

УДК 699.83

05.20.01 Технические науки (Технологии и средства механизации сельского хозяйства)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОЛНИЕЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Котелевская Елена Анатольевна

к.т.н., доцент

Scopus Author ID: 788 241

РИНЦ SPIN-код: 6276-1524

9183119059@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина 13

Туманова Марина Ивановна

к.т.н., доцент

Scopus Author ID: 676 203

РИНЦ SPIN-код: 1927-7090

tumanova-kgau@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина 13

Гузенко Кирилл Евгеньевич

студент

kirillguzenko@icloud.com

Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина 13

Ефимова Алена Сергеевна

студент

alyona_ef@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина 13

В статье описан способ защиты зданий и сооружений от молнии. Приведен метод определения зоны защиты и способы расчета радиуса защиты для конструкций при разной высоте молниеотвода. Также приведены примеры расчета на определение высоты стержневого молниеотвода и на определение импульсного сопротивления

Ключевые слова: СТЕРЖНЕВОЙ МОЛНИЕОТВОД, МОЛНИЕЗАЩИТА, ЗОНА ЗАЩИТЫ, РАДИУС ЗАЩИТЫ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-178-009>

UDC 699.83

05.20.01 Technical sciences (Technologies and means of agricultural mechanization)

DESIGN OF LIGHTNING PROTECTION DEVICES FOR LIVESTOCK CHAMBERS

Kotelevskaya Elena Anatolyevna

Cand.Tech.Sci., docent

Scopus Author ID: 788 241

RSCI SPIN-code: 6276-1524

9183119059@mail.ru

Kuban State Agrarian University, 13 Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

Tumanova Marina Ivanovna

Cand.Tech.Sci.,docent

Scopus Author ID: 676 203

RSCI SPIN-code: 1927-7090

tumanova-kgau@mail.ru

Kuban State Agrarian University, 13 Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

Guzenko Kirill Evgenievich

student

kirillguzenko@icloud.com

Kuban State Agrarian University, 13 Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

Efimova Alyona Sergeevna

student

alyona_ef@mail.ru

Kuban State Agrarian University, 13 Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

The article describes a way to protect buildings and structures from lightning. A way for determining the protection zone and methods for calculating the protection radius for structures with different lightning rod heights are given. We have also presented examples of calculations for determining the height of a lightning rod and for determining the impulse resistance

Keywords: LIGHTNING ROD, LIGHTNING PROTECTION, PROTECTION ZONE, PROTECTION RADIUS

Грозовые разряды атмосферного электричества опасны для жизни людей. Кроме того, молния при попадании в животноводческое здание или

<http://ej.kubagro.ru/2022/04/pdf/09.pdf>

сооружение может разрушить их и вызвать пожар. Люди давно нашли способ защиты от молнии в виде устройств молниеотводов. Современная молниезащита предлагает три типа конструкций молниеотводов: антенные, сеточные и стержневые. В настоящее время из-за простоты использования наиболее распространены стержневые молниеотводы.

Все типы молниеотводов состоят из следующих элементов: молниеприемник, токоотвод и заземлитель. Как было сказано выше, простейшей конструкцией является молниеотвод. При ударе молнии он возводит защитную зону вокруг здания или сооружения, которая повторяет форму двойного конуса, имеющего круглое основание. Радиус основания конуса почти в полтора раза больше, чем высота молниеприемника.

Защитную зону такого молниеотвода можно изобразить графически. Проведем горизонтальную линию и перпендикулярно ей отложим в масштабе высоту молниеприемника h (рис. 1). На горизонтальной линии из точки O в обе стороны в том же масштабе отложим радиусы основания r , равные $1,5 h$. Концы радиусов обозначим буквой B . На линии OH на расстоянии $0,8 h$ от основания отметим точку B , а на линии радиусов – точки Γ , делящие радиусы на две равные части. По полученным данным можно построить сечение двойного конуса – зоны защиты. Для этого из точки H проведем прямые линии в точки Γ и из точки B – в точки B . В результате такого построения мы получили двойной треугольник, при вращении которого вокруг оси OH получим защитную зону, созданную молниеотводом, высота которой равна OH .

Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения (h_x) представляет собой круг радиусом r_x , называемый защитным радиусом.

