	L_c	100
Высота, м	Подземная	-	-
Фактор влияния местоположения	Окружен небольшими объектами	C_d	0,5
Фактор влияния окружающей среды	Пригородный	C_e	0,5
Экран линии электропередачи	Отсутствует	P_{LD}	1
		P_{LI}	1
Выдерживаемое напряжение оборудования U_w	$U_w=1,5$ кВ	K_{S4}	1
Скоординированная защита с применением устройств для молниезащиты от перенапряжений	Отсутствует	P_{SPD}	1
Размеры конца линии «а» здания, м	Отсутствует	$(L_a \times W_a \times H_a)$	-

Значения риска R_1 и принимаемые меры молниезащиты для снижения риска до допустимого значения $R_T = 10^{-5}$ приведены в таблице Н.47 в зависимости от высоты здания и риска его возгорания.

Таблица Н.47 – Предпринимаемые меры молниезащиты в соответствии с высотой здания и риском возгорания

Риск возгорания	Высота, м	Тип системы молниезащиты	Противопожарная защита	$R_1 (\times 10^{-5})$	Защищенное здание	
Низкий		-	-	0,77	х	
Обычный	20	-	-	7,7	Нет	
		III	-	0,74	х	
		IV	(2)	0,73	х	
		-	-	77	Нет	
Высокий		II	(3)	0,74	х	
		I	-	1,49	Нет	
		I	(1)	0,74	х	
		-	-	2,33	Нет	
Низкий	40	-	(3)	0,46	х	
		IV	-	0,46	х	
		-	-	23,3	Нет	
		IV	(3)	0,93	х	
Обычный		I	-	0,46	х	
		-	-	233	Нет	
		I	(3)	0,93	х	
		-	-	0,93	х	
Высокий						

(1) Огнетушители.

(2) Гидранты.

(3) Автоматическая сигнализация.

(1) Огнетушители.

(2) Гидранты.

(3) Автоматическая сигнализация.

Приложение I (справочное)

Изучение конкретного случая, касающегося систем энергоснабжения. Линия связи

I.1 Общие положения

Рассмотрим телекоммуникационную систему, в которой используются металлические проводники. Недопустимое нарушение коммунального обслуживания L2 и ущерб экономической ценности L4 могут влиять на эксплуатацию, поэтому необходимо определить соответствующие риски R'_2 и R'_4 , но рассмотрим только риск R'_2 .

I.2 Основные данные

На рисунке I.1 показана линия электропередачи, проходящая в регионе с $N_g = 4$ ударам на 1 км^2 в год (вдоль линии не установлено никакого оборудования).

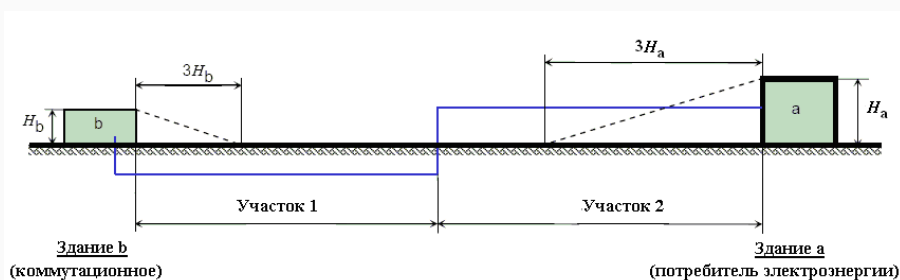


Рисунок I.1 – Линия связи, которой необходима защита

I.3 Характеристики линии электропередачи

Линия электропередачи состоит из двух участков:

- участок S_1 – подземная экранированная линия электропередачи, соединенная с коммутационным зданием; на данном участке каких-либо мер молниезащиты не установлено;
 - участок S_2 – воздушная экранированная линия электропередачи, соединенная со зданием потребителя электроэнергии; на данном участке каких-либо мер молниезащиты не установлено,
- и трех точек перехода:
- T_b – на входе участка S_1 в здание «б» (т.е. коммутационное здание); в данной точке каких-либо мер молниезащиты не установлено;
 - $T_{1/2}$ – между участком S_1 и участком S_2 ; в данной точке каких-либо мер молниезащиты не установлено;
 - T_a – на входе участка S_2 в здание «а» (т.е. здание потребителя электроэнергии); в данной точке каких-либо мер молниезащиты не установлено.

