

УДК 614.843.8

## ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА МОЛНИЕЗАЩИТЫ С РАЗРАБОТКОЙ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ГРОВОЗОВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ НА ЗДАНИЯ

А.Н. Скрипка\*, Л.В. Мисун, д-р техн. наук, проф., В.В. Кобяк, канд. техн. наук

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС республики Беларусь г. Минск

### ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Поступила в редакцию 13.06.2016  
Прошла рецензирование: 25.07.2016

#### Ключевые слова:

грозовые проявления, удар молнии, молниезащита, здания, сооружения, пожар, производственная безопасность

### АННОТАЦИЯ

Несмотря на принимаемые меры, не снижается количество пожаров от грозовых проявлений в зданиях, ухудшаются условия производственной безопасности, увеличиваются масштабы последствий от ударов молнии. В работе приводится обоснование оптимальных характеристик технических средств защиты от прямых ударов молнии зданий и сооружений с разработкой образцов молниеотводов. Предложены рекомендации, в основе которых содержатся методы определения зон защиты молниеотводов с учетом опыта их эксплуатации

В Республике Беларусь грозовые проявления относятся к опасным метеорологическим явлениям. Ежегодно в стране в грозовой сезон происходит в среднем до 8 пожаров в день. Более 90% пожаров в зданиях и сооружениях вызвано прямым ударом молнии. Основными причинами пожароопасной обстановки, вызванной грозовыми проявлениями, являются использование не эффективных мер молниезащиты (стержневых молниеотводов); отсутствие учета опыта её эксплуатации, в том числе отрицательного; пассивная позиция субъектов хозяйствования к поддержанию средств защиты от грозовых разрядов в надлежащем состоянии. Отсутствие научно-обоснованных норм, необходимых для проведения экспертизы, создает ряд трудностей при определении эффективности молниезащиты зданий и подводит к целесообразности разработки конкретных действенных мер и средств в области пожарной безопасности и охраны труда, регламентирующих исключительно вопросы молниезащиты.

Теоретические основы молниезащиты были внедрены в практику в середине прошлого столетия по результатам трудов А. Акопяна, И.С. Стекольниковой, Э.М. Базеляна [1-3]. Вопросами безопасности работников и защиты производственных объектов от воздействия грозовых проявлений в разное время занимались также Ю.П. Райдер, Н.М. Ермолаев, Л.В. Загоровский, В.П. Ларионов, И.М. Мишкин, Р.Н. Карякин, В.М. Куприенко и др. [3-8]. Следует отметить, что объектом их исследований было поведение лидера молнии

относительно молниеотвода. При этом не рассматривалась взаимозависимость в системе «молниеотвод – производственная среда – объект защиты» с учетом особенностей объекта защиты, конструктивных особенностей средства защиты. В республике до настоящего времени не проводилось обобщения опыта поражениями молниями объектов с целью установления факторов, отрицательно влияющих на защитные параметры молниезащиты; отсутствует опыт внедрения рациональных технических решений по молниезащите в нормативно-техническую базу республики.

Анализ условий эксплуатации свидетельствует, что более половины объектов эксплуатируются с нарушением требований молниезащиты. В 63% случаев к ним относился конструктивный недостаток, в 37% – организационные нарушения, связанные с низкой организацией производственной безопасности и охраны труда. Более половины нарушений молниезащиты связаны с отклонением от оси защиты и падением стержневых молниеотводов.

На фоне анализа нарушений в области молниезащиты, приводящих к пожарам, исследования по совершенствованию характеристик молниезащиты зданий в республике стали актуальными. Целью их проведения послужило снижение влияния грозовых проявлений на здания, в том числе путем обоснования оптимальных технических средств защиты от прямых ударов молнии с разработкой образца молниеотвода и

\* E-mail: skripko32@yandex.by (А. Скрипка)

рекомендацій по молниезащите зданий. Работа выполнялась в соответствии с важными практическими задачами, связанными с повышением производственной безопасности и снижением количества пожаров от ударов молнии [9].

