

## АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ И СТЕПЕНИ РИСКА ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ УКРАИНЫ

*Журавель Е.А.*

*Донецкий государственный технический университет*

*olga@elf.dgtu.donetsk.ua*

*The analysis of electrical safety in mining industry of Ukraine within eight years is carried out. Risk degree of humans hurtance with electric current, when electrical equipment is in operation, is determined. Standards for frequency of appearance of facts when human has been hurt with electric current within a year are suggested. Usage of these standards will allow to exclude the fact of hurtance with electric current almost in any case.*

Производственный электротравматизм - это сложное явление, которое возникает в системе человек - электроустановка-среда и охватывает все аспекты и стороны этой системы. Понимание сущности и причин электротравматизма необходимо не только узкому кругу специалистов и лицам, занимающимися рассмотрением и расследованием несчастных случаев, но и всем работающим в электроустановках и организующим в них работы [1].

В электроэнергетической отрасли электротравматизм заканчивается летальным исходом в каждом втором случае [2]. Случаи поражения электрическим током на производстве составляют 11% всех травм, в электроэнергетической отрасли - около 30%. Общее число погибающих от электротравм составляет 40% смертельных исходов в структуре всех травм. В мире только от электрических травм ежегодно погибают 25 тыс. чел., в том числе на производстве - около 15 тыс. чел., т.е. почти 60% [3].

Анализ смертельных поражений электрическим током в электроустановках производственных зданий показал, что в 1996 г. в РФ частота смертельного электротравматизма достигла  $10 \cdot 10^{-6}$  [4].

Поэтому существующее состояние электробезопасности можно считать неудовлетворительным.

Анализ статистических данных МакНИИ об электротравматизме в подземных выработках угольных шахт отрасли за период с 1991 по 1998 г.г. свидетельствуют о том, что электротравматизм наблюдается в основном (73,5%) в установках напряжением до 1000 В значительный удельный вес электротравм приходится на кабельные сети (25,5%), пусковую и коммутационную аппаратуру (18,4%), а также на сети контактной электровозной откатки (18,4%) (см. табл.).

Причинами электротравм в основном являются ремонтно-монтажные работы проводимые под напряжением при открытых крышках и разблокированных аппаратах.

При эксплуатации кабельных сетей поражение человека электрическим током в основном наступает при выполнении ремонтных работ вследствие прикосновения человека к токоведущим жилам, случайно находящимся под напряжением, или при случайном прикосновении человека к кабелю с поврежденной изоляцией.

Аналогичные причины имеют место при эксплуатации электрооборудования (4,1%) и кабелей (22,4%) напряжением свыше 1000 В (см. табл.).

Анализ интервалов времени между поражениями человека электрическим током показал, что они не противоречат гипотезе об экспоненциальной функции распределения вероятностей от каждого вида электрооборудования. Проверка гипотезы о виде функции распределения осуществлялась по критерию согласия Бартлетта [5]. Результаты обработки статистической информации приведены в таблице.

Под риском или степенью риска предполагается рассматривать сочетание частоты (вероятности) и последствий конкретного опасного события [6].

Принято различать:

- индивидуальный риск - вероятность гибели человека при данном виде деятельности;
- социальный риск - зависимость числа погибших людей от частоты возникновения событий, вызывающего поражение этих людей [6].

Под риском в данной работе будем понимать число поражений человека электрическим током в единицу времени при эксплуатации и обслуживании определенного вида электрооборудования.

В зарубежной практике при решении производственных задач считается приемлемым значением индивидуального риска  $1 \cdot 10^{-8} \frac{1}{год}$ . Индивидуальный риск больше чем  $1 \cdot 10^{-6} \frac{1}{год}$  - неприемлем [6].

Поэтому за нормируемый уровень степени риска всего установленного в подземных выработках электрооборудования примем значение  $10^{-6} \frac{1}{год}$  [7].

Таблица - Распределение случаев поражения людей электрическим током и интенсивность их появления.