При стержневом одиночном молниеотводе (рис.1), имеющем высоту менее 60 м радиус защиты определяют из следующего соотношения [1]:

а) при $0 \leq h_x \leq \frac{2}{3}h$

$$r_x = 1,5(h - 1,25) \quad h_x);$$

(1)

б) при $\frac{2}{3}h \leq h_x \leq h$

$$r_x = 0,75(h - \quad h_x).$$

(2)

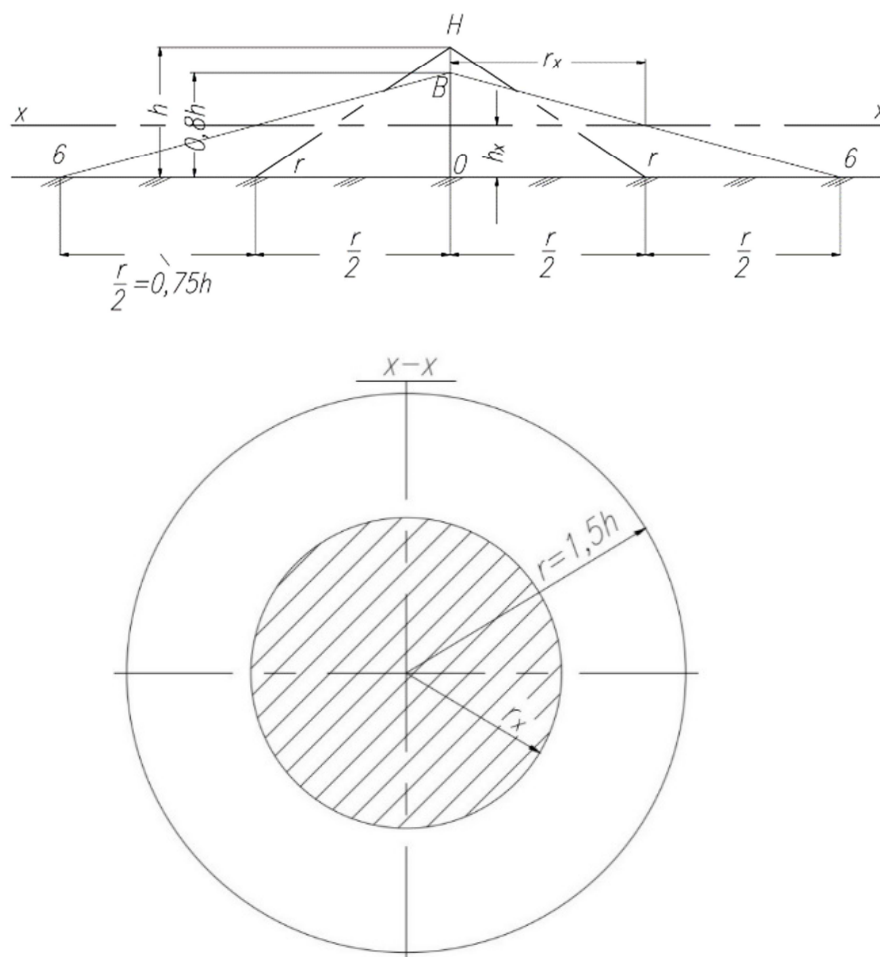


Рис. 1. Схема молниезащиты животноводческих зданий и сооружений при помощи стержневого одиночного молниеотвода.

Защитная зона стержневого одиночного молниеотвода, имеющего высоту от 60 до 100 м, по форме сходственна защитной зоне громоотвода высотой менее 60 м, но за основание конуса в ней принимают круг радиусом 90 м. В этом случае радиус защиты r_x на высоте h_x определяют из следующего соотношения [1]:

$$1) \text{ при } 60 \leq h_x \leq \frac{2}{3}h$$

$$r_x = 90(1 - 1,25 h_x/h); \quad (3)$$

$$2) \text{ при } \frac{2}{3}h \leq h_x \leq 100$$

$$r_x = 45(1 - h_x/h); \quad (4)$$

При защите протяженных животноводческих зданий и сооружений устанавливаются два стержневых громоотвода. Защитная зона при двух одинаковых молниеотводах, высота которых одинакова ($h \leq 60$ м) изображена на рисунке 2.

