

Оценка опасности электроустановок

ПОПОВ В.М.

Рассмотрена структура причинных взаимосвязей между факторами риска несчастных случаев в действующих электроустановках. Обоснована классификация условий труда по степени опасности получения травм при эксплуатации электрооборудования. Предложено для количественной оценки риска травматизма использовать точечные оценки частоты опасных событий и микротравм и интервальные оценки частот несчастных случаев.

Ключевые слова: электроустановка, травматизм, опасный фактор, статистика, модель, оценка

Производство, передача и потребление электрической энергии сопряжены для человека с повышенным уровнем риска. Так, по данным Ростехнадзора, в энергетике на тепловые установки и гидротехнические сооружения приходится лишь несколько процентов несчастных случаев со смертельным исходом, а на электроустановки – от 94 до 97%. Для принятия наиболее эффективных мер по снижению травматизма при эксплуатации электроэнергетических объектов и электроприемников необходимо располагать объективной оценкой существующих угроз. Но методик анализа риска травматизма, учитывающих особенности возникновения и развития опасных ситуаций в электроустановках, не существует. Не выработаны и критерии оценки, с помощью которых можно судить о степени опасности того или иного рабочего места (р.м.).

Моделирование опасных ситуаций для оценки профессионального риска – процесс сложный и трудоемкий, поскольку опасности носят скрытый характер, число факторов риска очень велико, да и электроустановки отличаются большим разнообразием. Но при всем разнообразии электроустановок существуют общие закономерности возникновения и развития опасных ситуаций, что позволяет создать соответствующие обобщенные модели для каждой из применяемых систем электроснабжения. Выявление возможных исходных причин конечных нежелательных событий удобно осуществлять с помощью «дерева отказов» (аварий, происшествий), представляющего собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей [1].

В качестве примера можно рассмотреть «дерево отказов» для системы $TN-C$, в которой открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания посредством нулевого проводника, совмещающего

The structure of casual relations between the accident risk factors in operating electric installations is considered. Substantiation is given for classification of labor conditions with respect to the hazard of getting injuries during operation of electrical equipment. It is proposed to use point assessments of the frequencies of hazardous events and microinjuries, as well as interval estimates of the frequencies of accidents, for quantitatively estimating the risk of injuries.

Ключевые слова: electric installation, injuries, hazardous factor, model, statistics, assessment

функции рабочего и защитного на всем протяжении сети. Эта система является наиболее распространенной для электроустановок напряжением до 1 кВ. На рис. 1 приведена схема для одной из возможных ситуаций в системе $TN-C$, приводящей к электрическому удару (на схеме: PEN – совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник; QF – коммутационный аппарат, реагирующий на сверхтоки; QD – устройство защитного отключения; R_0 – сопротивление заземления нейтральной точки источника питания; R_{Π} – сопротивление повторного заземления нулевого проводника; I_h – ток через тело человека).

Предлагаемая модель описывает основные ситуации, возможные при эксплуатации однофазного электроприемника, оснащенного устройством защитного отключения. Для определенности принято, что электроприемник включен в фазу A (рис. 2).

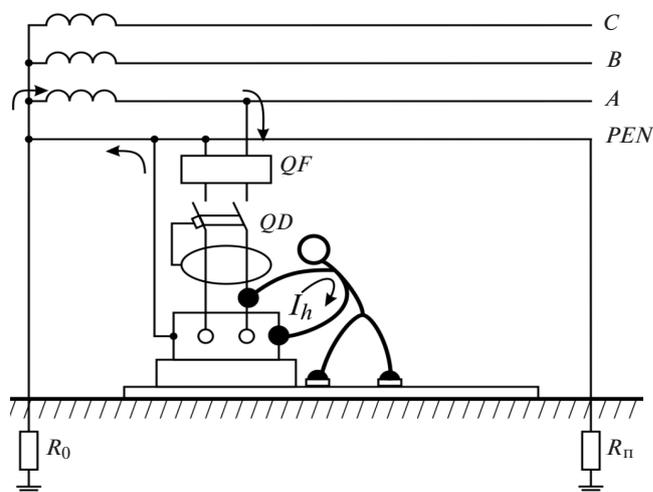


Рис. 1. Схема при ситуации одновременного прикосновения человека к фазному проводу и заземленному корпусу электроприемника

водника; R_0 – сопротивление заземления нейтрали; R_y – сопротивление утечки между токоведущими частями и корпусом электроприемника.

