

## АКТИВНАЯ МОЛНИЕЗАЩИТА. ЕЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Миргород Кирилл Сергеевич [mirgorod.00@list.ru](mailto:mirgorod.00@list.ru)

### **Аннотация:**

В статье рассматриваются достоинства и недостатки активной молниезащиты (АМЗ) по сравнению с классической пассивной системой. Преимущества АМЗ включают значительно большую зону защиты, высокий уровень защиты, автономность, а также активацию только при приближении грозового фронта. Недостатком АМЗ является более высокая стоимость по сравнению с пассивными системами. Рассмотрены расчеты и параметры системы молниезащиты для защиты здания. Проведены расчеты горизонтального сечения и высоты молниеприемника, определены объемы защищаемого пространства для пассивного и активного молниеприемников. Рассмотрены уровни защиты и соответствующие им параметры. Произведено сравнение радиуса защиты активного молниеприемника с радиусом стержневого молниеотвода. Показано, что применение метода активной защиты позволяет увеличить радиус и объем защищаемого пространства, что способствует повышению безопасности и работоспособности объектов.

**Ключевые слова:** молниезащита, активная молниезащита, достоинства и недостатки, пассивная молниезащита.

### **Достоинства и недостатки активной МЗ**

Преимущества активной молниезащиты:

- Зона защиты активного молниеприемника значительно превосходит зону защиты традиционного (пассивного) молниеприемника аналогичной высоты;
- Высокий уровень защиты, обеспечиваемый конструкцией АМЗ, сводит к минимуму вероятность прорыва молнии и поражения защищаемого объекта;
- Активный молниеприемник – автономное устройство, не требующее его подключения к какому-либо источнику питания;
- Устройство активируется только в случае приближения грозового фронта и наличия реально риска возникновения разряда молнии [1].

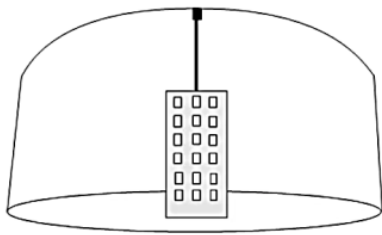
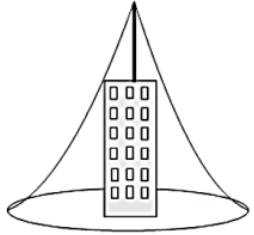
Радиус защиты одностержневого молниеприемника, тросового молниеприемника и методом сетки определяется в соответствии с моделью катящегося шара и, как выше было представлено, этот радиус гораздо меньше чем радиус действия АМП вследствие использования предупредительных разрядов. Зона защиты при использовании этих методов, в сравнении с зоной защиты АМП, имеет менее удачную форму. Зона защиты АМП позволяет более надежно покрыть большую площадь [1].

Если необходимо защитить здание большой площади, то, можно использовать 2-3 молниеприемника. Если не используем АМП, то необходимо применять метод сетки, т.е. укладывать металлическую сетку через расстояние 10 мм и

делать спуски с заземлителями. При этом методе во много раз увеличивается расход металла, усложняется конструкция и снижается надежность системы [1].

В таблице 1 наглядно представлены характеристические особенности АМЗ и классической [2].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика систем активной молниезащиты и классической

Характеристики	Активная система молниезащиты	Пассивная система молниезащиты
1	2	3
Принцип действия	Электронная система создаёт ионизацию (встречный лидер) значительно раньше и большей напряженности поля, чем в случае классической молниеотводной защиты.	Физически, пассивный молниеотвод действует аналогично активному – создается зона ионизации вокруг острия и молния «притягивается» от защищаемых объектов, но на расстояниях во много раз меньших, чем у активного молниеотвода.
Зона защиты	Зона защиты активного молниеприемника многократно превосходит зону защиты обычного штыревого. Охраняются все объекты, охваченные эллипсообразной сферой в виде «капсулы», антенны и архитектурные элементы крыши, а так же вся территория (открытые площадки) находящаяся в зоне защиты активного молниеприемника.	Пространство в окрестности молниеотвода ограниченной геометрии, в зону защиты которого входит только объект, размещенный в его объеме. Радиус защиты меньше примерно в 8 раз, чем у активной системы молниезащиты.
Схема защиты		
Радиус действия	Радиус защиты до $\approx 107$ м.	Радиус защиты до 24 м.
Токоотводы	1-2 шт.	Более - 2 шт.
Горизонтальные пояса	Не применяются для зданий высотой до 60 м.	Искусственные токоотводы соединяются горизонтальными поясами вблизи поверхности земли и через каждые 20 м по высоте здания.