Но ме р i- той гру пп ы эле кт ро обо ру до ва ни я	Электрооборудование	Среднее число ра ботающих людей в подземных выработ ках отрас ли, кото рые могут случайно прикос нуться к электро оборудова нию, чел.	Об щее чис ло по раже ний за 8 лет	Интенсив ность пора жения элек трическим током $H_i, \frac{1}{год}$	Доверительный ин тервал с довери тельной вероятнос тью $L=0,95$	Предла гаемый норми руемый уровень электро безопас нос ти $\bar{H}_i, \frac{1}{год}$
1.	Контактный провод	115049	18	$1,959 \cdot 10^{-5}$	$[1,26 \cdot 10^{-5}; 2,77 \cdot 10^{-5}]$	$5 \cdot 4 \cdot 10^{-8}$
2.	Коммутационные аппара ты напряжением до 1000 В	69387	18	$3,243 \cdot 10^{-5}$	$[2,1 \cdot 10^{-5}; 4,59 \cdot 10^{-5}]$	$8,9 \cdot 10^{-8}$
3.	Коммутационные аппара ты напряжением свыше 1000 В	49466	4	$1,011 \cdot 10^{-5}$	$[0,69 \cdot 10^{-5}; 3,92 \cdot 10^{-5}]$	$2,8 \cdot 10^{-8}$
4.	Бурильные машины, ком байны, конвейеры	81250	5	$7,692 \cdot 10^{-6}$	$[3,03 \cdot 10^{-6}; 1,41 \cdot 10^{-5}]$	$2,1 \cdot 10^{-8}$
5.	Сварочные аппараты	9222	5	$6,777 \cdot 10^{-5}$	$[2,67 \cdot 10^{-5}; 1,24 \cdot 10^{-4}]$	$1,87 \cdot 10^{-7}$
6.	Участковые сети до 1000 В	56719	25	$5,509 \cdot 10^{-5}$	$[3,83 \cdot 10^{-5}; 7,44 \cdot 10^{-5}]$	$1,52 \cdot 10^{-7}$
7.	Участковые сети свыше 1000 В	16474	22	$1,669 \cdot 10^{-4}$	$[1,13 \cdot 10^{-4}; 2,99 \cdot 10^{-4}]$	$4,59 \cdot 10^{-7}$
8.	Прочие установки напря жением до 1000 В	41543	1	$3,009 \cdot 10^{-6}$	$[0,16 \cdot 10^{-6}; 9,01 \cdot 10^{-6}]$	$0,83 \cdot 10^{-8}$
9.	Прочие установки напря жением свыше 1000 В	8550	0	0	-	-
	Итого:	447660	98	$3,63 \cdot 10^{-4}$	$[2,22 \cdot 10^{-4}; 5,63 \cdot 10^{-4}]$	$0,999 \cdot 10^{-6}$

$$\sum_{i=1}^9 \bar{H}_i \leq 10^{-6}, \quad (1)$$

где  $\bar{H}_i$  - предлагаемая нормируемая степень риска i-й группы электрооборудования (интенсивность поражения человека электрическим током в течение года от элемента i-й группы электрооборудования),  $i=1,9$ .

Весовые множители  $\omega_i$  зададим следующим образом [5]:

$$\omega_i = \frac{H_i}{\sum_{i=1}^9 H_i} \quad (2)$$

При этом должно соблюдаться условие

$$\sum_{i=1}^9 \omega_i = 1 \quad (3)$$

Степень предлагаемого нормируемого риска электропоражения человека от каждой i-й группы определяем по формуле

$$\bar{H}_i = 10^{-6} \cdot \omega_i \quad (4)$$

Используя полученные значения  $\bar{H}_i$  (см. табл.) и формулу (2) определяем  $\omega_i$ . Подставляя в формулу (4) найденные значения  $\omega_i$ , находим нормируемый уровень риска  $\bar{H}_i$ . Результаты расчета приведены в таблице.

Сумма нормируемых степеней риска не противоречит условию (1):

$$\sum_{i=1}^9 \overline{H}_i = 0,999 \cdot 10^{-6}$$

В таблице приведены также доверительные интервалы для всех полученных степеней риска с доверительной вероятностью 0,95.

Из таблицы видно, что восьмая группа характеризуется наименьшей степенью риска, а седьмая группа - наибольшей.

Определенный таким способом уровень риска можно обеспечить путем проведения современных передовых технических и организационных мероприятий.

Таким образом на основании данных МакНИИ (см. табл.) о случаях поражения персонала электрическим током в угольной отрасли за 8 лет наблюдений были предложены нормы степени риска поражения человека электрическим током для основных видов электрооборудования, эксплуатирующегося на участках угольных шахт.

Обеспечение предлагаемых норм в условиях эксплуатации за счет организационных мероприятий (выбор сроков профилактики реле утечки и защитного заземления, а также обеспечение нормируемого уровня надежности защитного отключения и защитного заземления) позволит почти полностью исключить случаи поражения людей электрическим током.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.Ф. Бухтояров. Причины и закономерности электротравматизма. - Безопасность труда в промышленности, 1983, №8, с.51-53.
2. А.А. Шарандин. Профилактика электротравматизма. - Безопасность труда в промышленности, 1995, №1, с.18-20.
3. В.Н. Семенов, И.Ф. Богоявленский, Р.В. Венецкий. Пути и методы снижения необоснованной смертности персонала на предприятиях. - Безопасность труда в промышленности, 1995, №7, с.47-49.
4. Карякин Р.Н. Научные основы концепции электробезопасности промышленных электроустановок. - Промышленная энергетика, 1997, №7, с. 26-31.
5. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем /Пер. с англ. Е.Г. Коваленко. - Под ред. А.И. Ушакова. М.: Мир, 1980, - 604 с.
6. Б.С. Иванов, Д.Ю. Богомолов. Оценка риска на промышленном предприятии. - Безопасность труда в промышленности, 1999, №9, с.40-42.
7. Ковалев А.П. Оценка степени риска поражения человека электрическим током при эксплуатации оборудования в подземных выработках угольных шахт. - Промышленная энергетика, 1992, №2, с.42-45.