Экран участка S_1 соединен с землей на обоих концах (т.е. на шине для выравнивания потенциалов в коммутационном здании T_b и в точке перехода $T_{1/2}$) и имеет значение сопротивления заземления несколько десятых ома.

Характеристики линии представлены в таблице I.1 для участка S_1 и в таблице I.2 для участка S_2 .

Таблица I.1 – Характеристики участка S_1 линии электропередачи

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Удельное сопротивление земли	Ом·м	ρ	500
Длина, м	-	L_c	600
Высота, м	Подземная	-	-
Фактор влияния местоположения линии	Окружен объектами	C_d	0,5
Фактор влияния окружающей среды линии	Сельская	C_e	1
Сопротивление экранирования линии, Ом/км	-	R_S	0,5
Тип экрана линии	Свинцовый	-	-
Характеристики экрана	Без контакта с землей	K_d	0,4

Окончание таблицы I.1

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Тип изоляции линии	Бумажная	U_w , кВ	1,5
Тип оборудования в точке перехода T_b	Электронное	U_w , кВ	1,5 ⁽¹⁾
Тип оборудования в точке перехода $T_{1/2}$	Отсутствует	-	-
Меры молниезащиты	Отсутствует	K_p	1
⁽¹⁾ Повышенный уровень согласно ITU-T K.20 [4].			

Таблица I.2 – Характеристики участка S_2 линии электропередачи

Параметр	Примечание	Обозначение	Значение
Удельное сопротивление земли	Ом·м	ρ	500
Длина, м	-	L_c	800
Высота, м	Воздушная	H_c	6
Фактор влияния местоположения линии	Окружен объектами	C_d	0,5
Фактор влияния окружающей среды линии	Сельская	C_e	1
Сопротивление экранирования линии, Ом/км	Неэкранированная	-	-
Тип изоляции линии	Пластиковая	U_w , кВ	5
Тип оборудования в точке перехода T_a	Электронное	U_w , кВ	1,5 ⁽¹⁾
Тип оборудования в точке перехода $T_{1/2}$	отсутствует	-	-
Меры молниезащиты	отсутствует	K_p	1
⁽¹⁾ Повышенный уровень согласно ITU-T K.20 [4].			

I.4 Характеристики конструкции конца линии электропередачи

Характеристики конструкций конца линии электропередачи указаны в таблице I.3.

Таблица I.3 – Характеристики здания в конце линии электропередачи

Конструкция	Размеры, м $L \times W \times H$	Фактор влияния местоположения C_d	Количество систем энергоснабжения в здании
«а»	25 × 20 × 15	2	3
«б»	20 × 30 × 10	0,5	10

I.5 Предполагаемое годовое количество опасных событий

Предполагаемое годовое количество опасных событий определяют в соответствии с приложением А.

Данные указаны в таблице I.4.

Таблица I.4 – Предполагаемое годовое количество опасных случаев

Параметр	Значение, 1/год
N_{Da}	0,0873
N_{Db}	0,0129
$N_{L(S1)}$	0,0235
$N_{I(S1)}$	0,617
$N_{L(S2)}$	0,0522
$N_{I(S2)}$	1,6

I.6 Элементы риска

Элементы риска для каждого участка представлены в таблице I.5.

Таблица I.5 – Риск R_2 . Элементы риска, касающегося участков S линии электропередачи

Параметр	S ₁	S ₂
$R'_{B(a)}$	-	X
$R'_{B(b)}$	X	-
$R'_{C(a)}$	-	X
$R'_{C(b)}$	X	-
R'_V	X	X
R'_W	X	X
R'_Z	X	X

Токи повреждения и значения вероятностей, необходимые для определения элементов риска, представлены в таблице I.6.