При необходимости модель можно дополнить, рассмотрев, например, двухфазное прикосновение, воздействие на человека шаговых напряжений вблизи места замыкания фазы на землю [2] и другие возможные инциденты.

Элементарные факторы риска (r_i) – «отказы» приведены далее (цифры в кружках на рис. 2 соответствуют номерам п/п):

Номер п.п.	Событие или состояние
1.	Повреждение изоляции питающего проводника (фаза А)
2.	Касание питающего проводника (фаза А) заземленной конструкции
3.	Наличие горючих материалов рядом с поврежденным питающим проводником
4.	Замыкание фазы на землю А.
5.	То же фазы В
6.	То же фазы С
7.	Неисправность заземления нейтрали (обрыв заземляющего проводника, коррозия заземляющих электродов)
8.	Нарушение требований охраны труда перед началом работы относительно проверки целостности изоляции питающих проводников.
9.	Невнимательность работника
10.	Прикосновение работника к заземленной конструкции
11.	Замыкание фазы А на корпус электроприемника
12.	Прикосновение работника к корпусу электроприемника
13.	Обрыв отвода нулевого защитного проводника от корпуса электроприемника
14.	Неисправность аппарата защиты (несрабатывание при возникновении сверхтока)
15.	Наличие горючих материалов рядом с фазным или нулевым проводниками
16.	Обрыв нулевого проводника, совмещающего функции рабочего и защитного, между источником питания и местом подключения электроприемника
17.	Наличие хотя бы одного однофазного электроприемника, подключенного после места обрыва нулевого проводника
18.	Замыкание фазы А на корпус хотя бы одного электроприемника, подключенного после места обрыва нулевого проводника
19.	Неисправность или отсутствие повторного заземления нулевого проводника
20.	Снижение сопротивления изоляции между токоведущими частями и корпусом электроприемника до значения, соизмеримого с сопротивлением человека
21.	Неисправность устройства защитного отключения

На рис. 2 сложные исходные события, требующие дополнительного детального анализа для выявления элементарных факторов рисков, обозначены ромбами. Следует отметить, что провести детальный анализ сложных факторов риска часто невозможно из-за недостатка необходимой информации, средств или времени [1].

Прямоугольниками обозначены опасные события, возникающие в результате взаимодействия исходных факторов риска. Сами взаимодействия отображаются с помощью логических элементов.

Завершающие опасные события – пожар и электрический удар – приводят к повреждениям организма той или иной степени тяжести (обозначены на схеме овалами).

В рассматриваемой модели учтены лишь наиболее значимые факторы риска. Так, прикосновение работника к оголенному проводу может произойти не только из-за невнимательности, но и вследствие спешки, склонности к риску и других недостатков психологического свойства. Еще одним примером неучтенного фактора риска являются электромагнитные помехи, способные привести к пропуску сигнала опасности устройством защитного отключения [3]. Но любое уточнение модели требует пополнения перечня факторов риска и делает её более громоздкой и сложной.

Модель отражает только взаимодействия исходных факторов риска, связанных с неисправностями электроприемника и электрической сети, а также ошибками персонала при их эксплуатации, но такое промежуточное событие как возгорание может быть вызвано множеством источников зажигания неэлектрической природы. Для изображения соответствующих сценариев возгорания потребовалось бы построить «дерево отказов» намного более сложное, чем представленное на рис. 2. В связи с этим возгорание как результат взаимодействия множества факторов, не имеющих отношения к электричеству, показано на схеме одним элементом – ромбом. Еще одним ромбом показана совокупность факторов, способствующих распространению пламени и развитию пожара.