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Заземлители	Не более 2 шт.	Более 2 шт.
Проектирование	Определяется высота мачты, на которую устанавливается активный молниеприемник (по инструкции), исходя из уровня защиты и радиуса защищаемой площади.	Выполняется обоснование выбора средств защиты, типов молниеотводов и методов расчетов, выбора материалов молниеприемников, токоотводов, их сечений и общее количества.
Монтаж	1-2 дня	Сложность и трудоемкость монтажа, множества молниеотводов, сеток и молниеприемников пассивной молниезащиты.
Эксплуатация	Трудозатраты на ТО и Р пропорциональны количеству элементов системы.	Тех. обслуживание и ремонт большого количества соединений, крепежных элементов.
Эстетика	Не ухудшается эстетический вид объекта. Активная головка занимает минимальное место при установке.	При установке молниеотводных сеток или многочисленных стержней портится архитектурный облик объекта.
Электро-магнитное воздействие	Минимальное негативное воздействие электромагнитного поля из-за ограниченного количества токоотводов.	Большое количество токоотводов подвергает почти весь объект воздействию электромагнитного поля.

Единственным недостатком активной молниезащиты можно назвать ее сравнительно высокую стоимость, а также то, что эта система все еще нова для нашего населения, в то время, как пассивная уже давно проверена временем. Помимо этого, недостатков у системы такого типа защиты нет практически никаких. Это прогрессивная современная молниезащита, которую рекомендуют к установке во многих Европейских странах. Ее достоинства хоть и спорны, но актуальны и определяют сегодня выбор многих людей [3].

Для более полного обзора, стоит проанализировать АМ на конкретном примере. Для оценки соответствия активного молниезащитного устройства FOREND EU предъявляемым нормам к устройствам молниезащиты, были проведены расчеты, используя национальный стандарт Франции (NFC 17-102. «Система молниезащиты. Защита структур и открытых площадей от молнии с использованием ранней стримерной эмиссии (РСЭ) молниеприёмников») и международный стандарт TSE IEC 61024 («Защита конструкций от молний»), а также методики используемые в РФ.

В качестве объекта защиты было выбрано 60 метровое здание, с габаритными размерами периметра 5x5 м. Требуемый уровень защиты от молнии II, обеспеченность 90%.

**1. Расчет зоны защиты одиночного стержневого пассивного молниеотвода методом конуса по СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций»**

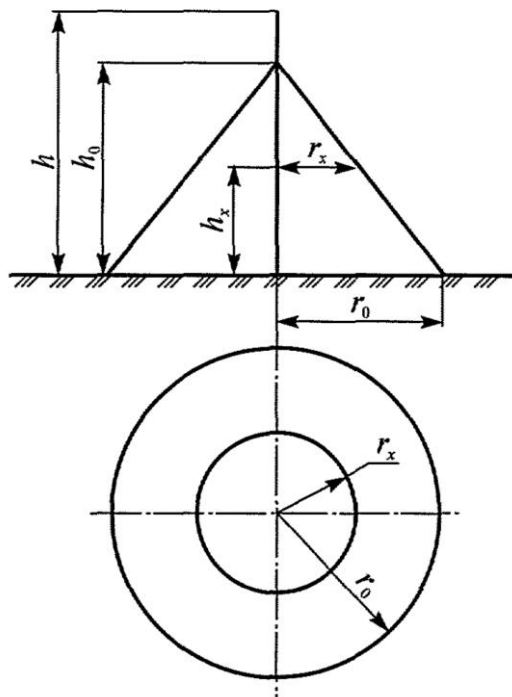


Рисунок 1 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода по методу конуса

Для зоны защиты требуемой надежности радиус горизонтального сечения  $r_x$  на высоте  $h_x$ , определяется по формуле 3.1:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}, \text{ (м)}$$