Таблица I.6 – Риск R'_2 . Значения токов повреждения и вероятности P' для незащищенной линии электропередачи

Параметр	S ₁	S ₂
$I_{a(B,C)}$, кВ	$> 600^{1)}$	$0^{2)}$
$I_{a(V)}$, кА	$40^{3)}$	$0^{2)}$
$I_{a(W)}$, кА	$125^{4)}$	$0^{2)}$
$P'_{B(a)/(a(B))}$	-	$1^{5)}$
$P'_{B(b)/(a(B))}$	$0,001^{5)}$	-
$P'_{C(a)/(a(C))}$	-	$1^{5)}$
$P'_{C(b)/(a(C))}$	$0,001^{5)}$	-
$P'_V(I_{a(V)})$	0,4	1
$P'_W(I_{a(W)})$	0,035	1
$P'_{Z(Ta)}$ (для оборудования в точке перехода T_a , $U_W=1,5$ кВ) ⁶⁾	$0,5^{8)}$	$1^{8)}$
$P'_{Z(Tb)}$ (для оборудования в точке перехода T_b , $U_W=1,5$ кВ) ⁶⁾	$0,02^{7)}$	$1^{8)}$
$P'_{Z(T1/2)}$ (для пробоя изоляции подземного кабеля, $U_W=1,5$ кВ) ⁶⁾	$0,5^{9)}$	$1^{8)}$

¹⁾ $I_a = 25 \cdot n \cdot U_W / (R_s \cdot K_d \cdot K_p)$ с $K_p = 1$ и $K_d = 0,4$ (см. приложение D.1 и таблицу D.1).
²⁾ $I_a = 0$ для неэкранированной линии (см. приложение D.1).
³⁾ Ограничивается до 40 кА по причине наличия свинцового экрана (см. D.1.2).
⁴⁾ $I_a = 25 \cdot U_W / (R_s \cdot K_d \cdot K_p)$ с $K_p = 1$ и $K_d = 0,4$ (см. приложение D.1.2 и таблицу D.1).
⁵⁾ См. таблицу D.5.
⁶⁾ Значения P'_Z представлены в таблице B.7. Порядок использования данных таблицы B.7 для экранированного участка:
 Если рассматриваемая точка перехода находится между двумя экранированными участками или экранированный участок входит в здание и соединяется с шиной для выравнивания потенциалов там, где подсоединено оборудование, к экранированным участкам применяют значения, указанные в таблице B.7 в графе «Экран, соединенный с ...».
 Во всех остальных случаях к экранированным участкам применяют значения, указанные в таблице B.7 в графе «Экран, не соединенный с ...», если экран заземлен по крайней мере на обоих концах и имеет значение сопротивления заземления, равное нескольким десяткам ома. В ином случае экранированный участок следует рассматривать как неэкранированный.
⁷⁾ Значения, указанные в таблице B.7 в графе «Экран, соединенный с ...».
⁸⁾ Значения, указанные в таблице B.7 в графе «Экран отсутствует...».
⁹⁾ Значения, указанные в таблице B.7 в графе «Экран, не соединенный с ...».

I.7 Оценка риска R'_2

Согласно оценке проектировщика системы молниезащиты, основанной на опыте использования сети оператора, были приняты следующие средние значения относительного объема ущерба в год, касающиеся риска R_2 (см. таблицу C.1):

$$- L_f = 3 \cdot 10^{-3};$$

$$- L_o = 10^{-3} \text{ (значение принимают по умолчанию, см. таблицу E.1).}$$

Значения элементов риска для незащищенной линии электропередачи указаны в таблице I.7.