Обзор ранее проводимых исследований и патентных баз позволил установить, что ежегодной статистике нарушений в области молниезащиты способствует недостаток внедрения рациональных технических решений по защите зданий от прямых ударов молнии, применении неэффективных способов молниезащиты. Вместе с этим в республике до настоящего времени не проводилось обобщения опыта наблюдения за поражениями молниями объектов с целью установления факторов, отрицательно влияющих на защитные параметры молниезащиты, уточнения и совершенствования этих параметров.

Анализ статистических данных о пожарах, собственный опыт позволили сделать вывод, что безопасное функционирование здания во время грозových проявлений зависит от большого количества факторов различной природы. Для проведения исследований по обоснованию наиболее существенных факторов, влияющих на устойчивость здания к возникновению пожаров от ударов молнии, обеспечению требований производственной безопасности обслуживающего персонала использовался отсеивающий эксперимент на основе плана Плаккетта-Бермана [10]. Путем проведения отсеивающих экспериментов было определено, что конструкция молниеотвода в верхней его точке должна иметь сечение не менее 50 мм<sup>2</sup>. Защита зданий и сооружений, как правило, должна выполняться отдельно стоящими молниеотводами. Конструктивное исполнение молниеотвода должно предусматривать меры, исключающие падения и отклонения мачты молниеотвода от установленной проектом оси защиты.

По результатам теоретических исследований необходимо отметить, что объем зоны защиты, образованной молниеотводом, должен иметь избыточную величину по отношению к объему объекта защиты. При этом высота молниеотвода над защищаемой поверхностью (м) должна определяться из выражения 1:

$$H_m = \frac{2\sqrt{2,36 \cdot H_{o.z} \cdot \cos \beta} - 1,5104 \cdot H_{o.z}}{2(1 - \sqrt{2,36 \cdot \cos \beta})}, \quad (1)$$

где  $H_{o.z}$  – высота объекта защиты, м;  
 $L_{o.z}$  – длина (ширина) объекта защиты, м.

При заданной высоте объекта защиты ( $H_{o.z}$ ), определяемой по формуле 1, высоте молниеотвода ( $H_m$ ) и постоянной величине угла  $\beta = 53$  Град. по рисунку 1 определяется высота над защищаемой поверхностью ( $H_v$ ), необходимая для построения зоны защиты по требованиям [11-12].

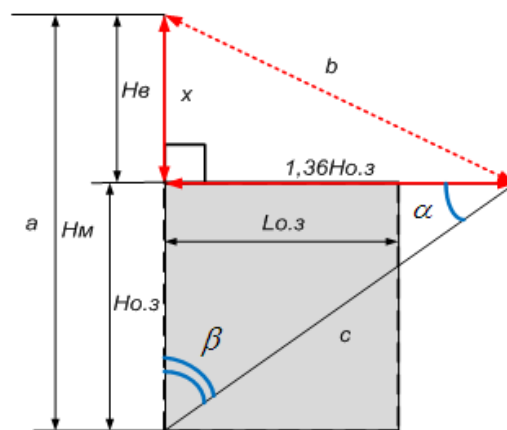


Рисунок 1 – Графическое выражение высоты над защищаемой поверхностью

$H_{o.z}$  – высота объекта защиты, м;  $H_v$  – высота молниеотвода над защищаемой поверхностью объекта защиты, м;  $H_m$  – высота молниеотвода, установленная проектом, м;  $\beta = 90$ ;  $\alpha$  – угол защиты, образованный высотой молниеотвода и наклонной линией, между крайними точкам зоны защиты молниеотвода, Град;  $\alpha = \arctg 0,74$ .