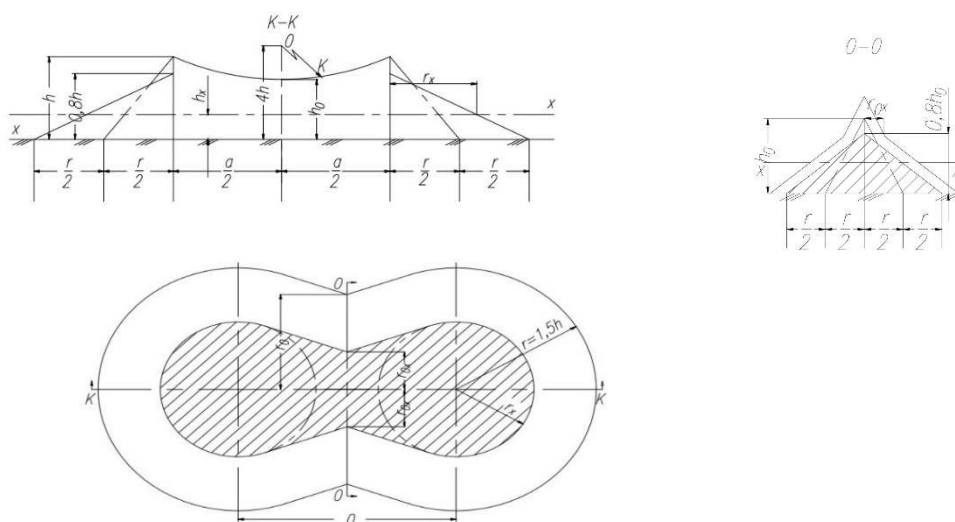


Рис. 2. Защитная схема животноводческих зданий и сооружений при помощи стержневого одиночного громоотвода

Очертание зоны защиты в сечении вертикальной плоскостью посередине между молниеотводами определяют по правилу построения

зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h_0 (рис. 2), при этом радиус основания $r_0=1,5 h_0$.

Высоту h_0 зоны защиты в середине двойного стержневого молниеотвода при известных h и α находят по формуле:

$$h_0=4h - \sqrt{9h^2 - 0,25\alpha^2}. \quad (5)$$

При устройстве двойного стержневого молниеотвода нужно учитывать, что при $\alpha > 5h$ совместное действие одиночных молниеотводов нарушается, так как в этом случае $h_0=0$.

Высоту молниеотвода при известных h_0 и α отыскивают по формуле

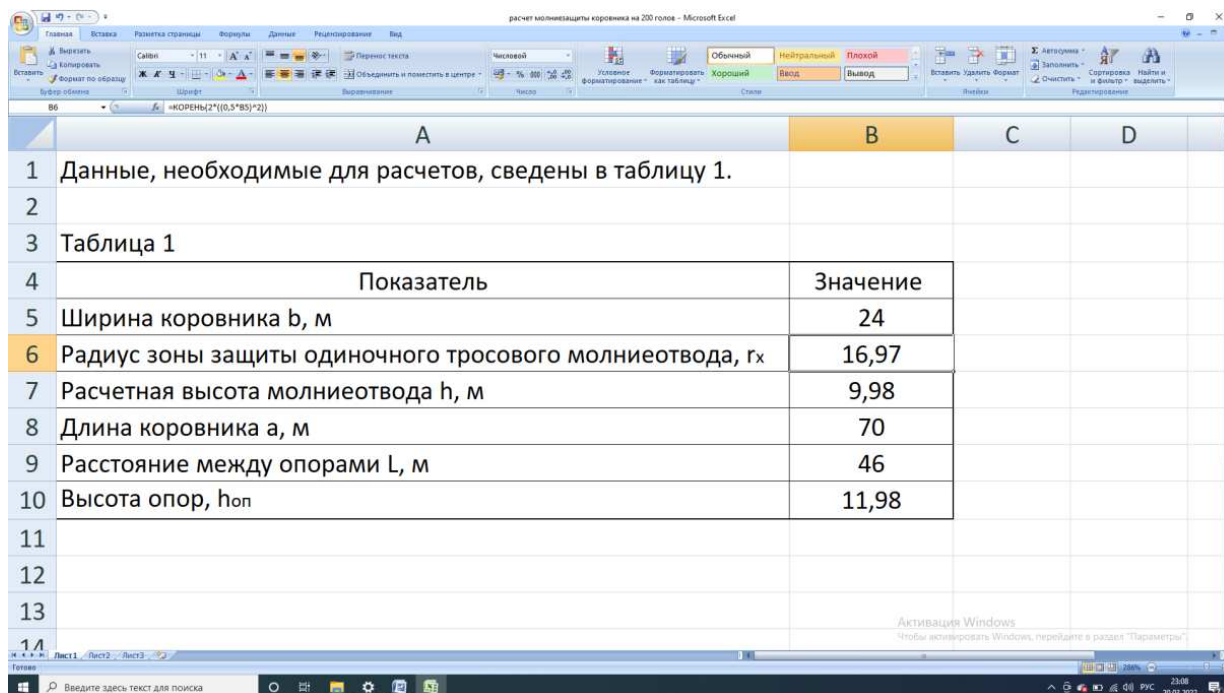
$$h=0,571h_0+\sqrt{0,183h_0^2 - 0,0357\alpha^2}. \quad (6)$$