Таблица I.7 – Риск R'_2 . Значения элементов риска для незащищенной линии электропередачи в соответствии с участками S линии электропередачи (значения $\times 10^{-3}$)

Параметр	S ₁	S ₂	Линия электропередачи
$R'_{B(a)}^{1)}$	-	0,261	0,261
$R'_{B(b)}^{1)}$	$\cong 0$	-	$\cong 0$
$R'_{C(a)}^{2)}$	-	0,0873	0,0873
$R'_{C(b)}^{2)}$	$\cong 0$	-	$\cong 0$
$R'_V^{3)}$	0,0282	0,1566	0,1848
$R'_W^{4)}$	0,0008	0,0522	0,053
$R' = R'_{B(a)} + R'_{B(b)} + R'_{C(a)} + R'_{C(b)} + R'_V + R'_W$			0,5861
$R'_{Z(Ta)}^{5)}$	0,2967	1,5478	1,845
$R'_{Z(Tb)}^{6)}$	0,0119	1,5478	1,59
$R'_{Z(T1/2)}^{7)}$	0,2967	1,5478	1,845
$R_{2(Ta)} = R' + R'_{Z(Ta)}$			2,4311
$R_{2(Tb)} = R' + R'_{Z(Tb)}$			2,1761
$R_{2(T1/2)} = R' + R'_{Z(T1/2)}$			2,4311
$^{1)} R'_B = N_D \cdot P'_B \cdot L'_f$ $^{2)} R'_C = N_D \cdot P'_C \cdot L'_f$ $^{3)} R'_V = N_L \cdot P'_V \cdot L'_f$ $^{4)} R'_W = N_L \cdot P'_W \cdot L'_f$ $^{5)} R'_{Z(Ta)} = (N_i - N_L) \cdot P'_{Z(Ta)} \cdot L'_f$ $^{6)} R'_{Z(Tb)} = (N_i - N_L) \cdot P'_{Z(Tb)} \cdot L'_f$ $^{7)} R'_{Z(T1/2)} = (N_i - N_L) \cdot P'_{Z(T1/2)} \cdot L'_f$			

Значение риска $R'_2 = 3,508 \times 10^{-3}$ превышает допустимое значение $R_T = 10^{-3}$, следовательно линии электропередачи требуется молниезащита.

Из таблицы I.7 видно, что из-за элемента риска R'_Z на участке S₂ риск R'_2 превысил допустимое значение в точках перехода T_a, T_b и T_{1/2}. Следовательно, данный элемент риска должен быть снижен. Но так как линия уже установлена (поэтому ее невозможно использовать, например экранированный участок должен быть взамен неэкранированного), то в качестве защитной меры по IEC 62305-5 должны применяться устройства для молниезащиты от перенапряжений.

Для того чтобы снизить риск R'_2 до значения ниже допустимого, достаточно выбрать устройства для молниезащиты от перенапряжений с уровнем молниезащиты (LPL) III, т.е. $P_{SPD} = 0,03$ (см. таблицу B.3).

Установка устройств для молниезащиты от перенапряжений в точках перехода T_a и T_{1/2}:

- снижает значения вероятности $P'_{Z(Ta)}$ и $P'_{Z(T1/2)}$ до значения P_{SPD} ;
- не влияет на значения вероятностей P'_V и P'_W (см. D.1.2);
- не влияет на значения вероятностей P'_B и P'_C для участка S₂, потому что он является воздушным участком (см. D.1.1);
- не влияет на значения вероятностей P'_B и P'_C для участка S₁, потому что их значения ниже, чем P_{SPD} (см. D.1.1).

Кроме того, в соответствии с терминологической статьей 3.1.25 и A.4 (приложение A) при установке устройств для молниезащиты от перенапряжений в точке перехода T_{1/2} появляется «узел» для точки перехода T_b и участка S₂ линии, который не влияет на значение элемента риска $R'_{Z(Tb)}$ (см. приложение A IEC 62305-5).

В таблице I.8 приведены значения вероятностей P' для защищенной линии электропередачи.

