

На правах рукописи

Окраинская Ирина Сергеевна

УДК 622.864:621.316

**ОРГАНИЗАЦИОННО-СИСТЕМНЫЕ МЕТОДЫ
ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ
НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ**

Специальность 05.26.01 — «Охрана труда»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск 1997

Работа выполнена в Челябинском государственном техническом университете.

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор,
академик РЭА **Сидоров А.И.**

Официальные оппоненты : доктор технических наук, профессор, член
корреспондент АЭН РФ **Бухтояров В.Ф.**;
кандидат технических наук, доцент
Кузнецов К.Б.

Ведущее предприятие — Научно-исследовательский институт
охраны труда и техники безопасности
черной металлургии (НИИТБ Чермет).

Защита диссертации состоится **30 октября 1997 г.**
в **9.30** часов, на заседании диссертационного совета Д 135.10.02
при Научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте
по добыче полезных ископаемых открытым способом (НИИОГР)
по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 83.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан « ____ » _____ 1997 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. техн. наук



Н.Ю.Назарова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Рост энерговооруженности труда, расширяющееся применение электроэнергии при разработке месторождений, повышение эксплуатационных напряжений и связанные с этим усложнение и развитие системы электроснабжения приводят к увеличению вероятности и интенсивности повреждений электроустановок, к ухудшению условий электробезопасности. Высокий уровень электротравматизма был и остается общей проблемой для промышленности в целом и ее горнодобывающих отраслей в частности.

Для определения наиболее эффективного пути повышения безопасности работ в действующих электроустановках необходим анализ всех элементов системы «человек-среда-электроустановка», оценка их значимости в процессе возникновения электропоражения и влияния на частоту электротравм.

Развитие техники сопровождается повышением ее качества, надежности, оснащением современного оборудования новейшими средствами защиты. Однако те преимущества, которые достигнуты благодаря техническому усовершенствованию оборудования, зачастую сводятся на нет неверными, несвоевременными действиями человека. Согласно данным статистики, около 30% электротравм происходит по причинам, связанным с техническим несовершенством, низкой надежностью эксплуатируемого оборудования и средств защиты. Все же остальные электротравмы, как правило, обусловлены недостатками в организации работ и ошибками персонала. Такое положение доказывает актуальность задачи обоснования и разработки системы организационно-профилактических мероприятий, направленных на повышение надежности и эффективности работы персонала в системе «человек-среда-электроустановка».

Целью работы является обоснование и разработка системы организационно-профилактических мероприятий, направленных на увеличение эффективности и надежности работы персонала в системе «человек-среда-электроустановка».

Идея работы заключается в том, что повышение уровня электробезопасности на современном этапе может быть достигнуто путем увеличения надежности персонала в системе «человек-среда-электроустановка».

Научные положения, разработанные лично соискателем, и новизна.

1. Модель процесса возникновения электропоражения соответствует реальным условиям только в том случае, если включает события, отра-

- жающие организацию безопасного ведения работ и действия персонала.
2. Возникновение электротравм определяется не столько состоянием электрооборудования и средств обеспечения электробезопасности, сколько индивидуальными психологическими и физиологическими характеристиками персонала, занятого в системе «человек-среда-электроустановка».
 3. Особенности условий работы в высоковольтных электроустановках обуславливают необходимость систематического контроля за психофизиологическим состоянием персонала.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются достаточным объемом исходных статистических данных, корректным использованием логико-вероятностного метода моделирования, удовлетворительным совпадением результатов моделирования и анализа статистического материала.

Значение работы. *Научное значение работы* заключается в разработке математической модели процесса электропоражения, учитывающей факторы, связанные с организацией безопасного ведения работ в действующих электроустановках и действиями персонала, занятого на этих работах, определении зависимости вероятности электропоражения от указанных выше факторов, выявлении совместного воздействия вредных производственных факторов, присутствующих при ведении работ на территории открытого распределительного устройства, на функциональное состояние персонала.