Цепи событий, ведущих к возгоранию от исходных факторов электрической природы, являются лишь небольшим фрагментом полной модели, отражающей все сценарии возникновения пожара. Количество этих сценариев очень велико, а процесс их формирования весьма трудоемкий [4]. Следствием сложности системы является недостаток информации о ней и высокая степень неопределенности. А неопределенности, связанные с оценкой пожарного риска, так высоки, что его количественная оценка с приемлемой точностью просто невозможна.

Пожар сам по себе является очень сложным явлением и порождает опасности, природа которых отлична от природы вызвавших его опасных факторов и факторов риска. Опасные факторы пожара и их сопутствующие проявления могут привести к ожогам, отравлению токсичными продуктами сго-

рания, удушью, ранениям, ушибам, электрическим удару из-за выноса высокого потенциала.

Сценарии поражения человека электрическим током, не связанные с пожаром, можно разбить на пять групп.

Реализация сценариев первой группы приводит к воздействию на человека напряжения, ограниченного сверху значением линейного напряжения. Используя обозначение p_i для вероятности исходного фактора риска r_i , можно записать выражение для вычисления вероятности реализации сценариев первой группы:

$$P_1 = [1 - (1 - p_5)(1 - p_6)] p_7 p_{21} p_1 p_8 p_9 p_{10}. \quad (1)$$

Для определения вероятностей p_i необходимо иметь представительную статистику. Но мониторинг исходных элементарных факторов риска требует весьма значительных затрат, а иногда просто невозможен. Так, если электрическая сеть не принадлежит предпринимателю, у него просто нет права организовать сбор данных о частоте замыкания фазных проводов на землю.

Чтобы судить о тяжести поражения электрическим током при реализации некоторого сценария, следует дать оценку значения воздействующего на человека напряжения. В данной группе она определяется сопротивлением самого человека R_h , прикоснувшегося к оголенному фазному проводу, и сопротивлением замыкания на землю R_{3M} другой фазы:

$$U_{\text{пр1}} = U_{\text{л}} \frac{R_h}{R_h + R_{3M}}. \quad (2)$$

Напряжение прикосновения $U_{\text{пр1}}$ является величиной случайной, поскольку случайны значения сопротивлений R_h и R_{3M} . Условную функцию распределения $U_{\text{пр1}}$ можно определить, выполнив преобразования функций распределения электрического сопротивления тела человека $F(R_h)$ и сопротивления замыкания фазы на землю $F(R_{3M})$ в соответствии с (2). Понятно, что для случаев воздействия на человека опасных напряжений невозможно собрать достаточный объем статистических данных, чтобы определить вид функции распределения $F(R_h)$. Известные результаты исследований сопротивления тела человека позволяют лишь оценить границы его изменения. При опасных воздействиях R_h может принимать значения от многих сотен ом до десятка и более килоом [2].

Вряд ли можно рассчитывать, что работодатель организует исследования по определению $F(R_{3M})$ в конкретной сети ради оценки риска поражения электрическим током. Учитывая, что значения R_{3M} могут отличаться друг от друга уже на несколь-

ко порядков, следует сделать вывод о невозможности обоснования какой-либо гипотезы о виде и моментах функции распределения $F(U_{\text{пр1}})$.

Осуществление сценариев второй группы связано с исходными факторами риска $r_1, r_8-r_{12}, r_{17}-r_{19}, r_{21}$ и приводит к воздействию на человека напряжения, немного меньшего фазного. Хотя в данном случае анализ несколько проще, поскольку $U_{\text{пр2}} \gg U_{\text{ф}}$ и фактически является величиной неслучайной, вероятность реализации этих сценариев тоже не поддается оценке из-за чрезвычайной трудности сбора данных о вероятностях исходных факторов риска.