В сельском хозяйстве молниеотводы делают при животноводческих постройках, складах, на нефтебазах, при мастерских. Чаще всего устраивают стержневые молниеотводы на деревянных или металлических мачтах.

Согласно правилам устройства стержневых молниеотводов, при грозозащите животноводческих помещений мачты и заземлителя устанавливают не ближе 4 м от здания. Чтобы не вызвать поражения шаговым напряжением, место заземления ограждают, так чтобы животные не могли подойти к нему ближе, чем на 3 м. Если устраивают несколько молниеотводов, заземление может быть общим.

Произведем расчет при помощи ЭВМ, используя программу для работы с электронными таблицами Microsoft Excel. Определим размеры защитной зоны одиночного тросового молниеотвода для защиты коровника на 200 голов с размерами длиной 70 м, шириной 24 м, расположенного на территории с интенсивностью грозовой деятельности

50 час в год, если здание имеет IV степень огнестойкости. В результате имеем радиус зоны защитного одиночного тросового молниеотвода равен 16,97 м, а высота опор 11,98 м, расчетная высота молниеотвода 9,98 м (рис.3).



Microsoft Excel window: расчет молниезащиты коровника на 200 голов - Microsoft Excel

	A	B	C	D
1	Данные, необходимые для расчетов, сведены в таблицу 1.			
2				
3	Таблица 1			
4	Показатель	Значение		
5	Ширина коровника b, м	24		
6	Радиус зоны защиты одиночного тросового молниеотвода, r _x	16,97		
7	Расчетная высота молниеотвода h, м	9,98		
8	Длина коровника a, м	70		
9	Расстояние между опорами L, м	46		
10	Высота опор, h _{оп}	11,98		
11				
12				
13				
14				

Рис. 3. Листинг программы расчета на ЭВМ

Таким образом, используя ЭВМ можно быстро, точно и эффективно провести расчет молниезащиты коровника на 200 голов.

Так как грозовой разряд происходит мгновенно, через молниеотвод проходит импульс электрического тока. Сопротивление заземлителя растеканию импульсного тока меньше, чем для тока промышленной частоты. Эта разница учитывается импульсным коэффициентом α_i (рис. 4).