Практическое значение работы заключается в разработке автоматизированной информационно-поисковой системы учета и анализа электротравматизма, с использованием которой выполнен детальный анализ электротравматизма в цветной металлургии за 1980-1990 гг.; методики проверки правильности построения логико-вероятностной модели, программы для проведения логико-вероятностного моделирования опасных ситуаций.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Научные положения, выводы и рекомендации использованы

- АО «Гайский ГОК» (г. Гай, Оренбургская область) – коррекция стрессового и депрессивного состояния работников по результатам обследования персонала компьютерным комплексом «Диакомс»;
- Челябинскими межсистемными электрическими сетями «Уралэнерго» (г. Челябинск) — контроль за текущим функциональным состоянием работающих при помощи компьютерного комплекса «Диакомс»;
- Челябинским государственным техническим университетом в разделе дипломного проектирования;

- автоматизированная информационно-поисковая система учета и анализа электротравматизма;
- пакет прикладных программ «Моделирование опасных ситуаций логико-вероятностным методом».

Апробация работы. Основные положения работы были доложены, рассмотрены и одобрены на Всесоюзной научно-практической конференции «Проблемы электробезопасности в народном хозяйстве» (Челябинск, 1991 г.), научно-практической конференции «Контроль изоляции в распределительных сетях» (Челябинск, 1992 г.), Международной научно-технической конференции «Защита от поражений электрическим током» (Вроцлав, 1995 г.), научно-технических конференциях Челябинского государственного технического университета (Челябинск 1992–1997 гг.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 155 страницах машинописного текста, содержит 26 рисунков, 50 таблиц, список использованной литературы из 104 наименований и 6 приложений.

Автор выражает глубокую благодарность канд. техн. наук, доц. Ситчихину Ю.В. за научные консультации и методическую помощь в подготовке диссертации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Большой вклад в постановку и решение различных теоретических и практических задач обеспечения надежности и безопасности работы систем электроснабжения горнодобывающих предприятий внесли такие ученые, как Багаутдинов Г. А., Бачежев Ю. Г., Белых Б. П., Бухтояров В. Ф., Гладилин Л. В., Ляхомский А. В., Меньшов Б. Г., Разгильдеев Г. И., Сидоров А. И., Щуцкий В. И. и др.

Основным источником информации о причинах и обстоятельствах возникновения электротравм являются акты расследований несчастных случаев. Периодический анализ материалов, накопленных за определенный промежуток времени, позволяет выявить наиболее характерные причины несчастных случаев и обстоятельства их возникновения, а также уточнить и скорректировать основные направления разработки средств обеспечения электробезопасности. Для получения статистически достоверных данных необходим анализ выборки, включающей фактический материал о нескольких десятках или сотнях случаев. Для уменьшения затрат времени и труда на обработку материала такого объема, а также для

повышения качества полученных результатов была разработана автоматизированная информационно-поисковая система (АИПС), с помощью которой выполнен анализ данных об электротравматизме в цветной металлургии за 1980 — 1990 гг., собранных автором в ЦНИИПП.

АИПС разработана на основе системы управления базами данных Clarion Professional Developer 2.1 и является специализированной для учета и анализа электротравматизма на открытых горных работах. Для характеристики электропоражения используются 24 стандартизованных признака, для которых предусмотрены экранные словари-подсказки, исключающие возможность неоднозначного заполнения базы данных, и 10 нерегламентированных признаков, характеризующих пострадавшего и место несчастного случая. АИПС позволяет получать выборки и распределения изучаемых данных по различным признакам, что существенно расширяет возможности анализа статистического материала.

В основу анализа электротравматизма были положены данные о 304 несчастных случаях от электрического тока, в основном, со смертельным и тяжелым исходами. Результаты анализа показали, что большая часть тяжелых и смертельных электропоражений (59,67%) происходит в электроустановках напряжением выше 1000 В. 86,5% пострадавших были лицами электротехнического персонала и проходили специальную дополнительную подготовку по безопасности труда. При этом 66,1% электротравм были обусловлены организационными причинами, среди которых наиболее часто было зафиксировано нарушение инструкций и правил по технике безопасности (40%). Все изложенное выше, а также то, что большинство электротравм (50,74%), обусловленных организационными причинами, произошли до истечения 2-х месяцев со дня последнего инструктажа по охране труда, свидетельствует о существенных недостатках в системе организации ведения работ и подготовке электротехнического персонала.

Динамика электротравматизма зависит от времени года: повышение его уровня отмечается в весенне-летний период (весна — 32,55% от общего количества несчастных случаев, лето — 32,90%). Электротравмы в этот период происходят, в основном, при ведении ремонтных работ (32,35%) и производстве оперативных переключений (12,49%).