Таблица I.8 – Риск R'_2 . Значения вероятностей P' для защищенной линии электропередачи

Параметр	S ₁	S ₂
$P'_{B(a)/(a(B))}$	-	1
$P'_{B(b)/(a(B))}$	0,001	-
$P'_{C(a)/(a(C))}$	-	1
$P'_{C(b)/(a(C))}$	0,001	-
$P'_V/(a(V))$	0,4	1
$P'_W/(a(W))$	0,035	1
$P'_{Z(Ta)}$ (для оборудования в точке перехода T _a , U _W = 1,5 кВ)	0,03	0,03
$P'_{Z(Tb)}$ (для оборудования в точке перехода T _b , U _W = 1,5 кВ)	0,02	-
$P'_{Z(T1/2)}$ (для пробоя изоляции подземного кабеля, U _W = 1,5 кВ)	0,03	0,03

Значения элементов риска для защищенной линии электропередачи представлены в таблице I.9, из которой видно, что значение риска R'_2 уменьшено до допустимого значения; поэтому молниезащита линии электропередачи достигнута.

Таблица I.9– Риск R'_2 . Значения элементов риска для защищенной линии электропередачи с устройствами для молниезащиты от перенапряжений, установленными в точке перехода $T_{1/2}$ и T_a с вероятностью $P_{SPD}=0,03$ (значения $\times 10^{-3}$)

Параметр	S_1	S_2	Линия электропередачи
$R'_{B(a)}$	-	0,261	0,261
$R'_{B(b)}$	$\cong 0$	-	$\cong 0$
$R'_{C(a)}$	-	0,0873	0,0873
$R'_{C(b)}$	$\cong 0$	-	$\cong 0$
R'_V	0,0282	0,1566	0,1848
R'_W	0,0008	0,0522	0,053
$R' = R'_{B(a)} + R'_{B(b)} + R'_{C(a)} + R'_{C(b)} + R'_V + R'_W$			0,5861
$R'_{Z(Ta)}$	0,017 8	0,0553	0,0731
$R'_{Z(Tb)}$	0,011 9	-	0,0119
$R'_{Z(T1/2)}$	0,017 8	0,0553	0,0731
$R_{2(Ta)} = R' + R'_{Z(Ta)}$			0,6592
$R_{2(Tb)} = R' + R'_{Z(Tb)}$			0,598
$R'_{2(T1/2)} = R' + R'_{Z(T1/2)}$			0,6592

Приложение J (справочное)

Упрощенная программа оценки риска для зданий

J.1 Основопологающие принципы

Упрощенные Международной электротехнической комиссией расчетные таблицы оценки риска (SIRAC) являются инструментальным программным средством, основанным на расчетах и методах, указанных в IEC 62305-2, и используются для расчетов элементов риска простых зданий. Они предназначены для применения IEC 62305-2 в качестве метода управления риском, связанным с молниезащитой. Следует заметить, что данная программа является упрощенным применением более строгого рассмотрения управления риском, описанным в настоящем предстандарте. Расчетные таблицы созданы для того, чтобы служить наглядным пособием для пользователей, желающих получить начальную оценку чувствительности к рискам.

Целью и ограничениями упрощенных Международной электротехнической комиссией расчетных таблиц оценки риска (SIRAC) являются:

- предоставление возможности многим пользователям предстандарта производить расчеты на типичных зданиях, не требуя от них углубленных знаний, подробной информации и методологий, включенных в предстандарт;

- содействие применению предстандарта и принятию его метода оценки риска для более широкого круга читателей и пользователей. Предполагается, что для пользователя предстандарта программа расширит круг специалистов в области молниезащиты;

- предоставление инструментального программного средства, созданного специально для расчета риска в обычных, несложных зданиях и более общих случаях. Для достижения этой цели используют установленные значения некоторых параметров, и пользователю необходимо только выбрать значения из ограниченного множества;

- в программном обеспечении не используют функциональность настоящего предстандарта в полном объеме, поскольку такое применение добавит инструментальному программному средству излишнюю сложность. Пользователям предлагается использовать настоящий предстандарт для более подробного рассмотрения риска в процессе оценки сложных сооружений или особых обстоятельств;

- расчетные таблицы применяют только для расчета зданий, состоящих из одной зоны;

- упрощенные Международной электротехнической комиссией расчетные таблицы оценки риска (SIRAC) следует рассматривать как дополнительную программу к настоящему предстандарту, а актуализированная версия IEC 62305-2 имеется на сервере IEC FTP.

