

*Алексей СКРИПКО,*

*начальник отдела НИИ ПБ и ЧС МЧС Республики Беларусь*

## **Внешняя и внутренняя системы молниезащиты**

На территории Республики Беларусь в летний период часто наблюдается развитие кучево-дождевых облаков, сопровождающимися грозами. Грозы представляют опасность для различных отраслей хозяйствования, сопровождаются пожарами в зданиях и сооружениях.

От грозových проявлений ежегодно происходит до сотни пожаров в частных домовладениях, на объектах социально-культурного назначения, производствах. Последствия молнии опасны для человека, зданий и сооружений, приводят к большим материальным ущербам. Ниже приведены наиболее яркие примеры последствий от грозových проявлений.

Так, в сентябре 1996 года в результате удара молнии в штабель боеприпасов произошел взрыв массой 152 мм снарядов в 394-1 артиллерийской базе боеприпасов (н.п. Шищицы Слуцкого района Минской области). В результате возникшего пожара и последующих взрывов были уничтожены все запасы боеприпасов, размещенные на площадках открытого хранения. В результате чрезвычайной ситуации разброс снарядов и осколков снарядов достигал 3 км, были повреждены жилые дома н.п. Павловка. Примером техногенной чрезвычайной ситуации от удара молнии может послужить пожар, возникший на складе нефтепродуктов 3 мая 2008 года на территории нефтебазы РУП «Белоруснефть-Брестоблнефтепродукт» концерна «Белнефтехим». Прямой удар молнии попал в стальную стену резервуара, в котором находилось около 1000 м<sup>3</sup> бензина. Силой ударной волны крышу резервуара разрушило и повредило находящийся рядом другой резервуар. В результате пожара были причинены значительные убытки нефтебазе, нанесен экологический ущерб.

За десятилетний период времени (с 2009 по 2018 года) на территории Республики Беларусь произошло 822 пожара. Непосредственно от прямых ударов молнии произошел 780 пожаров. От вторичного проявления молнии произошло 42 случая пожара. Наибольшее количество пожаров от ударов молнии происходит в зданиях и сооружениях из сгораемых строительных конструкций. Так, по данным ведомственного учета 799 зданий, выполненных из деревянных конструкций, в разной степени пострадало от грозových проявлений. Преимущественно в этих зданиях объектами пожаров послужили чердаки, мансарды, кровли.

Наблюдениями установлено, что в грозовой сезон от грозových проявлений происходит 1 пожар в день. Значительную долю пожаров от грозových разрядов составляют пожары в зданиях и сооружениях в сельской местности. Подавляющее большинство пожаров от грозových проявлений в сельской местности происходит в зданиях и сооружениях из сгораемых конструкций. Более 90% пожаров связано с прямыми ударами молнии. За

период наблюдений с 2001 по 2015 годы в Республике Беларусь от ударов молнии произошло более 2800 случаев пожаров. Больше всего пожаров происходит в Брестской и Минской областях.

Грозовые проявления сопровождаются следующими последствиями, защита от которых установлена нормативно:

1. Прямой удар молнии – это первичное воздействие грозового проявления на наземный объект. Прямой удар молнии приводит к механическим разрушениям зданий и сооружений, вызывает пожары и взрывы, является прямой или косвенной причиной гибели людей. Механические разрушения объясняются мгновенным превращением воды и вещества в пар высокого давления на путях протекания тока молнии в названных объектах. При первичном воздействии молнии возгорание, как правило, происходит в самых высоких местах объекта, на металлических частях (кровле, радио- или телеантеннах и др.) образуются оплавления или пятна с цветами побежалости.

2. Вторичное воздействие молнии – это электростатическая и электромагнитная индукция, а также занос высоких потенциалов в здания и сооружения. Эти воздействия сохраняются после удара молнии. Их опасность обусловлена электрическими разрядами на ближайшие заземленные предметы, что может вызвать электротравматизм людей, воспламенение и взрывы горючих смесей паров легковоспламеняющихся и горючих веществ и материалов. Занос высоких потенциалов в здание происходит в результате прямого удара молнии в провода подземных и воздушных линий передачи электрической энергии, металлические коммуникации, расположенные на уровне земли или над ней вне зданий, но входящие внутрь зданий (водопроводы, газопроводы), и т.д. Опасность занесения высоких потенциалов внутрь здания также сопровождается электрическими разрядами на заземленное оборудование.

