

Совершенствование системы управления охраной труда является одним из важнейших вопросов и благотворно влияет на стабильность всего предприятия.

### Литература

1. Кукин, П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев. – М.: Высшая школа, 2003. – 514 с.
2. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов [и др.]; под общ. ред. С.В. Белова. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 2005. – 431 с.

УДК 614.843.8

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ АПК ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРОЗОВЫХ РАЗРЯДОВ

**Л.В. Мисун**, д.т.н., доц., **А.Н. Леонов**, д.т.н., доц.

*Учреждение образования*

«Белорусский государственный аграрный технический университет»

*г. Минск, Республика Беларусь*

**А.Н. Скрипко**

*Учреждение*

«Научно-исследовательский институт пожарной безопасности  
и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь

*г. Минск, Республика Беларусь*

В Республике Беларусь, несмотря на принимаемые меры, не снижается количество пожаров на объектах АПК, вызванных грозовыми разрядами, увеличиваются масштабы последствий грозовых проявлений. При этом пожарами уничтожаются здания и сооружения, склады грубых кормов и льносырья, происходит гибель животных и птиц. Значительная часть пожаров сопровождается материальным ущербом на миллиарды белорусских рублей. Большая часть пожаров от грозовых разрядов ( $\approx 80\%$ ) составляют случаи пожаров в зданиях и сооружениях в сельской местности. Наиболее значимыми объектами, терпящими от пожаров в сельской местности, являются молочно-товарные и птицеводческие фермы, сенохранилища, склады грубых кормов и зерна [1].

Анализ статистических данных о пожарах на объектах АПК и собственный опыт позволяют сделать вывод, что безопасное функцио-

нирование объекта во время грозových разрядов зависит от большого количества факторов различной природы. Это обстоятельство делает целесообразным постановку отсеивающих экспериментов, позволяющих на первом этапе исследований выявить наиболее существенные факторы, влияющие на устойчивость объекта к возникновению пожаров от грозových разрядов (параметр  $Y$ ):

$$Y = 1 - \frac{n_{\text{пож}}}{N_{\text{пор}}}, \quad (1)$$

где  $n_{\text{пож}}$  – возникающие на объекте пожары;  
 $N_{\text{пор}}$  – общее количество грозопоражений.

В таблице 1 приведены факторы, различная комбинация которых оказывает влияние на параметр  $Y$ : два фактора – количественные –  $X_1$  (степень огнестойкости объекта) и  $X_2$  (высота здания), один – качественный –  $X_3$  (расположение молниеотвода). При этом отдельно стоящим молниеотводом считается молниеотвод, расположенный от защищаемого здания или сооружения на расстоянии от 3 м.

**Таблица 1 – Натуральные и нормированные значения факторов устойчивого функционирования объекта АПК при воздействии грозových разрядов**

Наименование фактора	Нормированные значения факторов $X_r$ , $r = 1, 2, 3$	
	$X_r = +1$	$X_r = -1$
Степень огнестойкости объекта – $x_1$	I – IV	V – VIII
Высота здания – $x_2$ , м	$\leq 5$	$> 5$
Расположение молниеотвода – $x_3$	отдельно стоящий	расположенный в застройке

Для постановки отсеивающего эксперимента был взят план полного факторного эксперимента типа  $2^3$  с количеством опытов  $N = 2^3 = 8$  и числом дублей в каждом опыте  $n = 3$ . В результате обработки данных методами математической статистики [2] получено адекватное уравнение регрессии первого порядка:

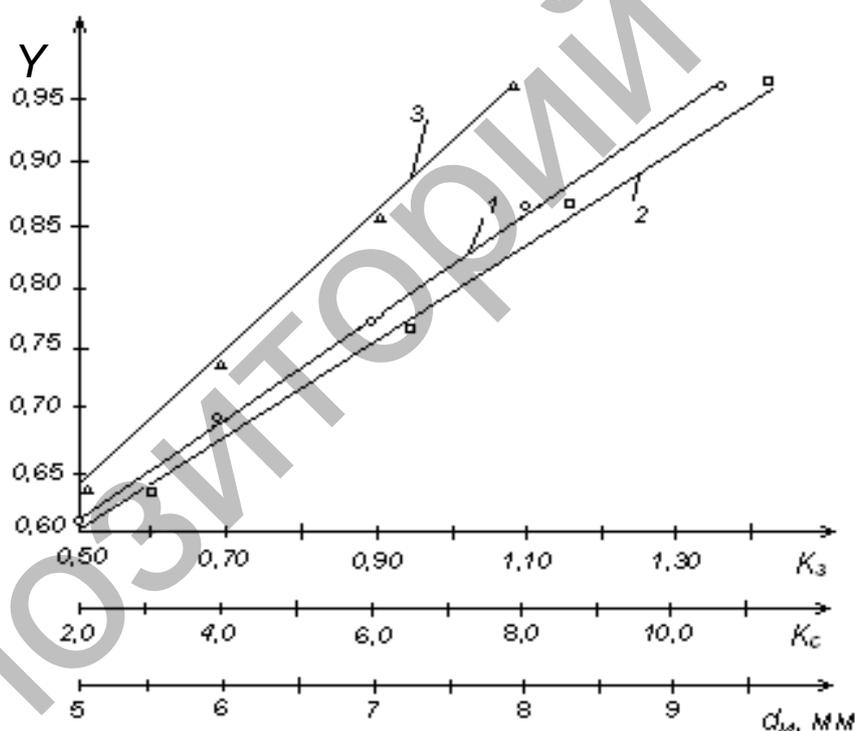
$$Y = \begin{cases} 0,969 + 0,013X_1 + 0,007X_2, & \text{если } X_3 = +1; \\ 0,947 + 0,013X_1 + 0,007X_2, & \text{если } X_3 = -1. \end{cases} \quad (2)$$

Анализ результатов отсеивающего эксперимента позволил сделать следующие выводы:

а) молниеотвод, стоящий отдельно от защищаемого объекта ( $X_3 = +1$ ), эффективнее, чем молниеотвод, расположенный непосредственно на объекте ( $X_3 = -1$ );

б) максимальная устойчивость объекта к грозопоражению ( $\approx 99\%$ ) достигается в том случае, если объект относится к I–IV степени огнестойкости ( $X_1 = +1$ ), а его высота не превышает 5 м ( $X_2 = +1$ ).

На втором этапе исследований была поставлена задача – создать математическую модель, которая позволит прогнозировать эффективность функционирования молниеотвода. Предварительные исследования, а также анализ статистических данных пожаров в Республике Беларусь за последние 10 лет позволили установить наиболее существенные факторы, влияющие на этот процесс (рисунок 1): коэффициент защиты молниеотвода (отношение зоны защиты молниеотвода к его высоте); коэффициент сопротивления заземлителя (отношение длины заземлителя к нормируемому сопротивлению заземления); площадь сечения молниеотвода, а также установить уровни и интервалы их варьирования (таблица 2).



- 1 – от коэффициента защиты молниеотвода ( $K_3$ );
- 2 – от коэффициента сопротивления заземлителя ( $K_c$ );
- 3 – от диаметра сечения молниеотвода ( $d_m$ ), мм

**Рисунок 1 – Эффективность молниеотвода в зависимости:**

Таблица 2 – Факторы, уровни и интервалы их варьирования, влияющие на эффективность молниезащиты

Наименование факторов	Коэффициент защиты молниезащиты, $K_3$	Коэффициент сопротивления заземлителя, $K_c, м/Ом$	Площадь сечения молниезащиты, $d_m, мм^2$
Основной уровень, $x_{r0}$	0,96	6,7	30
Интервал варьирования, $\Delta x_r$	0,4	4,8	20
Верхний уровень, $X_r = +1$	1,36	11,5	50
Нижний уровень, $X_r = -1$	0,56	1,9	10
Формулы перевода натуральных значений факторов в нормированные и обратно	$X_1 = \frac{x_1 - 0,96}{0,4}$ $x_1 = 0,96 + 0,4 \cdot X_1$	$X_2 = \frac{x_2 - 6,7}{4,8}$ $x_2 = 6,7 + 4,8 \cdot X_2$	$X_3 = \frac{x_3 - 30}{20}$ $x_3 = 30 + 20 \cdot X_3$