[Скачать программу](#)

J.2 Описание параметров

Параметры, необходимые для расчета элементов риска в программном инструментальном средстве, подразделяют на три категории:

- параметры, которые пользователь должен выбрать в соответствии с обозначениями и вероятностями, указанными в настоящем предстандарте (см. таблицу J.1);

- параметры, в отношении которых выбор пользователя ограничивается совокупностью тех параметров, которые указаны в настоящем предстандарте (см. таблицу J.2);

- параметры, которые предусмотрены законодательством и которые потребитель электроэнергии не может изменить (см. таблицу J.3).

Таблица J.1 – Параметры, которые потребитель электроэнергии может свободно изменить

Параметр	Сокращение/ обозначение
Длина, ширина, высота защищаемого здания	L, W, H
Плотность ударов молнии в землю	N_g
Фактор влияния местоположения	C_d
Фактор влияния окружающей среды	C_e
Тип системы энергоснабжения (линия электропередачи, другие воздушные и подземные линии)	
Примечание – Для линии электропередачи можно использовать только трансформатор.	

Окончание таблицы J.1

Параметр	Сокращение/ обозначение
Система молниезащиты в соответствии с IEC 62305-3.	P_B
Защита систем энергоснабжения от перенапряжений - только на входе (уравнивание грозовых потенциалов УЗП), - или скоординированная защита с применением УЗП в соответствии с IEC 62305-3 для всей внутренней системы, соединенной с системой энергоснабжения	P_{SPD}
Примечание – Потребитель электроэнергии может выбрать только одно значение для защиты от повышения напряжения. Это значение действует для всех систем энергоснабжения и для всего защищаемого здания.	
Риск возгорания или физического повреждения здания	r_f
Противопожарная защита	r_p
Особые опасности	h_z
Выбор соответствующего ущерба (типы ущерба)	

Таблица J.2 – Ограниченная подгруппа параметров, которые потребитель электроэнергии может изменить

Параметр	Сокращение/ обозначение
Эффективность экранирования здания	K_{S1}
Тип внутренней проводки	K_{S3}
Экранирование внешних систем энергоснабжения (тип внешней кабельной сети)	P_{LD}, P_{LI}
Факторы влияния на ущерб в результате возгорания – у пользователя спрашивают о типе здания, которому требуется защита	L_f
Примечание – Расчет L_f для всех четырех типов ущерба, как определено в приложении С, не представляется возможным. Потребитель электроэнергии должен выбрать из предлагаемого перечня тип здания, которому требуется защита.	
Факторы влияния на ущерб в результате перенапряжений.	L_o
Примечание – Расчет L_o для всех четырех типов ущерба, как определено в приложении С, не представляется возможным. Потребитель электроэнергии должен выбрать из предлагаемого перечня тип здания, которому требуется защита.	
Что касается ущербов типа L4 (экономический ущерб), то в программном обеспечении исследование, касающееся экономической эффективности мер молниезащиты, не проводится. При необходимости потребитель электроэнергии должен сам выбрать допустимый риск экономического ущерба.	