В распределении числа электропоражений по дням недели обращает на себя внимание то, что 20,33% несчастных случаев происходит в пятницу. Это связано, очевидно, со снижением внимания персонала, желанием сократить и ускорить процедуру подготовки рабочего места перед началом или после окончания различных видов работ, а также с усталостью в конце рабочей недели. Анализ сезонной динамики этого распре-

деления выявил некоторое повышение уровня электротравматизма в понедельник весной и летом, что связано, по-видимому, с отсутствием полноценного отдыха в выходные дни.

В динамике уровня электротравматизма в течение суток можно выделить три периода его относительного повышения: первый соответствует 11-12 часам (10,96%) и связан с началом обеденного перерыва, второй — 13-14 часов (10,50%) — окончание обеда, третий — 15-16 часов (10,96%) — совпадает с концом рабочего дня. Отметим, что 69,41% всех электротравм происходит в течение первой смены (с 7 до 16 часов).

Анализ электротравматизма показал наличие большого числа случаев, когда травмированию подвергались квалифицированные, опытные работники, относящиеся к электротехническому персоналу, в возрасте от 25 до 35 лет (43,47%) со стажем работы от 5 до 10 лет (24,80%) — в основном, электромонтеры (38,71%) и электрослесари (19,73%). Причем, в большинстве случаев причиной этих несчастных случаев явилось пренебрежение организационными и техническими мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ. Традиционное объяснение, заключающееся в недостаточной подготовке персонала, не может быть применено в данном случае. Более вероятным является то, что грубые нарушения правил безопасности явились следствием отклонения психофизиологического состояния пострадавшего от оптимального уровня. Отклонения в психофизиологическом состоянии, связанные с болезнью, личными проблемами или хроническим стрессом, приводят к тому, что даже лица, прошедшие профессиональный отбор и обладающие всеми необходимыми качествами, неадекватно оценивают ситуацию и принимают необоснованные, ошибочные решения, которые могут привести к аварии или несчастному случаю. В связи с этим очевидна необходимость контроля за текущим функциональным состоянием персонала как в течение всего периода трудовой деятельности, так и перед выполнением работ в условиях повышенной опасности, а также необходимость своевременной коррекции отклонений функционального состояния от оптимального уровня.

При определении наиболее эффективных направлений работы по повышению уровня электробезопасности значительную помощь оказывает моделирование процесса возникновения электропоражения, являющегося совокупностью случайных событий, каждое из которых характеризуется собственной вероятностью. Согласно статистике, существенную роль в возникновении электротравмы играют действия самого пострадавшего или лиц, работающих одновременно с ним. Поэтому при моделировании процесса возникновения электропоражения необходимо учитывать как его случайный характер и существование большого числа

комбинаций событий, приводящих к электротравме, так и то, что обеспечение адекватности модели реальным условиям достигается учетом действий персонала и особенностей организации безопасного ведения работ в электроустановках. Учет все указанные выше факторы позволяет логико-вероятностный метод моделирования, на основе которого была разработана модель процесса возникновения электропоражения для сетей напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью, представленная на рис. 1. Модель содержит 33 элемента, которые в зависимости от содержания заложенных в них событий объединены в следующие группы:

- события, связанные с организацией работ в электроустановках (включает 7 элементов: $x_1, x_5, x_7, x_{14}, x_{15}, x_{18}, x_{20}$);
- события, отражающие ошибочные действия персонала (включает 11 элементов: $x_2, x_3, x_4, x_6, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{16}$);
- события, характеризующие состояние электрооборудования (включает 4 элемента: $x_{19}, x_{21}, x_{28}, x_{32}$);
- события, характеризующие состояние средств обеспечения электробезопасности (включает 8 элементов: $x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{30}, x_{31}, x_{33}$);
- события, связанные с действиями персонала (включает 3 элемента x_{17}, x_{22}, x_{29});
- конечное событие (F).

Логические связи между событиями установлены на основе анализа статистического материала и нормативных документов по электробезопасности.

Основной характеристикой любого элемента логико-вероятностной модели является вероятность возникновения события, соответствующего конкретному элементу. Численные значения вероятностей были определены на основе данных, приведенных в литературе, нормативных документах, а также по результатам исследований — как собственных, так и других авторов. Все значения вероятностей определены с учетом общепринятых подходов теории надежности для периода времени, равного 1000 ч. Выбор данного объема времени позволяет оценить уровень электробезопасности при различных режимах сменности на предприятиях.