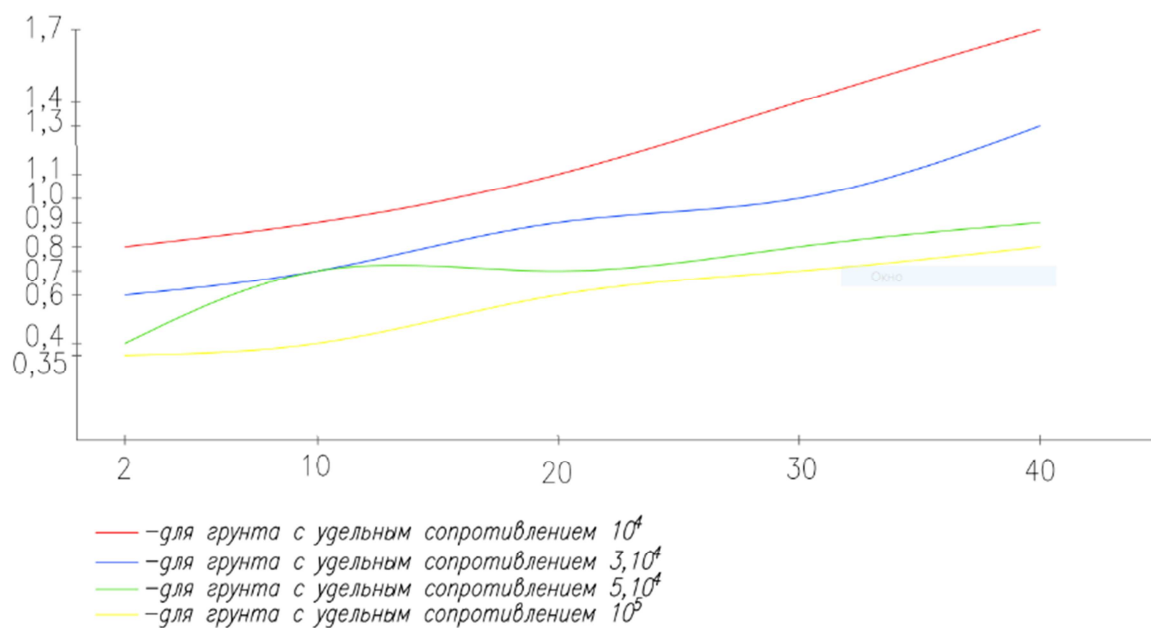


Рис. 4. Приближенное значение импульсных коэффициентов для единичных заземлителей.

Сопротивление растеканию импульсного тока находят по формуле :

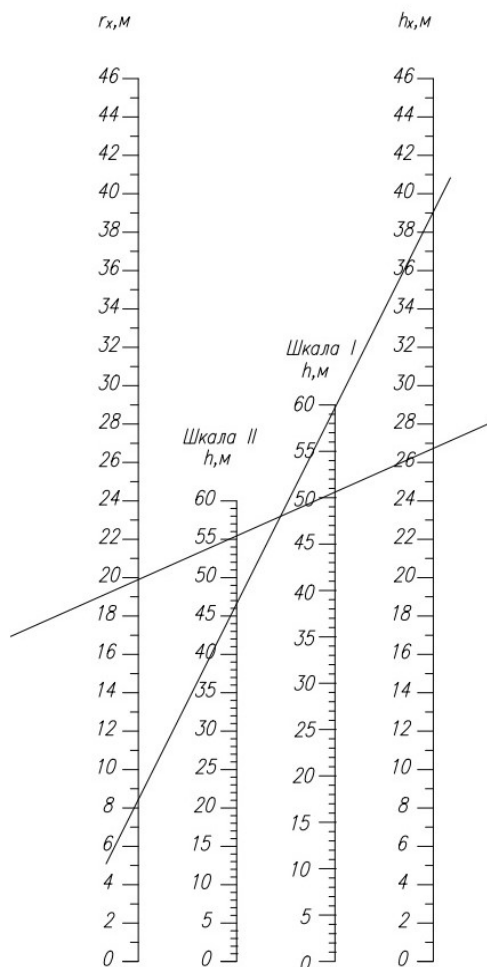
$$R_i = R_3 \alpha_i,$$

(7)

где α_i – импульсный коэффициент.

При расчете молниезащиты для зданий и сооружений определяют высоту молниеотвода h и сопротивление заземляющего контура R_i . Высоту одиночного стержневого молниеотвода находят по формулам (1-7).

Можно высоту одиночного стержневого молниеотвода найти по номограмме (рис. 5). Для этого необходимо знать высоту защищаемого объекта h_x и радиус защиты r_x . Высота молниеприемника h от поверхности земли определяется пересечением прямой, соединяющей точки значений h_x и r_x на крайних шкалах, с одной из средних шкал [2].



$$\text{II-для } \frac{h_x}{r_x} \leq 2,67; \quad \text{II-для } \frac{h_x}{r_x} \geq 2,67;$$

Рис. 5. Номограмма для определения высоты одиночного стержневого молниеотвода высотой до 60 м.

Определим высоту одиночного стержневого молниеотвода для животноводческого здания, параметры которого $h_x=7,3$ м; $r_x=8$ м.

Подставим значения h_x и r_x в формулу (1):

$$8 = 1,5(h - 1,25 \cdot 7,3),$$

откуда $h=14,4$ м.

Найдем высоту одиночного стержневого молниеотвода для складских помещений животноводческого комплекса шириной 5 м и длиной 10 м. Высота зоны защиты $h_x=6$ м.

Определим радиус зоны защиты r_x по формуле:

$$r_x = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} + 1,$$

где a и b – ширина и длина здания, м.