Таблица J.3 – Установленные параметры (которые потребитель электроэнергии изменить не может)

Параметр	Обозначение	Установленное значение
Протяженность систем энергоснабжения	L_c	1000 м
В случае воздушных систем энергоснабжения – высоту	H_c	6 м
Прилегающие здания во внимание не принимают	N_{Da}	0
Эффективность зон внутри здания во внимание не принимают	K_{S2}	1
Импульсное выдерживаемое напряжение внутреннего оборудования, соединенного с данной системой энергоснабжения, – 1,5 кВ	K_{S4}	1
Вероятность удара людей электротоком	P_A	1
Тип поверхности земли или пола	r_a	10^{-2}
Для ущерба типа L1 угрозы для жизни людей, факторы, влияющие на ущерб из-за шагового напряжения и скачков напряжения внутри здания и до 3 м за пределами защищаемого здания	L_t	0,01

Примечание – Подробную информацию о значениях параметров можно найти непосредственно в SIRAC (установите компьютерную мышь на стрелку в меню).

J.3 Пример отображения на экране

На рисунке J.1 показано отображение на экране примера загородного дома, описанного в Н.1 (приложение Н), при отсутствии мер молниезащиты; и на рисунке J.2 – с применением мер молниезащиты, как описано в Н.1 (приложение Н), а именно системы молниезащиты класса IV и устройств для молниезащиты от перенапряжений на входах системы энергоснабжения.

IEC Risk Assessment Calculator Project: ANNEX H1_UNPROT

File Options Library Help

Structure's Dimensions:

Length of structure (m): 15

Width of structure (m): 20

Height of roof plane (m)*: 6

Height of highest roof protrusion (m)*: 6

* Measured from the ground

Collection area (m2): 2,578 m2

Structure's Attributes:

Risk of physical damage (incl. fire): Low

Structure screening effectiveness: Poor

Internal wiring type: Unscreened

Environmental Influences:

Location factor: Isolated structure

Environmental factor: Rural

Number thunderdays: 40 days/year

Annual ground flash density: 4.0 flashes/km2

View isokeraunic map: View Map

Conductive Electric Service Lines:

Power Lines:

Type of service to the structure: Buried cable

Type of external cable: Unscreened

Presence of MV / LV transformer: No Transformer

Other Overhead Services:

Number of conductive services: 1

Type of external cable: Unscreened

Other Underground Services:

Number of conductive services: 0

Type of external cable: Unscreened

Protection Measures:

Class of LPS: No LPS

Fire protection provisions: No measures

Surge protection: No protection

Types of Loss:

Type 1 - Loss of Human Life:

Special hazards to life: No special hazards

Life loss due to fire: Hospitals, hotels...

Life loss due to overvoltages: Not relevant

Type 2 - Loss of Essential Public Services:

Services lost due to fire: No service exist

Services lost due to overvoltages: No service exist

Type 3 - Loss of Cultural Heritage:

Cultural heritage lost due to fire: No heritage value

Type 4 - Economic Loss:

Special hazards to economics: No special hazards

Economic loss due to fire: Not relevant

Economic loss due to overvoltage: Not relevant

Step/touch potential loss factor: No shock risk

Tolerable risk of economic loss: 1 in 1,000

Calculated Risks:

	Tolerable Risk (Dn)		Direct Strike Risk (Dd)	*	Indirect Strike Risk (Di)	=	Calculated Risk (Dn)
Loss of Human Life:	1,00E-05	=>	1,04E-06	*	2,32E-05	=	2,42E-05
Loss of Public Services:	1,00E-03	=>	0,00E+00	*	0,00E+00	=	0,00E+00
Loss of Cultural Heritage:	1,00E-03	=>	0,00E+00	*	0,00E+00	=	0,00E+00
Economic Loss:	1,00E-03	=>	0,00E+00	*	0,00E+00	=	0,00E+00

IEC

The IEC lightning risk assessment calculator is intended to assist in the analysis of various criteria to determine the risk of loss due to lightning. It is not possible to cover each special design element that may render a structure more or less susceptible to lightning damage. In special cases, personal and economic factors may be very important and should be considered in addition to the assessment obtained by use of this tool. It is intended that this tool be used in conjunction with the written.