Для оценки соответствия модели реальным условиям разработана методика проверки правильности построения логико-вероятностной модели, которая включает следующие этапы:

1. Проверка правильности записи логической функции конечного события модели, выполняемая с использованием следующих правил:
- если вероятности всех элементов модели принять равными нулю, то вероятность конечного события должна быть равна нулю;

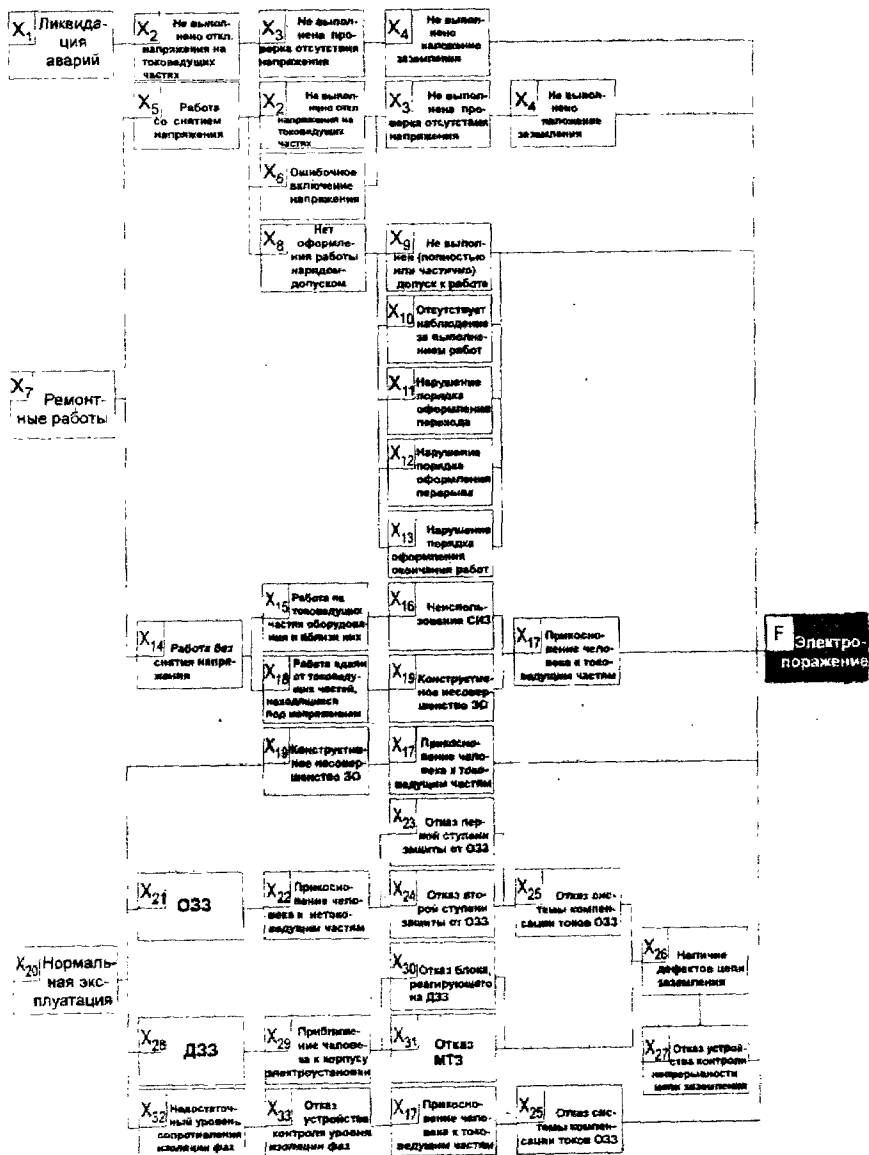


Рис. 1. Логико-вероятностная модель процесса возникновения электропоражения

- если вероятности всех элементов одной ветви модели принять равными единице, то вероятность конечного события должна быть равна единице.
- 2. Проверка соответствия обстоятельств реального случая электропоражения набору событий, принадлежащих одной ветви модели.
- 3. Проверка модели на наличие некорректных логических связей при помощи показателя опасностной весомости (G_{oi}) (опасностная весомость i -ого элемента $G_{oi} \leq 0$ свидетельствует о наличии в модели некорректных логических связей).
- 4. Сравнение результатов расчета вероятности электропоражения по исследуемой модели с результатами, полученными по известным моделям, при условии использования одинаковых значений вероятностей исходных событий модели.