Что касается заземлителя как элемента «производственная среда», следует отметить, что параметры его конфигурации должны обеспечивать безопасные условия растеканию тока молнии в земле, которые зависят непосредственно от его конструкции, материала заземлителя и электротехнических характеристик грунта.

Результатами отсеивающих экспериментов установлено, что необходимые безопасные условия по растеканию тока молнии в земле зависят от отношения длины проводника заземлителя к нормируемому значению сопротивления заземлителя ( $R_n$ ). При этом если длину проводника, выразить через  $11,7R_n$ , тогда количество вертикальных электродов заземлителя (шт.) при требуемом сопротивлении заземлителя возможно определить выражением:

$$N_g = \frac{0,03128 \cdot k_1 \cdot \rho \cdot \left( \lg 24,6316 \frac{R_n}{d} + \frac{1}{2} \lg \left( \frac{4t - 11,7R_n}{4t + 11,7R_n} \right) \right)}{R_n^2 \cdot \eta_g}, \quad (3)$$

где  $k_1$  – климатический коэффициент для вертикальных электродов;  
 $\rho$  – удельный расчётный коэффициент сопротивления двухслойного грунта, Ом·м;  
 $R_n$  – нормируемого значения сопротивлению заземлителя, Ом;  
 $d$  – диаметр стержня заземлителя, м;  
 $t$  – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м.

$\eta_g$  – коэффициент использования вертикальных заземлителей.

При заданной длине вертикальных электродов заземлителя, определенному по формуле (3), и их количеству ( $N_g$ ) выражается длина горизонтального заземлителя (м):

$$L_z = 11,7R_n - L_g \cdot N_g, \quad (4)$$

где  $L_v$  – длина вертикальных электродов заземлителя, устанавливается по каталожным либо справочным сведениям, м.

После установления необходимых длин вертикальных и горизонтальных стержней, проектировщик либо эксперт с учетом требований по конструктивному исполнению типов заземлителей по [11, 12] определяется с конфигурацией и типом заземлителя.

Обработкой результатов наблюдений за молниезащитой зданий установлено, что стержневые молниеотводы в процессе эксплуатации испытывают различного рода деформации, из-за чего изменяются зоны защиты, снижается эффективность приема прямого удара молнии и в результате чего происходят пожары. Для изучения величин отклонений молниеотводов в рамках научно-технической работы [9, 10] в НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси были проведены экспериментальные исследования функциональной устойчивости молниеотвода. В процессе экспериментов устанавливались периодичность и метод их проведения, способы фиксации и проводилась обработка результатов исследований.

Было установлено, что с увеличением высоты молниеотвода над защищаемой поверхностью производственного объекта пропорционально уменьшается размер зоны защиты. Формирование оси зоны защиты молниеотвода фиксируется преимущественно в первый год эксплуатации. Функции отклонений молниеотводов высотой от 1 до 3 м носят

линейный характер, от 3 до 7 м – логарифмический вид, высотой с 7 и до 10 м – экспоненциальный вид.

Результаты проведенных исследований позволили конструктивно усовершенствовать средства защиты от прямого удара молнии и были предложены новые технические решения для защиты от прямых ударов молнии [13-14] (рисунок 2).

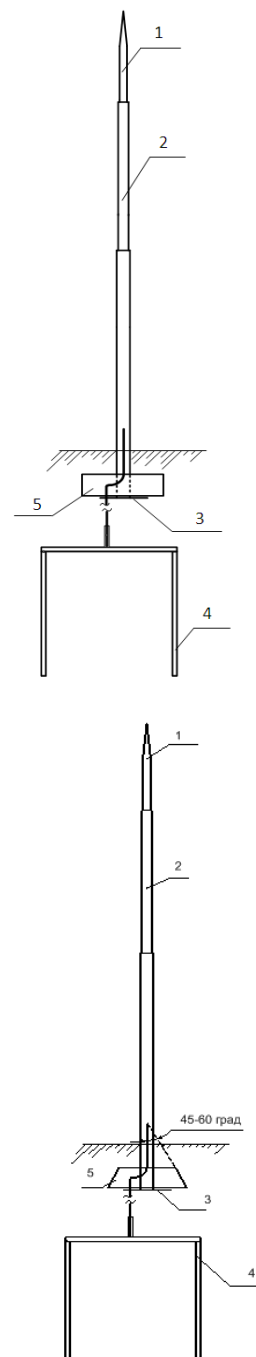


Рисунок 2 – Молниеотводы с повышенными характеристиками устойчивого функционирования:

- 1 – молниеприемник; 2 – токоотвод; 3 – опора;
- 4 – стержень-заземлитель; 5 – бетонный груз

Так в отличие от известных конструкций молниеотводов технические решения дополнены бетонным грузом в виде кругового конуса или цилиндра с центральным вертикальным осевым отверстием. Груз за счет своей формы имеет пониженный центр тяжести, что обеспечивает увеличение устойчивости конструкции молниеотвода и в итоге позволяет минимизировать отклонения, от которых зависит стабильность параметров защиты молниеотвода (размера зоны защиты угол защиты) и, соответственно, эффективность работы молниеотвода, в результате чего повышается производственная безопасность. Также были установлены отличные от действующих в нормативных документах [11-12] величины параметров зоны защиты (угол

защиты, размер зоны защиты) молниеотводов различных высот с учетом их эксплуатации.

По результатам проведенных экспериментов были разработаны рекомендации по снижению влияния грозových проявлений на здания и сооружения в основу которых положены аналитический (таблица) и графический (рисунок 3) методы определения размеров зон защиты молниеотводов различных высот и уровней молниезащиты. При использовании аналитического метода на первом этапе определяются наиболее высокие точки объекта защиты, затем под выбранный параметр подбирается высота молниеотвода. Объект считается защищенным, если полностью находится в зоне защиты молниеотвода.

Таблица – Определение размеров зон защиты молниеотводов с учетом опыта эксплуатации

| Высота над защищаемой поверхностью ( $H_v$ ), м | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|---|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Размер зоны защиты молниеотвода:                |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| I уровня, м                                     | 2,829 | 5,711  | 6,623  | 7,365  | 8,097  | 8,648  | 8,989  | 9,178  | 9,599  | 9,547  |
| II уровня, м                                    | 3,419 | 6,871  | 8,593  | 9,745  | 10,497 | 11,028 | 11,819 | 12,448 | 12,939 | 13,307 |
| III уровня, м                                   | 4,259 | 8,561  | 10,343 | 12,155 | 13,517 | 14,598 | 15,419 | 16,048 | 16,529 | 17,587 |
| IV уровня, м                                    | 5,069 | 10,191 | 11,913 | 13,795 | 15,167 | 17,178 | 17,939 | 19,448 | 19,809 | 20,997 |

Разработанный графический метод определения зон защиты молниеотводов в зависимости от высоты над защищаемой поверхностью и уровня молниезащиты является

альтернативой методу, изложенному в действующих требованиях по молниезащите [11] (рисунок 4).