Calculations

Project: ANNEX H1_UNPROT Tooltips: ON Database: v1.0.0 Map: GERMAN 20.11.2005

Рисунок J.1 – Пример загородного дома. Меры молниезащиты не предусмотрены (см. H.1 в приложении H)

IEC Risk Assessment Calculator Project: ANNEX H1_PROT

File Options Library Help

Structure's Dimensions:

Length of structure (m): 15

Width of structure (m): 20

Height of roof plane (m)*: 6

Height of highest roof protrusion (m)*: 6

* Measured from the ground

Collection area (m²): 2.576 m²

Structure's Attributes:

Risk of physical damage (incl. fire): Low

Structure screening effectiveness: Poor

Internal wiring type: Unscreened

Environmental Influences:

Location factor: Isolated structure

Environmental factor: Rural

Number thunderdays: 40 days/year

Annual ground flash density: 4.0 flashes/km²

View isokeraunic map: View Map

Conductive Electric Service Lines:

Power Line:

Type of service to the structure: Buried cable

Type of external cable: Unscreened

Presence of MV / LV transformer: No Transformer

Other Overhead Services:

Number of conductive services: 1

Type of external cable: Unscreened

Other Underground Services:

Number of conductive services: 0

Type of external cable: Unscreened

Protection Measures:

Class of LPS: Class IV

Fire protection provisions: No measures

Surge protection: Service entrances only

Type of Loss:

Type 1 - Loss of Human Life:

Special hazards to life: No special hazards

Life loss due to fire: Hospitals, hotels...

Life loss due to overvoltages: Not relevant

Type 2 - Loss of Essential Public Services:

Services lost due to fire: No service exist

Services lost due to overvoltages: No service exist

Type 3 - Loss of Cultural Heritage:

Cultural heritage lost due to fire: No heritage value

Type 4 - Economic Loss:

Special hazards to economics: No special hazards

Economic loss due to fire: Not relevant

Economic loss due to overvoltage: Not relevant

Step/touch potential loss factor: No shock risk

Tolerable risk of economic loss: 1 in 1,000

Calculated Risks:

	Tolerable Risk (Dn)		Direct Strike Risk (Dn)		Indirect Strike Risk (Dn)		Calculated Risk (Dn)
Loss of Human Life:	1.00E-05	=>	2.17E-07	+	6.95E-07	=	9.11E-07
Loss of Public Services:	1.00E-03	=>	0.00E+00	+	0.00E+00	=	0.00E+00
Loss of Cultural Heritage:	1.00E-03	=>	0.00E+00	+	0.00E+00	=	0.00E+00
Economic Loss:	1.00E-03	=>	0.00E+00	+	0.00E+00	=	0.00E+00

IEC

The IEC lightning risk assessment calculator is intended to assist in the analysis of various criteria to determine the risk of loss due to lightning. It is not possible to cover each special design element that may render a structure more or less susceptible to lightning damage. In special cases, personal and economic factors may be very important and should be considered in addition to the assessment obtained by use of this tool. It is intended that this tool be used in consultation with the calculator.

Calculations

Please register so we can keep you updated - see Help menu ...

Project: ANNEX H1_PROT Tooltips: ON Database: v1.0.0 Map: GERMAN 28.11.2005

Рисунок J.2 – Пример загородного дома. Меры молниезащиты предусмотрены (см. Н.1 в приложении Н)

Библиография

- [1] IEC 61000-4-5:1995* Electro-magnetic compatibility (EMC). Part 4-5. Testing and measurement techniques. Surge immunity test
(Электромагнитная совместимость. Часть 4-5. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии)
- [2] IEC 60664-1:1992 Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests
(Координация изоляции для оборудования низковольтных систем. Часть 1. Принципы, требования и испытания)
- [3] IEC 61643-1:2005 Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Requirements and tests
(Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 1. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к низковольтным энергораспределительным системам. Требования и испытания)
- [4] ITU-T K.20:2003 Resistibility of telecommunication equipment installed in a telecommunications centre to overvoltages and overcurrents
(Сопrotивляемость телекоммуникационного оборудования, установленного в центре связи, перенапряжениям и сверхтокам)