Сценарии третьей группы приводят к воздействию на человека напряжения, ограниченного сверху значением фазного напряжения. Его значение зависит от сопротивления человека R_h и сопротивления замыкания на землю R_{3M} фазного провода:

$$U_{\text{пр3}} = U_{\text{ф}} \frac{R_h}{R_h + R_{3M}}. \quad (3)$$

Правые части (3) и (2) отличаются только одним множителем. Если еще учесть, что сценарии третьей группы обусловлены пятью из восьми исходных факторов риска сценариев первой группы, то вывод о невозможности их количественной оценки становится совершенно очевидным.

Сценарии четвертой группы обусловлены исходными факторами риска $r_{10}-r_{12}, r_{14}, r_{21}$. Их реализация приводит к воздействию на человека напряжения, значение которого при выполнении п. 1.7.126 [5] не может превысить $2U_{\text{ф}}/3$, а при сечениях фазных проводников не более 16 мм^2 это напряжение не превысит половины $U_{\text{ф}}$. Его значение зависит от сопротивлений $R_h, R_{\text{ф}}$ и Z_{T} :

$$U_{\text{пр4}} \gg U_{\text{ф}} \frac{R_h}{R_h + R_{\text{ф}} + Z_{\text{T}}/3}. \quad (4)$$

Все параметры, входящие в (4), либо известны, либо могут быть измерены или определены расчетом. Но вероятность воздействия этого напряжения на человека оценить невозможно ввиду отсутствия данных о вероятностях исходных факторов риска.

Реализация сценариев пятой группы (исходные факторы риска $r_{10}, r_{12}-r_{21}$) приводит к воздействию на человека напряжения, значение которого меньше фазного, но соизмеримо с ним. При обрыве нулевого провода или отвода от нулевого проводника к корпусу электроприемника оно определяется сопротивлениями $R_{\text{п}}$ и R_0 :

$$U_{\text{пр5}} = U_{\text{ф}} \frac{R_{\text{п}}}{R_{\text{п}} + R_0}. \quad (5)$$

При снижении сопротивления изоляции между токоведущими частями и корпусом электроприемника и возникновении утечки тока больше значения, допустимого для нормального режима электроустановки, напряжение прикосновения определяется сопротивлениями R_y и R_h :

$$U_{\text{пр}5} = U_{\text{ф}} \frac{R_h}{R_h + R_y}. \quad (6)$$

Определить условные распределения вероятностей напряжений прикосновения по (5) и (6) невозможно, поскольку неизвестны распределения сопротивлений, входящих в эти выражения. Нет возможности определить и вероятности исходных факторов риска r_{10} , r_{12} – r_{21} , так что сценарии пятой группы тоже не поддаются количественной оценке.

Следует иметь в виду, что при одинаковых напряжениях прикосновения характер воздействия может значительно отличаться в зависимости от его продолжительности, пути тока в теле человека, его индивидуальных свойств и т.д. [6]. Учет этих факторов потребовал бы значительного усложнения модели, а оценить их влияние количественно практически невозможно. Но невозможность использования рассмотренной модели для количественной оценки профессионального риска не означает её бесполезности. Модель целесообразно использовать для качественного анализа, позволяющего дать эвристическую оценку значимости факторов риска, выявить те факторы, что не являются очевидными, а также причинно-следственные связи между ними. Результаты качественного анализа могут дать весомые обоснования для принятия мер по предотвращению реализации нежелательных сценариев.