где  $h_x$  – максимальная высота защищаемого здания (уровень крыши),  
 $r_x$  – горизонтальное сечение (половина главной диагонали поверхности крыши)

Следовательно, в условиях рассматриваемого сооружения:

$$h_x = 60 \text{ м};$$

$$r_x = 3,5 \text{ м}.$$

Определим эмпирические зависимости  $h_0$  и  $r_0$  по таблице 3.4, для обеспечения надежности защиты 90%, с учетом диапазона высоты защищаемого здания до 100 м:

$$h_0 = 0,85 \times h(\text{м});$$

$$r_0 = 1,2 \times h(\text{м});$$

После подстановки принятых значений в исходное выражение (3.1), определим величину  $h$ :

$$3,5 = \frac{1,2 \times h \times (0,85h - 60)}{0,85h}, (\text{м})$$

$$h = 73,5 (\text{м}).$$

Из приведенного рисунка видно, что высота  $h$  складывается из высоты здания  $h_x$ , и высоты молниеприемника  $h_m$ , следовательно:

$$h_m = h - h_x = 73,5 - 60 = 13,5 (\text{м}).$$

Определим объем защищаемого пространства пассивного молниеприемника (по формуле объема конуса):

$$V_M = \frac{1}{3} \pi \cdot r_0^2 \cdot h_0, (\text{м}^3),$$

$$h_0 = 0,85 \times h = 0,85 \times 73,5 = 62,48 (\text{м})$$

$$r_0 = 1,2 \times h = 1,2 \times 73,5 = 88,2 (\text{м})$$

Тогда, объем защищаемого пространства составит:

$$V_M = \left(\frac{1}{3}\right) * 3,14 * 88,2^2 * 62,48 = 508\,729 (\text{куб. м})$$

## 2. Расчет зоны защиты одиночного стержневого активного молниеотвода методом катящихся сфер по NFC 17-102 «Использован метод электрогеометрической модели»

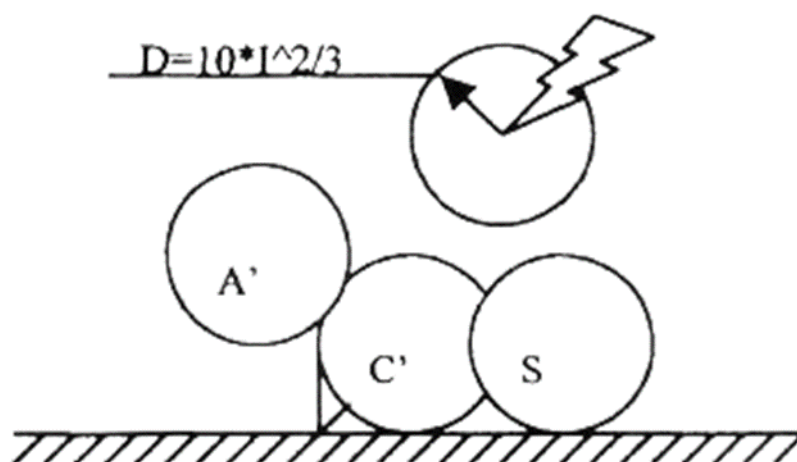


Рисунок 2 – Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода по методу катящихся сфер

Таблица 1 – Паспортные данные устройств активной молниезащиты FOREND

Номер модели	Материал	Время ионизации NFC-17 102, (мкс)	Лабораторное время ионизации, (мкс)	Вес, (кг)	Высота, (см)
F10105	Нержавеющая сталь	45	49,94	4,4	58
F10110		60	61,6	4,6	58
F10115			63,13	2,6	47

Таблица 2 – Соответствие степени защиты с обеспеченностью защиты в %, согласно стандарта NFC 17 102

Рассчитанная эффективность	Степень защиты
$E > 0,98$	I уровень защиты + Доп.мера
$0,95 < E < 0,98$	I уровень защиты
$0,80 < E < 0,95$	II уровень защиты
$0 < E < 0,80$	III уровень защиты