В 2011 году вступили в действие требования ТКП 336-2011 «Молниезащита зданий, сооружений инженерных коммуникаций». Указанный кодекс взаимосвязан с ТР 2009/013/ВУ «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность»,

*Справочно: в соответствии с п. 6.8 ТР 2009/013 «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность» молниезащиту предписано обеспечивать на стадии эксплуатации во избежание поражения электрическим током. Во избежание ненужных споров целесообразно считать риски от ударов молнии по R1, так как данный вид расчета обоснован требованиями ТР 2009/013, а также позволяет идентифицировать необходимость, основные средства и уровни молниезащиты.*

Кодекс устанавливает требования к определению необходимости устройства молниезащиты, средствам молниезащиты, их качественным и количественным характеристикам. Определяет необходимый объем мероприятий в области молниезащиты, способы молниезащиты, а также информационный набор по физическим принципам молнии, характеристикам молнии, зонной концепции молниезащиты и т.п.

ТКП 336 регламентирует требования к устройствам молниезащиты при проектировании, реконструкции, ремонте зданий и сооружений различного назначения и подводимых к ним инженерных коммуникаций.

Применяется при:

- а) проектировании, установке, проверке и техническом обслуживании систем молниезащиты (СМЗ) для зданий (сооружений) без ограничения высоты;
- б) проектировании СМЗ находящихся внутри зданий установок, приборов, оборудования;
- в) установлении мер защиты от поражения людей электрическим током из-за напряжения прикосновения и шагового напряжения;
- г) при проектировании СМЗ электрических станций, подстанций и воздушных линий электропередач.

На основе требований ТКП 336 разработаны специальные требования в таких технических нормативных правовых актах, как:

- ТКП 339-2011 «Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопровода, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий»;

- ТКП 538-2014 «Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Общие требования» и другие нормативные ведомственные акты и инструкции.

По ТКП 336 устройство молниезащиты – комплекс мер защиты от прямого удара молнии и ее вторичного проявления. А определение этого комплекса мер осуществляется через расчет рисков ( $R_1$ ) от удара молнии.

При расчете  $R_1$  следует знать, что **на стр. 47 ТКП 336** приведены названия рисков и их математические формулы для проведения расчетов.

На **стр. 45-46 ТКП 336** приведены элементы рисков, из суммы которых состоят риски.

На **стр. 58-60 ТКП 336** приведены расчетные формулы элементов рисков. Общая формула элемента риска выражается через следующие коэффициенты:

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x, \quad (1)$$

где

$N_x$  – ежегодное количество опасных случаев;

$P_x$  – вероятность повреждения (наступления опасного случая);

$L_x$  – ущерб от опасного случая.

На **стр. 55 ТКП 336** также приведен аналитический алгоритм определения необходимости устройства молниезащиты:

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

В расчете рисков имеется особенность. При выборе коэффициентов элементов рисков как правило пользуются методикой, изложенной в отмененном документе СТБ П

62305-2-2006 «ЗАЩИТА ОТ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА. Часть 2. Управление риском». Использование указанного документа связано с отсутствием в ТКП 336-2011 полноценной информации по выбору ряда коэффициентов.

Немаловажным при расчете рисков является коэффициент  $rf$  (таблица 1). От его выбора зависит устройство внешней системы молниезащиты для объекта, экономические затраты на ее устройство. Предложенные сегодня в ТКП 336 величины  $rf$  малочисленны и ограничены в выборе, что нередко сказывается на экономической составляющей проекта:

**Таблица 1 – Значения фактора уменьшения  $rf$  в зависимости от риска возгорания здания.**

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

#### Примечания:

1. Для зданий с риском взрыва и сооружений, содержащих взрывоопасные смеси, может понадобиться более подробная оценка.
2. Те здания, которые построены из горючих материалов, здания, крыши которых выполнены из горючих материалов, или здания с особой пожарной нагрузкой, превышающей 800 МДж/м<sup>2</sup>, рассматривают как здания с высоким уровнем пожароопасности.
3. Здания с пожарной нагрузкой в пределах 400 – 800 МДж/м<sup>2</sup> рассматривают как здания с обычным уровнем пожароопасности.
4. Здания с пожарной нагрузкой менее 400 МДж/м<sup>2</sup> или здания, в которых горючие материалы содержатся непостоянно, рассматривают как здания с низким уровнем пожароопасности.
5. Определенная пожарная нагрузка – это соотношение энергии общего количества горючего материала в здании к общей поверхности здания

Согласно приведенной таблице для взрывоопасного производства величина  $rf = 1$  (взрыв). При этом величина  $rf$  не зависит от времени нахождения взрывоопасной среды в помещении и ее размеров.

Таким образом, для однотипных по габаритам производств, в которых взрывоопасная среда будет находиться постоянно и незначительный промежуток времени, средство молниезащиты будет одинаковым, что не совсем логично.

Из первого вопроса вытекает второй: каким образом устраивать молниезащиту зданию, когда из-за величины  $rf$  требуется I уровень молниезащиты. Ответ в таком случае лежит на поверхности: следует уходить от применения традиционных способов защиты. Например, на плоской кровле вместо затратной молниеприемной сетки возможно применить стержневые молниеприемники на бетонных основаниях (рисунок 1-2).