Поскольку осуществлять мониторинг исходных факторов риска практически невозможно, количественная оценка риска получения травмы при эксплуатации электроустановок должна основываться непосредственно на статистике завершающих опасных событий. Эти статистические данные нужно упорядочить, разбив их на классы (группы), каждый из которых должен соответствовать повреждениям определенной степени тяжести. Чтобы подход к оценке условий труда в отношении опасных и вредных факторов был единым [7], предлагаемая классификация должна согласовываться с существующей гигиенической классификацией условий труда. Для этого в ней следует предусмотреть четыре класса условий:

- 1 - й класс — оптимальные;
- 2 - й класс — допустимые;
- 3 - й класс — опасные (четыре степени);
- 4 - й класс — экстремальные.

Риск получения травмы характеризуется не только её тяжестью, но и вероятностью (частотой) травмирования в течение определенного промежутка времени. Каждому из классов условий труда по опасности травмирования можно поставить в соответствие травмы определенной степени тяжести. При этом вероятность получения соответствующих травм должна быть одинаковой для всех классов и высоко значимой. Действительно, известны случаи, когда люди погибали при воздействии на них напряжения 12 и даже 4 – 5 В [6], но такие инциденты крайне редки и было бы неправильно всем рабочим местам, где существует угроза воздействия таких малых напряжений, присваивать наивысший 4-й класс опасности.

При эксплуатации электроустановок работник может получить травмы самых различных видов. Рассмотрим построение классификации на примере электротравмы, наиболее характерной при эксплуатации электроустановок. Как известно, электротравмы подразделяются на местные и общие (электрические удары). Среди местных электротравм различают электрические ожоги, электрические знаки, металлизацию кожи, механические повреждения и электроофтальмию [2].

Оптимальными условиями следует считать такие, когда возникновение тока через тело человека вообще невозможно или возможно появление лишь неощутимого тока, т. е. опасности поражения человека электрическим током нет.

При допустимых условиях согласно гигиенической классификации [7] возможны изменения функционального состояния организма, обусловленные воздействием вредных факторов, но они исчезают во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство. В случае воздействия опасных факторов аналогом изменений функционального состояния организма следует считать микротравмы — травмы, связанные с потерей трудоспособности менее чем на одну рабочую смену. Микротравмами являются поверхностные ожоги небольшой площади, электрические знаки небольших размеров, неглубокая металлизация кожи, электроофтальмия, протекающая без острых воспалительных явлений, и электрический удар, вызывающий слабо ощутимое сокращение мышц.

К наиболее тяжким последствиям могут привести глубокие электротермические ожоги [9] и электрические удары. В зависимости от площади электротермических ожогов они делятся по степени тяжести на легкие, средние, тяжелые и крайне тяже-

лые. Электрические удары зависимости от тяжести исхода делятся тоже на четыре степени [2]:

I – судорожное сокращение мышц, сопровождающееся сильными болями, без потери сознания;

II – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца;

III – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности и дыхания;

IV – отсутствие дыхания и остановка деятельности сердца.

Эти классификации можно положить в основу разделения 3-го класса на четыре степени опасности. Так, например, к 1-й степени 3-го класса (3.1) следует отнести условия, при которых высок риск получения легкой травмы, а риск получения более тяжелых повреждений здоровья достаточно мал (является приемлемым). Также нужно принять во внимание, что исход электрического удара во многом зависит от возможности получения пострадавшим своевременной и качественной доврачебной помощи, а также от наличия сопутствующих факторов риска – работа на высоте, в стесненных условиях, вблизи движущихся машин и механизмов и т. п. С учетом этого предлагается следующее разбиение 3-го класса на степени опасности поражения электрическим током (при высоком риске):

1-я степень 3 класса (3.1):

глубокие электротермические ожоги небольшой площади;

электрические знаки больших размеров;

глубокая металлизация кожи;

электроофтальмия, протекающая с воспалительными явлениями;

электрический удар I степени при условии отсутствия сопутствующих факторов риска;

2-я степень 3 класса (3.2):

электротермические ожоги средней степени тяжести;

электрический удар I степени при наличии сопутствующих факторов риска;

электрический удар II степени при отсутствии сопутствующих факторов риска;