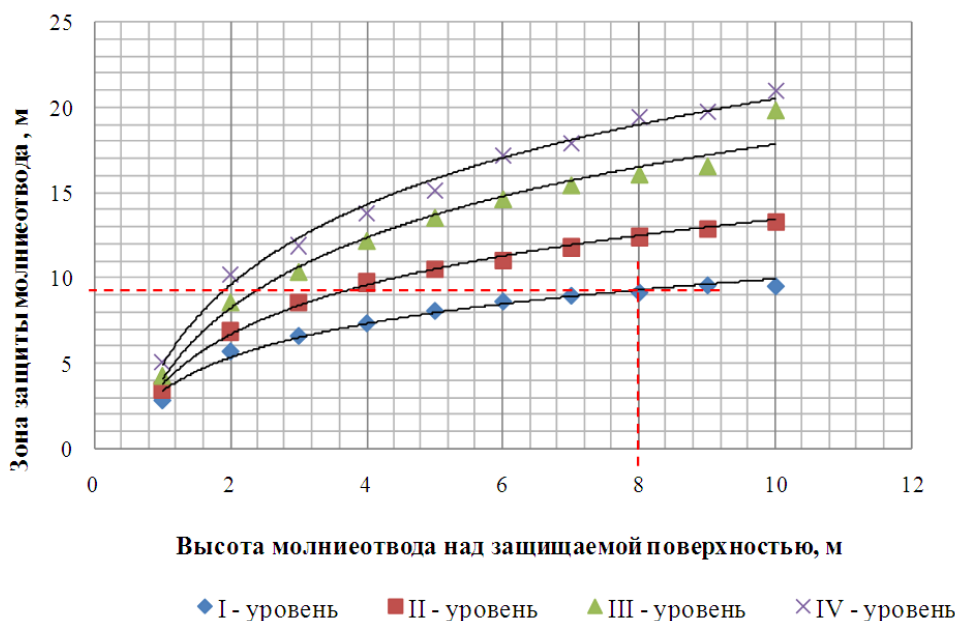
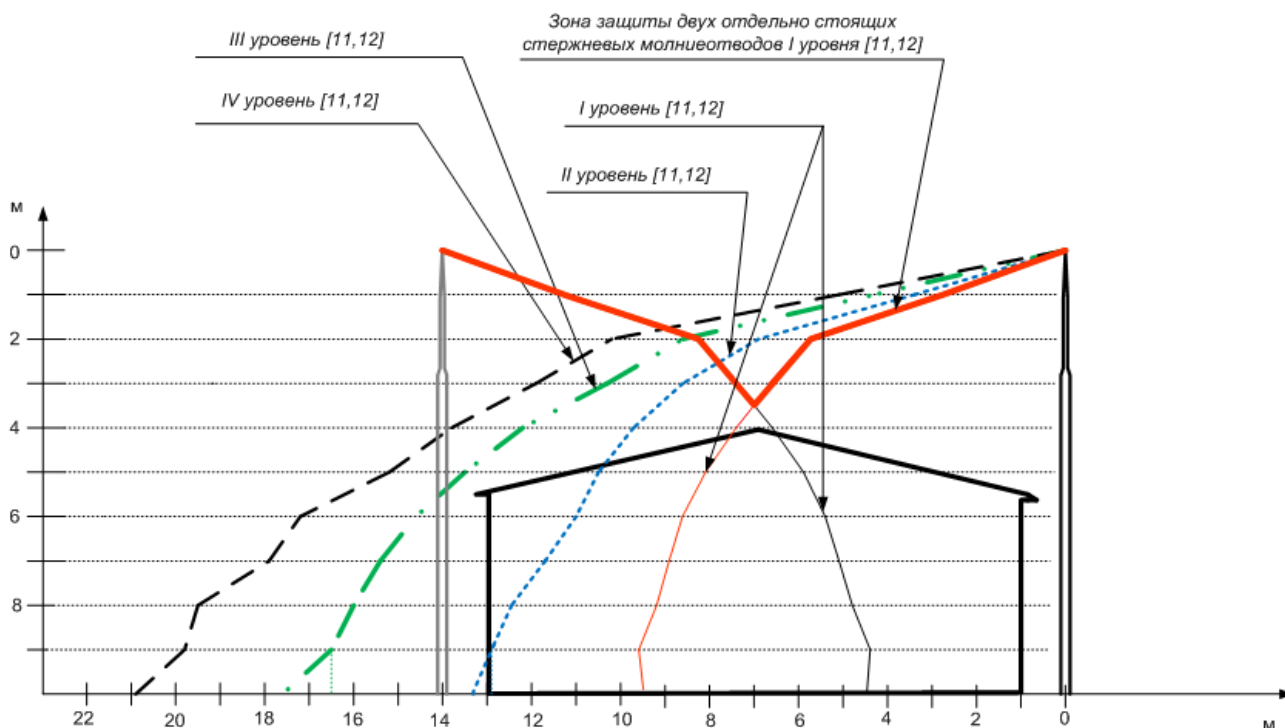