Моделирование изучаемого объекта выполнялось с помощью трехфакторного неполного квадратного уравнения регрессии [2]. Для нахождения коэффициентов приведенного уравнения регрессии использовался план полного факторного эксперимента (ПФЭ) с числом опытов  $N_3 = 2^3 = 8$ . В таблице 3 приведены экспериментальные данные и результаты их обработки методами математической статистики.

Таблица 3 – Результаты эксперимента для  $k = 3$

$N$	$Y_{1j}$	$Y_{2j}$	$Y_{3j}$	$\bar{Y}_j$	$S_i^2$	$Y_j^p$	$(\bar{Y}_j - Y_j^p)^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,605	0,590	0,610	0,602	$1,08 \cdot 10^{-4}$	0,598	$1,41 \cdot 10^{-5}$
2	0,780	0,780	0,820	0,793	$5,33 \cdot 10^{-4}$	0,793	$6,94 \cdot 10^{-5}$
3	0,720	0,705	0,730	0,718	$1,58 \cdot 10^{-4}$	0,718	$6,94 \cdot 10^{-5}$
4	0,910	0,919	0,900	0,910	$9,03 \cdot 10^{-5}$	0,914	$1,53 \cdot 10^{-5}$
5	0,660	0,645	0,665	0,657	$1,08 \cdot 10^{-4}$	0,658	$8,4 \cdot 10^{-5}$

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
6	0,850	0,840	0,860	0,850	$1,00 \cdot 10^{-4}$	0,853	$8,51 \cdot 10^{-5}$
7	0,775	0,765	0,785	0,775	$1,00 \cdot 10^{-4}$	0,778	$8,51 \cdot 10^{-5}$
8	0,980	0,970	0,990	0,980	$1,00 \cdot 10^{-4}$	0,973	$4,56 \cdot 10^{-5}$
$\sum_{j=1}^8 S_j^2 = 1,299 \cdot 10^{-3}$						$\varphi = \sum_{j=1}^8 (\bar{Y}_j - Y_j^p)^2 = 9,283 \cdot 10^{-5}$	

В результате статистической обработки результатов эксперимента уравнение, позволяющее прогнозировать эффективность функционирования молниеотвода, примет следующий вид:

$$Y = 0,786 + 0,098 \cdot X_1 + 0,060 \cdot X_2 + 0,030 \cdot X_3. \quad (3)$$

Анализ результатов отсеивающего эксперимента на втором этапе исследований позволил сделать следующие выводы: максимальная эффективность функционирования молниеотвода достигается при значениях таблицы 2:  $K_z = 1,36$ ,  $K_c = 1,15$ ,  $d_m = 50$  мм.

### Выводы

1. Результаты проведенных исследований показали, что максимальная устойчивость объекта АПК к возникновению пожаров от грозových разрядов достигается, когда здание высотой не более 5 м относится к I–IV группе по степени огнестойкости и имеет отдельно установленный молниеотвод.

2. Установлено, что наилучшая молниезащита ( $\approx 97$  %) обеспечивается, когда молниеотвод имеет площадь сечения  $50 \text{ мм}^2$ , а значения коэффициентов защиты молниеотвода и сопротивления заземлителя равны 1,36 и 11,5 соответственно.

### Литература

1. Скрипко, А.Н. Анализ влияния грозových проявлений на пожарную опасность животноводческих ферм и комплексов / А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, В.Н. Дашков // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2012. – № 1. – С. 37–43.

2. Леонов, А.Н. Основы научных исследований и моделирования / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис. – Минск: БГАТУ, 2010. – 276 с.