Защитный радиус активного молниеотвода  $R_{p.a.}$ , (м) определяется по формуле:

$$R_{p.a.} = [h \cdot (2D + dL)]^{1/2}, \text{ при } h < dL + 2D, \text{ (м)},$$

где  $D$  – дистанция удара, определяется по пиковым значениям токов:

- I уровень защиты –  $D=20$  м,  $I_{\text{макс}}=2,8$  кА;
- II уровень защиты –  $D=45$  м,  $I_{\text{макс}}=9,5$  кА;
- III уровень защиты –  $D=60$  м,  $I_{\text{макс}}=14,7$  кА,

$dL$  - инициация верхнего лидера, в (м), определяемая как

$$dL = v \cdot dT, \text{ (м)},$$

где значение  $dL$  определяется при испытаниях в лаборатории для каждой модификации системы молниезащиты производителем.

$h$  – это высота вершины активного молниеотвода над поверхностью, которая должна быть защищена, в (м);

$v$  – скорость инициации верхнего лидера, в (м/мкс);

$dT$  – время его инициации, в (мкс).

Таблица 3 – Зависимость радиуса защиты ( $R_p$ ) от высоты сооружения ( $h$ ) для разных уровней защиты ( $N_p$ ), активных систем молниезащиты FOREND

$R_p$ $h(m) \backslash N_p$	FOREND EU-M (DL=45m)			FOREND EU and FOREND PETEX (DL=60m)		
	I	II	III	I	II	III
2	25	32	36	31	39	43
4	51	65	72	63	78	85
6	63	81	90	79	97	107
8	64	82	91	79	98	108
10	64	83	92	79	99	109
20	65	86	97	80	102	113
30	65	89	101	80	104	116
60	65	90	105	80	105	120

Используя данные стандарта NFC 17 102 и паспортные данные прибора защиты FOREND EU сравним радиус зоны защиты активного по сравнению со стержневым, взяв значение 13,5 м. как базовую точку высоты прибора над поверхностью, защищаемого объекта, тогда:

$$R_{p.a.} = [13,5 \cdot (2 \cdot 45 - 13,5) + 60 \cdot (2 \cdot 45 + 60)]^{1/2}$$

где, D для II уровень защиты (90% обеспеченность) составляет D = 45 (м), dL – инициация верхнего лидера, в (м), определяемая по паспортным данным, составляет 60 (м) для для II уровень защиты (90% обеспеченность):

$$R_{p.a.} = 100,2 \text{ (м)}$$

Определим объем защищаемого пространства активного молниеприемника (по формуле полусферы):

$$V_{M.A.} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot R_{p.a.}^3 \text{ (м}^3\text{)},$$

Таким образом,

$$V_{M.A.} = \left(\frac{4}{6}\right) * 3,14 * (100,2)^3 = 2\,105\,918 \text{ (м}^3\text{)}$$

Таким образом, применение метода активной защиты позволяет при равных условиях, увеличить радиус защищаемого пространства на 12% и объем защищаемого пространства 76%, что существенным образом позволяет обеспечить безопасность и работоспособность объектов.

### Список используемой литературы

1. Характеристика, особенности активной и пассивной молниезащиты / А. В. Родионова, Д. Ф. Агакеримов, И. Г. Сафронова, Н. В. Шнайдер // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86-2. С. 44-47.
2. Лисицын, А. Л. Сравнение пассивной и активной молниезащиты / А. Л. Лисицын, И. А. Жирохов // Ломоносовские научные чтения студентов, аспирантов и молодых ученых – 2023 : Сборник материалов конференции: в 2-х томах, Архангельск, 01–30 апреля 2023 года / Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. Том 2. Архангельск, 2023. С. 394-397.
3. Сучкова, П. С. Оценка применения активной молниезащиты в Российской Федерации / П. С. Сучкова, С. Н. Ульяева, А. Л. Никифоров // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 17 апреля 2019 года. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2019. С. 351-356.

### Информация об авторах

Миргород К. С. – студент группы 8Э-21, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

### Ссылка для цитирования

Миргород, К. С. Активная молниезащита. Ее преимущества и недостатки // Энерджинет. 2024. № 1. URL: <http://nopak.ru/241-315> (дата обращения: 03.05.2024).