Представленная на рис. 1 модель удовлетворяет всем перечисленным выше условиям.

В дизъюнктивной нормальной форме условие возникновения электропоражения, как функция элементов модели x_1, \dots, x_{33} , имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 F(x_1, \dots, x_{33}) = & (x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge x_4) \vee (x_7 \wedge x_5 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge x_4) \vee \\
 & \vee (x_7 \wedge x_5 \wedge x_6 \wedge x_3 \wedge x_4) \vee (x_7 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_9) \vee (x_7 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{10}) \vee \\
 & \vee (x_7 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{11}) \vee (x_7 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{12}) \vee (x_7 \wedge x_5 \wedge x_8 \wedge x_{13}) \vee \\
 & \vee (x_7 \wedge x_{14} \wedge x_{15} \wedge x_{16} \wedge x_{17}) \vee (x_7 \wedge x_{14} \wedge x_{18} \wedge x_{19} \wedge x_{17}) \vee (x_{20} \wedge x_{19} \wedge x_{17}) \vee \\
 & \vee (x_{20} \wedge x_{21} \wedge x_{22} \wedge x_{23} \wedge x_{25} \wedge x_{26} \wedge x_{27}) \vee (x_{20} \wedge x_{21} \wedge x_{22} \wedge x_{24} \wedge x_{25} \wedge x_{26} \wedge x_{27}) \vee \\
 & \vee (x_{20} \wedge x_{28} \wedge x_{29} \wedge x_{30} \wedge x_{26} \wedge x_{27}) \vee (x_{20} \wedge x_{28} \wedge x_{29} \wedge x_{31} \wedge x_{26} \wedge x_{27}) \vee \\
 & \vee (x_{20} \wedge x_{32} \wedge x_{33} \wedge x_{17} \wedge x_{25}).
 \end{aligned}$$

Для выполнения расчетов по модели, то есть для

- преобразования функции $F(x_1, \dots, x_{33})$ из дизъюнктивной нормальной формы в ортогональную дизъюнктивную нормальную форму;
- расчета вероятности конечного события (электропоражения) Q_F ;
- вычисления опасностных и безопасностных характеристик отдельных элементов модели;
- анализа влияния отдельных событий и их групп на Q_F

была разработана программа Model.exe на языке Borland Pascal 7.0 для операционной среды Windows 3.1 и выше.

Вероятность электропоражения (для модели рис. 1) составляет $Q_F = 2,1618 \cdot 10^{-5}$. Необходимо отметить, что данная величина определена для периода времени, равного 1000 ч. Вероятность поражения человека электрическим током в течение года будет изменяться в зависимости от режима сменности на предприятии (табл. 1).

Величина вероятности электропоражения
в зависимости от режима работы предприятия

Режим работы предприятия	Количество рабочих часов в году	Вероятность электропоражения
односменный	2000	$4,3236 \cdot 10^{-5}$
двухсменный	4000	$8,6472 \cdot 10^{-5}$
трехсменный	6000	$1,2971 \cdot 10^{-4}$

Дополнительной проверкой правильности построения модели может служить расчет предполагаемого числа электропоражений за год на конкретном предприятии на основе вероятности электропоражения, определенной по модели и численности персонала; занятого в производственных условиях эксплуатацией и обслуживанием электроустановок, а также на технологических работах, связанных с использованием электрической энергии.

Например, численность работающих в НПО «Джезказганцветмет» 18 тыс. чел. (на 1990 г.). Согласно табл. 1, $Q_F = 1,2971 \cdot 10^{-4}$, тогда предполагаемое число электропоражений составит 2-3 случая в год, что согласуется с данными статистики.

С использованием функции вероятности электропоражения $Q_F = f(Q_1, \dots, Q_{33})$ можно оценить влияние как отдельных элементов, так и их групп на вероятность конечного события, варьируя значения вероятности i -ого события Q_i от 0 до 1. Изменение значений функции Q_F в зависимости от вероятностей событий, соответствующих организационно-техническим мероприятиям обеспечения безопасности работ в электроустановках, представлено в табл. 2.