Рисунок 3 – Графический метод определения размеров зон защиты молниеотводов

Метод не потребує математических вичислень, призначений для експрес-оценки. Кривими зображені залежності розмірів зони захисту молниеотводів від висоти та рівня молниезахисту. По осі ординат графика відкладені величини зони захисту молниеотводів, по осі абсцисс їх висоти. З рисунка 3 видно, що молниеотвод висотою 8 м і I рівнем молниезахисту (нижня крива), орієнтовочно забезпечує розмір зони захисту на рівні захищеної поверхні в 9,2 м.

В методикі розрахунок зон захисту молниеотводів по вимогам [11] відсутні вказівки по вибору раціонального місця розташування окремих стоячих молниеотводів, зони захисту яких мають

складні геометричні форми, що суттєвим чином накладається на оцінку об'єктивності захисту будівель та споруд. В залежності від рівня молниезахисту, висоти стержневого молниеотвода та відстані до об'єкта захисту, шляхом накладення зон захисту молниеотвода на габарити об'єкта, встановлюється оптимальна кількість молниеотводів захищеного об'єкта. Для захисту об'єкта висотою 6 м (рисунки 3 та 4) вимагається установка одного молниеотвода висотою 10 м з рівнем молниезахисту не нижче III. Для молниезахисту II або I рівня необхідно два окремих стоячих молниеотвода висотою не менше 10 м, розташованих на відстані в 1 м від захищеного об'єкта.



Рисунки 3 та 4 – Схематичне зображення вибору місця розташування окремих стоячих молниеотводів відносно захищеного будівлі

Наукова та практична значимість проведеної роботи заключається в обґрунтуванні конструктивних особливостей технічних засобів захисту від прямих ударів, уточненні його захисних параметрів з урахуванням досвіду експлуатації, а також розробці методів визначення зон захисту молниеотводів різних висот та рівнів.

Результати досліджень використані для розробки нормативно-технічної бази республіки при встановленні критеріїв визначення необхідності установки молниезахисту, способів розміщення молниеотводів відносно об'єктів захисту.

Рекомендації можуть бути використані при актуалізації загальних та спеціальних вимог по молниезахисті будівель та споруд; рекомендуються при розробці довідкового, методического матеріалу для проєктувальників, зайнятих проєктуванням молниезахисту; спеціалістів відділів охорони праці об'єктів господарювання при підготовці засобів молниезахисту к грозовому сезону, а також в повсякденній діяльності органів та підрозділів по надзвичайним ситуаціям