**Рисунок 1. Бетонное основание молниеприемника**



**Рисунок 2. Молниеприемник на бетонном основании высотой 8 метров**

В то же время сегодня отечественный производитель предлагает стержневые молниеприемники, которые при помощи технических решений возможно надежно крепить на кровлю без опаски воздействия на внешнюю систему молниезащиты ветровой нагрузки (рисунок 3).



**Рисунок 3. Крепление молниеприемника на коньке кровли**

При проектировании молниеприемников на кровле здания приходится сталкиваться с различными ситуациями, о которых в ТКП 336 приведены размытые требования. Одна из них – это обеспечение расстояний между токоотводами и молниеприемниками. Согласно таблице 7.3 ТКП 336 при проектировании следует обеспечивать максимальные размеры сетки молниеприемной сетки. В то же время физически обеспечить указанные расстояния не всегда представляется возможным по причинам архитектурных особенностей кровли, размещения на ней кровельных надстроек, прокладки токоотводов по стенам с оконными проемами и т.д. По этой причине целесообразнее применять приведенные в таблице 7.3 ТКП

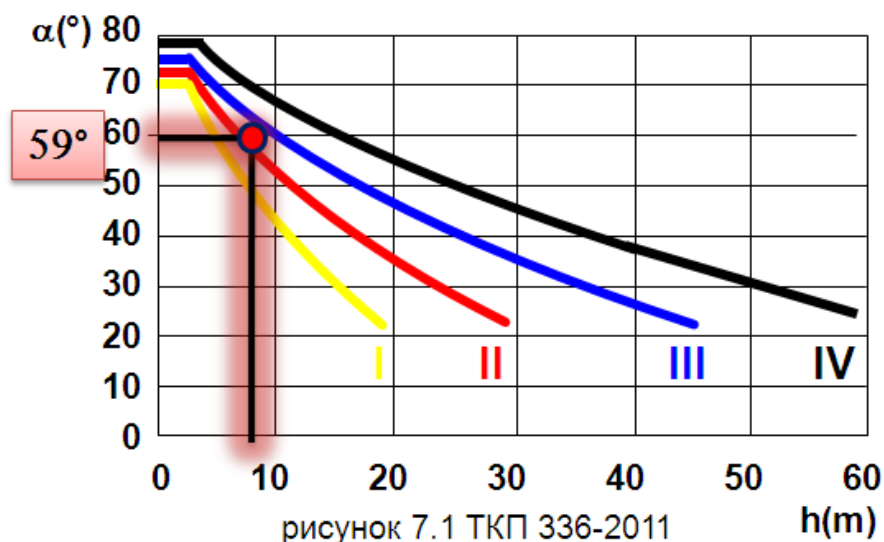
336 расстояния между молниеприемниками и токоотводами относительно уровня молниезащиты не как максимальные, а как средние.

Согласно требованиям, изложенным на стр. 83 ТКП 336 от токоотвода до сгораемого основания должно соблюдаться расстояние 0,1 м. При этом минимальный диаметр токоотвода должен быть не менее 8 мм. В некоторых случаях обеспечить 0,1 м от токоотвода до стены не представляется возможным по эстетическим причинам либо технологическим особенностям здания (сооружения). В таких случаях возможно воспользоваться решением, указанным на стр. 80 ТКП 336:.

*Справочно: стр. 80 ТКП 336: «что касается стальных элементов, встроенных в бетонные сооружения и/или соприкасающихся с воспламеняемым материалом, минимальные размеры должны быть увеличены до 78 мм<sup>2</sup> (диаметром 10 мм) для сплошного круглого проводника и до 75 мм<sup>2</sup> (минимальной толщиной 3 мм) для сплошного плоского проводника».*

При проектировании следует также обратить внимание на отсутствие важной детали в требованиях ТКП 336: расстояния между держателями, на которые крепиться молниеприемник сетки либо токоотвод в кодексе не нормируются. Однако, практикой монтажа установлено, что расстояния между держателями должны быть, как правило не менее 1 м. Таким образом обеспечивается надлежащий монтаж внешней системы молниезащиты.

Важным в проектировании молниезащиты является метод определения размера зон защиты молниеотвода. Размеры зон защиты целесообразно определять по рисунку 7.1 ТКП 336 (рисунок 4).