3-я степень 3 класса (3.3):

тяжелые электротермические ожоги;

электрический удар II степени, если есть сопутствующие факторы риска и работа выполняется в составе бригады численностью не менее двух человек;

электрический удар III степени, если нет сопутствующих факторов риска и работа выполняется в составе бригады численностью не менее трех человек;

4-я степень 3 класса (3.4):

крайне тяжелые электротермические ожоги площадью от 15 до 40% поверхности тела;

электрический удар II степени, если есть сопутствующие факторы риска и работа выполняется в одиночку;

электрический удар III степени, если есть сопутствующие факторы риска и работа выполняется в составе бригады численностью два человека;

электрический удар IV степени, если нет сопутствующих факторов риска, работа выполняется в составе бригады численностью не менее трех человек и все члены бригады прошли обучение по оказанию первой помощи пострадавшим на манекене-тренажере.

Условия труда на рабочем месте следует считать экстремальными (4-й класс) при высоком риске:

крайне тяжелых электротермических ожогов площадью более 40% поверхности тела;

электрического удара III степени, если есть сопутствующие факторы риска и работа выполняется в одиночку;

электрического удара IV степени, если есть сопутствующие факторы риска либо работа выполняется в составе бригады численностью менее трех человек, либо не все члены бригады прошли обучение по оказанию первой помощи пострадавшим на манекене-тренажере.

Оптимальные условия труда предполагают отсутствие инцидентов, завершившихся травмами. Но целесообразно регистрировать и те опасные события, которые обошлись без травм только благодаря случайным благоприятным обстоятельствам. Такая регистрация позволит собрать представительную статистику. Можно полагать, что поток опасных событий является простейшим пуассоновским, тогда несмещенная оценка их частоты определится по формуле [10]:

$$\hat{\lambda} = \frac{K}{T^*}, \quad (7)$$

где K – число опасных событий, зарегистрированных за время наблюдений T^* .

Если в организации имеются аналогичные рабочие места с одинаковым электрооборудованием, можно объединить статистические данные по этим рабочим местам, полагая, что

$$T^* = nT_A; \quad K = \sum_{j=1}^n k_j,$$

где T_A – продолжительность наблюдения за n аналогичными рабочими местами; k_j – число опасных событий на j -м рабочем месте.

При добросовестной регистрации инцидентов достаточно много данных будет собрано и о микро-травмах. В этом случае для оценки их частоты также можно использовать выражение (7).

Объем собранных данных об инцидентах первых двух классов может служить индикатором качества регистрации травм и предпосылок к ним.

Регистрация опасных событий и микротравм потребует от работодателя определенных затрат. Чтобы стимулировать его к организации такого мониторинга, можно предусмотреть возможность компенсации соответствующих расходов за счет сумм страховых взносов на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Контроль за достоверностью статистических данных об опасных событиях и микротравмах, предоставляемых работодателем, могли бы осуществлять государственная инспекция труда и техническая инспекция профсоюзов.

События, которые относятся к 3-му классу опасности, происходят довольно редко, а при малом объеме данных точечные статистические оценки имеют очень низкую надежность. Электротравмы со смертельным исходом (4-й класс) случаются еще реже, а во многих организациях за все время их существования таких событий не происходит вообще. В связи с этим для частоты тяжелых и смертельных несчастных случаев можно получить только интервальную оценку. Нижняя и верхняя границы доверительного интервала частоты несчастных случаев определяются по формулам [10]:

$$I_{Н} = \frac{c_{a/2}^2(2K)}{2T^*}; I_{В} = \frac{c_{1-a/2}^2(2K+2)}{2T^*},$$

где $c_a^2(v)$ – квантиль c^2 -распределения уровня a с v степенями свободы, который определяется по таблицам [10].