Согласно данным табл. 2, влияние вероятностных характеристик отдельных элементов на Q_F невелико. Однако следует принять во внимание, что в условиях производства, согласно статистическим данным, персоналом обычно нарушается сразу несколько пунктов инструкций и правил по технике безопасности. Среди организационных мероприятий, например, не оформляется наряд и не проводится допуск к работе (или проводится, но не в полном объеме). Среди технических мероприятий обеспечения безопасности ремонтных работ не выполняется проверка отсутствия напряжения, наложение временного заземления и т.д. Поэтому представляется необходимым наряду с рассмотрением влияния отдельных элементов на вероятность конечного события дополнительно оценить влияние групп элементов на вероятность электропоражения. На рис. 2 приведены указанные зависимости для группы событий, связанных с организационно-техническими мероприятиями.

Зависимость вероятности электропоражения
от вероятности рассматриваемого события

Обозначение события	Вероятность рассматриваемого события					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
X ₂	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,12 \cdot 10^{-5}$	$2,14 \cdot 10^{-5}$	$2,16 \cdot 10^{-5}$	$2,19 \cdot 10^{-5}$	$2,21 \cdot 10^{-5}$
X ₃	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,11 \cdot 10^{-5}$	$2,11 \cdot 10^{-5}$	$2,11 \cdot 10^{-5}$
X ₄	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,11 \cdot 10^{-5}$
X ₅	$2,09 \cdot 10^{-5}$	$2,15 \cdot 10^{-5}$	$2,21 \cdot 10^{-5}$	$2,27 \cdot 10^{-5}$	$2,33 \cdot 10^{-5}$	$2,39 \cdot 10^{-5}$
X ₆	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,11 \cdot 10^{-5}$	$2,11 \cdot 10^{-5}$
X ₇	$2,09 \cdot 10^{-5}$	$2,39 \cdot 10^{-5}$	$2,68 \cdot 10^{-5}$	$2,98 \cdot 10^{-5}$	$3,28 \cdot 10^{-5}$	$3,58 \cdot 10^{-5}$
X ₈	$2,09 \cdot 10^{-5}$	$2,57 \cdot 10^{-5}$	$3,04 \cdot 10^{-5}$	$3,52 \cdot 10^{-5}$	$3,99 \cdot 10^{-5}$	$4,46 \cdot 10^{-5}$
X ₉	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,14 \cdot 10^{-5}$	$2,17 \cdot 10^{-5}$	$2,20 \cdot 10^{-5}$	$2,22 \cdot 10^{-5}$	$2,26 \cdot 10^{-5}$
X ₁₀	$2,11 \cdot 10^{-5}$	$2,14 \cdot 10^{-5}$	$2,17 \cdot 10^{-5}$	$2,20 \cdot 10^{-5}$	$2,22 \cdot 10^{-5}$	$2,26 \cdot 10^{-5}$
X ₁₁	$2,11 \cdot 10^{-5}$	$2,14 \cdot 10^{-5}$	$2,16 \cdot 10^{-5}$	$2,20 \cdot 10^{-5}$	$2,22 \cdot 10^{-5}$	$2,26 \cdot 10^{-5}$
X ₁₂	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,14 \cdot 10^{-5}$	$2,16 \cdot 10^{-5}$	$2,20 \cdot 10^{-5}$	$2,23 \cdot 10^{-5}$	$2,26 \cdot 10^{-5}$
X ₁₃	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,13 \cdot 10^{-5}$	$2,16 \cdot 10^{-5}$	$2,19 \cdot 10^{-5}$	$2,22 \cdot 10^{-5}$	$2,26 \cdot 10^{-5}$

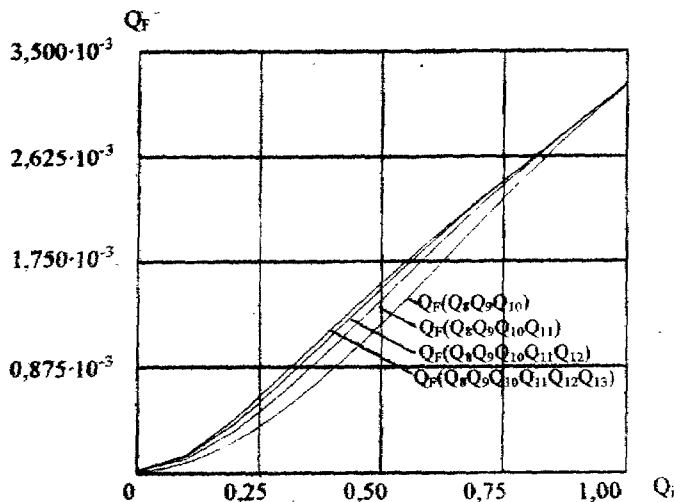


Рис. 2. Зависимость вероятности электропоражения от вероятностей событий, соответствующих организационным мероприятиям обеспечения безопасности. Q_F — вероятность электропоражения; Q_i — вероятность i -ого события

Выполненный анализ показал высокую эффективность для обеспечения электробезопасности факторов, связанных с организацией безопасного ведения работ и действиями персонала. Это в сочетании с результатами обработки статистического материала позволяет сделать вывод о том, что дальнейшее повышение уровня безопасности при эксплуатации и обслуживании электроустановок может быть достигнуто за счет увеличения надежности человека в системе «человек-среда-электроустановка».