**Рисунок 4. Определение углов защиты молниеотводов в зависимости от высоты над защищаемой поверхностью (h) и уровня молниезащиты**



Некоторые углы и размеры зон зон в зависимости от высоты над защищаемой поверхностью и уровней молниезащиты приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Определенные согласно рисунку 7.1 ТКП 336 углы и размеры зон защиты молниеотводов высотой до 10 метров.**

Высота молниеотв. над защищ. поверхн. <i>H</i> , м	Изменения в параметрах защиты уровней молниезащиты							
	I		II		III		IV	
	Характеристика молниеотводов по ТКП 336							
	Угол определ. по действ. ТНПА, град	Размер зоны защиты по действ. ТНПА, м	Угол определ. по действ. ТНПА	Размер зоны защиты по действ. ТНПА, м	Угол определ. по действ. ТНПА	Размер зоны защиты по действ. ТНПА, м	Угол определ. по действ. ТНПА	Размер зоны защиты по действ. ТНПА, м
1	71	2,9	74	3,49	77	4,33	79	5,14
2	71	5,81	74	6,97	77	8,66	79	10,29
3	66	6,74	71	8,71	74	10,46	76	12,03
4	62	7,52	68	9,90	72	12,31	74	13,95
5	59	8,32	65	10,72	70	13,74	72	15,39
6	56	8,9	62	11,28	68	14,85	71	17,43
7	53	9,29	60	12,12	66	15,72	69	18,24
8	50	9,53	58	12,8	64	16,40	68	19,8
9	48	10	56	13,34	62	16,93	66	20,21
10	45	10	54	13,76	61	18,04	65	21,45

В обеспечении здания полноценной молниезащитой важную роль также играет внутренняя молниезащита создаваемая при помощи УЗП – устройства защиты от импульсных перенапряжений.

На отечественном рынке УЗП представлены на основе следующих элементов: разрядники и варисторы.

В работе разрядника (рисунок 5) есть особенность: напряжение на электродах практически не зависит от тока.



**Рисунок 5. Внешний вид разрядника**

Данное напряжение составляет всего 20-30 В. Благодаря электротехническим особенностям разрядника маленькое падение напряжения на его контактах позволяет пропускать очень большой ток без перегрева и теплового разрушения его самого. При срабатывании разрядника возникающая в нем электрическая дуга практически закорачивает не только импульс перенапряжения, но и цепь электропитания, в которой этот разрядник находится. Однако после прохождения импульса перенапряжения возникает сопровождающий ток, поддерживаемый самой системой электропитания (фактически ток КЗ для системы электропитания, в которую включен разрядник). Это минус в работе разрядника. В связи с чем, газовые разрядники (в частности газовые) используются в основном для подключения между нейтралью и землей, где исключены большие сопровождающие токи.

Исполнение УЗП на основе варистора более совершенно по сравнению с разрядником (рисунок 6).

*Справочно: Варистор (лат. vari(able) - переменный (resi)stor — резистор) — полупроводниковый резистор, электрическое сопротивление (проводимость) которого нелинейно зависит от приложенного напряжения, то есть обладающий нелинейной симметричной вольт-амперной характеристикой и имеющий два вывода.*



**Рисунок 6. Внешний вид варистора**

Физически варистор – это специальная керамика, обладающая нелинейной электрической вольт-амперной характеристикой.

При максимально допустимом рабочем напряжении ток утечки составляет около 1 мА. Если напряжение поднимается выше этого значения, варистор переходит на другую ветвь характеристики, где его ток значительно увеличивается при незначительном увеличении напряжения на его зажимах. Таким образом, всю лишнюю энергию, которая попала в сеть и может поднять напряжение до опасного уровня, варистор пропускает через себя.

Таким образом, варистор имеет некоторый ток утечки в состоянии ожидания импульса перенапряжения вследствие удара молнии, что является недостатком. Ток утечки вызывает постоянный подогрев варистора, что способствует его старению и дальнейшему увеличению тока утечки. Поэтому срок службы УЗП на варисторах, постоянно находящегося под напряжением, ограничен даже при отсутствии импульсов перенапряжения.

Чтобы исключить сопровождающий ток и ток утечки, а также уменьшить остаточное напряжение и выделяемую на устройстве энергию, разработана технология VG, при которой варистор и разрядник соединены последовательно, а характеристики этих устройств специально подобраны. Внешний вид такого устройства приведен на рисунке 7.



**Рисунок 7. Внешний вид УЗИП на основе технологии VG**

При такой комбинации УЗИП разрядник исключает ток утечки, а варистор – пропускающий ток. Совместная работа варистора и разрядника уменьшает остаточное напряжение и энергию, выделяющуюся на УЗИП.

Таким образом, VG-технология объединяет в себе достоинства обоих физических принципов, уменьшая или совсем устраняя недостатки.

При последовательной установке УЗИП после VG-УЗИП, не требуется таких особых условий, как например, необходимое минимальное расстояние по кабелю между устройствами, чтобы скоординировать работу нескольких УЗИП.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ТКП 336-2011 «Молниезащита зданий, сооружений инженерных коммуникаций».
2. ТКП 339-2011 «Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопровода, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий»;
3. ТКП 538-2014 «Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Общие требования».
4. VG – технология CITEЛ. Режим доступа: <https://citel.ru/ru/vg-tehnologii>