Для нашего случая:

$$r_x = \sqrt{\left(\frac{5}{2}\right)^2 + \left(\frac{10}{2}\right)^2} + 1 = 6,65 \text{ м.}$$

Подставим значение h_x и r_x в формулу (1):

$$6,65 = 1,5(h - 1,25 \cdot 6).$$

Откуда $h=12$ м.

Определим импульсное сопротивление заземлителя грозовой защиты животноводческого помещения, устроенного в суглинистом грунте. Длина полосы 8 м, ширина 60 мм, глубина укладки полосы 1 м.

Сопротивление протяжного заземлителя находим по формуле (7).

Приняв по таблице 25 $\rho=1 \cdot 10^4$, найдем:

$$R_{0,3} = 0,366 \frac{10^4}{800} \log_{10} \frac{2 \cdot 800^2}{60 \cdot 100} = 10,94 \text{ Ом}$$

По таблице 30 для данных условий $\alpha_i=0,9$ и тогда $R_i=0,9 \cdot 10,94=9,87 \text{ Ом}$.

Защита зданий и сооружений II категории молниезащиты выполняется следующими способами [3]:

1. Тросовыми стержневыми молниеотводами.
2. Путем наложения молниеприемной сетки на плоскую кровлю (клетка или щит Фарадея) или использование металлической кровли здания в качестве молниеприемника.

Сетка выполняется из стальной проволоки диаметром 6-8 мм и укладывается на саму кровлю либо под ее гидроизоляционные слои.

Площадь ячеек сетки должна быть $\leq 36 \text{ м}^2$. Узлы скрепляются сваркой. Все элементы здания, сделанные из металла и расположенные непосредственно на крыше, соединяются с молниеприемной сеткой, а все неметаллические части, которые возвышаются над крышей, должны быть оборудованы специальными молниеприемниками, которые также присоединяются к сетке. В этом случае токоотводы также прокладываются через 25 м.

При этом:

а) расстояние от здания до молниеприемника не нормируется
б) наиболее удобным случаем является объединение заземлителей
в) в зданиях, где плиты перекрытий установлены на металлические фермы с прямыми поясами и при этом используются гидроизоляция и малогорючие утеплители, наложение молниеприемной сетки или установка молниеприемников не требуется. Вместо этого должна быть обеспечена постоянная электрическая связь заземлителя с несущим конструктивом – металлическими фермами. Аналогичная система молниезащиты может быть использована с металлическими балками, арками, рамами и пространственными конструкциями.

Таким образом, при проектировании животноводческих комплексов необходимо учитывать категорию огнестойкости строимого или реконструируемого помещения для защиты от пожара и сохранения здоровья животных. Для этого на каждой животноводческой ферме устанавливаются молниеотводы в соответствии с расчетными параметрами. В статье были представлены примеры расчетов различных молниеотводов.

Список литературы:

1. Скрипко А.Н., Мисун Л.В., Дашков В.Н. Анализ влияния грозových проявлений на пожарную опасность животноводческих ферм и комплексов/ Скрипко А.Н., Мисун Л.В., Дашков В.Н. // В журнале: Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. -1(31), 2012. с. 36-43.
2. Базелян Э. М. Вопросы практической молниезащиты / Э. М. Базелян. - Издано компанией «ИМАГ», Москва, 2015 г., 208 с.

3. СН 305-77 Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений. // <https://files.stroyinf.ru> // URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293835/4293835520.pdf> (дата обращения 24.03.2022).

References:

1. Skripko A.N., Misun L.V., Dashkov V.N. Analiz vlijanija grozovyh pojavlenij na pozharuju opasnost' zhivotnovodcheskih ferm i kompleksov/ Skripko A.N., Misun L.V., Dashkov V.N. // V zhurnale: Chrezvychajnye situacii: preduprezhdenie i likvidacija. -1(31), 2012. s. 36-43.

2. Bazeljan Je. M. Voprosy prakticheskoj molniezashhity / Je. M. Bazeljan. - Izdano kompaniej «IMAG», Moskva, 2015 g., 208 s.

3. SN 305-77 Instrukcija po proektirovaniju i ustrojstvu molniezashhity zdaniij i sooruzhenij. // <https://files.stroyinf.ru> // URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293835/4293835520.pdf> (data obrashhenija 24.03.2022).