Так, если на пяти аналогичных рабочих местах за 10 лет был зарегистрирован один несчастный случай 4-й степени 3-го класса, границы двустороннего доверительного интервала частоты таких несчастных случаев с доверительной вероятностью 0,9 равны $I_{Н3,4} = 10^{-3}$ р. м.-лет⁻¹; $I_{В3,4} = 9,4940 \cdot 10^{-2}$ р. м.-лет⁻¹.

При отсутствии тяжелых или смертельных несчастных случаев за все время существования организации в качестве количественной оценки риска можно использовать верхнюю границу одностороннего доверительного интервала частоты несчастных случаев, которая определяется по формуле [10]:

$$I_{В0} = \frac{c_{1-a}^2(2K+2)}{2T^*}.$$

Для $K=0$, $c_{0,9}^2(2)=4,61$ и доверительной вероятности 0,9 односторонний доверительный интервал частоты несчастных случаев равен $I_{В0} = 4,61/2T^*$.

Так, если на пяти аналогичных рабочих местах за 10 лет не было зарегистрировано ни одного смертельного несчастного случая, $I_{В4} = 4,6140 \cdot 10^{-2}$ р. м.-лет⁻¹.

Интервальные оценки частот несчастных случаев можно определять и по совокупности всех рабочих мест организации. Использование этих показателей позволит более точно и обоснованно, чем сейчас, определять скидки или надбавки к страховым тарифам по страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Выводы. 1. Для выявления факторов риска несчастных случаев в электроустановках и причинно-следственных связей между ними целесообразно использовать качественный анализ опасных ситуаций с помощью «дерева отказов». Результаты этого анализа необходимы для выбора наиболее эффективных мер по снижению профессиональных рисков.

2. Чтобы учитывать тяжесть последствий при количественной оценке риска травмирования в электроустановках, статистические данные об опасных инцидентах и травмах следует группировать по классам. Предложенная соответствующая классификация согласована с гигиенической классификацией условий труда с учетом существующих классификаций электротравм, возможности получения пострадавшим доврачебной помощи и наличия сопутствующих факторов риска.

3. Принципиально возможно использовать в качестве количественных показателей опасности травмирования для первых двух классов условий труда частоту опасных событий и микротравм, а для 3-го и 4-го классов – границы доверительных интервалов частот несчастных случаев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алымов В.Т., Тарасова Н.П. Техногенный риск: Анализ и оценка. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006.
2. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергоатомиздат, 2000.
3. Попов В.М. Потенциальная помехоустойчивость устройств защитного отключения, реагирующих на гармонический сигнал. – Электричество, 1998, № 11.
4. Варламкин А.В., Иващук Р.А., Лебедева А.К., Никитина О.Н. Формирование массивов сведений о критически важных объектах для построения сценариев возможного развития пожаров и техногенных чрезвычайных ситуаций. – Пожарная безопасность, 2009, № 2.
5. Правила устройства электроустановок. – Новосибирск: Изд-во СУИ, 2010.
6. Манойлов В.Е. Основы электробезопасности. – Л.: Энергоатомиздат, 1991.
7. Попов В.М. Оценка профессионального риска на рабочем месте. – Безопасность труда в промышленности, 2010, № 7.

8. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.— М.: Деан, 2006.

9. Медведев В.Т., Большунов А.М., Бибин Е.А. и др. Совершенствование защиты персонала от воздействия электрической дуги. — Электричество, 2009, № 1.

10. ГОСТ Р 50779.26—2007 (МЭК 60605-4:2001) Статистические методы. Точечные оценки, доверительные, предикционные и толерантные интервалы для экспоненциального распределения. — М.: Стандартиформ, 2008.

[15.11.10]

Автор: Попов Виктор Михайлович окончил в 1975 г. радиотехнический факультет Новосибирского электротехнического института. В 1988 г. защитил кандидатскую диссертацию «Помехоустойчивость автоматических средств защиты в электроустановках» в Московском энергетическом институте. Директор регионального центра безопасности образовательного учреждения Новосибирского государственного технического университета.