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Акопян, А.А. Исследование защитного действия молниеотводов. – Труды ВЭИ, 1940, вып. 36.
2. Стекольников, И.С. Грозозащита промышленных сооружений и зданий / И.С. Стекольников, В.С. Комельков, А.Ф. Богомолов и др. – М.: Изд-во АН СССР, 1951.
3. Базелян, Э.М. Физика молнии и молниезащиты / Э.М. Базелян, Ю.П. Райдер. – М. : Физматлит, 2001. – 319 с.
4. Ермолаев Н.М., Загоровский Л.В., Мамина Н.М. Пособие по устройству грозозащиты строений в сельской местности. Москва: Минкомхоз РСФСР, 1961, 98 с.
5. Ларионов, В.П. Защита жилых домов и производственных сооружений от молнии. 2-е изд. - М.: Энергия, 1966.
6. Мишкин, И.М. Молниезащита сельскохозяйственных объектов. Москва: Колос, 1979, 104 с.
7. Карякин, Р.Н. Справочник по молниезащите / Р.Н.Карякин. – М: Энергосервис, 2005. – 879 с.
8. Куприенко, В.М. Методика и результаты испытаний по определению угла защиты для отдельно стоящих стержневых и тросовых молниеотводов. – Вестник Национального технического университета «ХПИ», 2006, № 17.
9. Скрипко, А. Н. Научное обоснование оптимальных технических средств защиты от прямых ударов молнии зданий и сооружений, разработка экспериментального отечественного образца молниеотвода / А. Н. Скрипко, Л. В. Мисун, В. А. Качан; НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси (Отчёт о НИР № ГР 20140450).— Мн., 2014. — 83 с. — Библиогр.: с. 82–83 (21 назв.). — Рус. — Деп. в ГУ «БелИСА» 13.03.2015 № Д201505.
10. Мисун, Л. В. Снижение влияния грозовых проявлений на объектах агропромышленного комплекса / Л. В. Мисун, А. Н. Скрипко. – Минск : БГАТУ, 2015. – 116 с.
11. ТКП 336-2011 Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций. – Введ. 01.11.2011. – Минск: филиал «Информационно-издательский центр ОАО «Экономэнерго», 2011. – 187 с.
12. IEC 62305-1: 2006. Protection against lightning – Part 1: General principles.
13. Молниеотвод: пат. 10701 Респ. Беларусь, МПК Н 02 Н 9/06 (2006.01) Н 02G 13/00 (2006.01) / А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, В.А. Агейчик, В.В. Кобяк; заявитель Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – № u20080793; заявл. 06.01.2015; опубл. 30.06.2015.
14. Молниеотвод с повышенными характеристиками устойчивого функционирования: пат. 10767 Респ. Беларусь, МПК Н 02G 13/00 (2006.01) / А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, В.А. Агейчик, В.В. Кобяк; заявитель Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – № u20140413; заявл. 14.11.2014; опубл. 30.08.2015.

## **ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА МОЛНИЕЗАЩИТЫ С РАЗРАБОТКОЙ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ГРОЗОВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ НА ЗДАНИЯ**

*А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, д-р техн. наук, проф., В.В. Кобяк, канд. техн. наук  
Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС  
республики Беларусь г. Минск*

---

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

грозовые проявления, удар молнии, молниезащита, здания, сооружения, пожар, производственная безопасность

### **АННОТАЦИЯ**

Несмотря на принимаемые меры, не снижается количество пожаров в зданиях от грозových проявлений, ухудшаются условия производственной безопасности, увеличиваются масштабы последствий от ударов молнии. В работе приводится обоснование оптимальных характеристик технических средств защиты от прямых ударов молнии зданий и сооружений с разработкой образцов молниеотводов. Предложены рекомендации, в основе которых содержатся методы определения зон защиты молниеотводов с учетом опыта их эксплуатации

## **STUDY OF LIGHTNING PROTECTION CHARACTERISTICS AND DEVELOPMENT OF TECHNICAL SOLUTIONS AND RECOMMENDATIONS ON REDUCTION OF LIGHTNING STROKE CONSEQUENCES ON BUILDINGS**

*A. Skripko, L. Misun, Doc. of Sc. (Eng.), Prof, V. Kobayak, Cand. of Sc. (Eng.)  
Institution "Research Institute of Fire Safety and Emergencies", Ministry for Emergencies, Republic of Belarus, Minsk*

---

### **KEYWORDS**

existence of lightning, lightning, lightning protection, buildings, structures, fire, safety

### **ANNOTATION**

Despite the action taken, the number of indoor fires occurred as a result of lightning is not decreased, conditions of occupational safety are getting worse, and consequences from lightning stroke are increased. Research on optimal characteristics of buildings protection equipment from direct lightning stroke and development of lightning rod samples are presented in this paper. The recommendations based on methods for determination of lightning rod protection zones taking into account the experience of the rods operation are offered.