Основными способами повышения надежности персонала являются.

- подбор персонала, обладающего профессионально значимыми характеристиками (в том числе электротехническими параметрами сопротивления тела человека);
- организация эффективной системы подготовки персонала;
- использование контроля и, в случае необходимости, коррекции текущего функционального состояния работников.

Анализ программ производственного обучения и структуры существующей системы подготовки персонала по безопасности труда позволил выявить ряд существенных недостатков, снижающих качество подготовки работника и уровень его защищенности в условиях производства. Были рассмотрены учебный план и программы подготовки и повышения квалификации рабочих на производстве для электрослесарей по ремонту оборудования распределительных устройств второго-третьего разрядов в цветной металлургии.

С вопросами безопасности труда работник знакомится при прохождении производственного обучения в учебной мастерской и при изучении предмета «Специальная технология». Согласно данным выполненного анализа, при обучении в учебной мастерской только на ознакомление с заглаженным материалом, изложенным наиболее простым, естественным языком, необходимо около 12 ч. При условии что тематическим планом на этот раздел отводится только 6 ч, учебная программа перегружена в 2 раза.

Если в качестве конечной цели обучения ставится последующая самостоятельная (без подсказки) безошибочная деятельность работника (причем, при обучении материал был изложен с использованием специфического для данной науки языка понятий и терминов), то для усвоения материала обучаемому потребуется около 300 ч ($T = 307$ ч), и, следовательно, учебная программа перегружена в 51 раз.

Следующей причиной низкой эффективности системы подготовки персонала по вопросам безопасности является то, что теоретическое обучение и многократное повторение материала, предусмотренные системой повторно-периодических инструктажей, приводят к утрате внимания

слушателей и отсутствию предполагаемого закрепления знаний в процессе обучения (во время инструктажа).

Для устранения выявленных недостатков в работе предложена схема реорганизации системы подготовки персонала по безопасности труда, которая предполагает проводить аттестацию в полном объеме программы производственного обучения при:

- приеме на работу;
- переходе на другую должность;
- повышении квалификации;
- перерыве в работе в качестве электротехнического персонала более одного года.

Ежегодную проверку знаний в объеме соответствующей квалификационной группы по технике безопасности и систему инструктажей рекомендуется заменить системой повторно-периодических проверок знаний по вопросам безопасности. Причем контроль должен распространяться только на те правила и нормы, с которыми работник ежедневно встречается в своей производственной деятельности. При этом необходима разработка качественных методических материалов для самостоятельной подготовки работников к периодическим проверкам знаний. Самостоятельная подготовка не исключает проведения консультаций в случае необходимости. Частота проведения очередных повторно-периодических проверок должна варьироваться в зависимости от уровня образования, стажа работы, возраста работника, а также результатов предшествующей проверки знаний.

Особенности условий работы в высоковольтных электроустановках связаны, во-первых, с негативным влиянием на организм человека электрического поля промышленной частоты, создаваемого обслуживаемым электрооборудованием; во-вторых, с постоянной стрессовой ситуацией, обусловленной угрозой для жизни и здоровья персонала со стороны работающего электрооборудования, а также усугубляемой повышенным уровнем шума и неблагоприятными условиями открытой производственной площадки. Учитывая высокую долю организационных факторов среди причин электротравм, можно сделать вывод о том, что условия работы электротехнического персонала оказывают влияние на надежность выполнения им своих производственных обязанностей, увеличивая риск несчастного случая. Для проверки данного предположения было проведено обследование состояния здоровья персонала ряда подстанций «Уралэнерго» при помощи компьютерной системы электропунктурной экспресс-диагностики «Диакос», отражающей как физиологическое, так и психологическое состояние человека. Всего было обследовано 162 че-

ловека, из них имеющих право доступа на территорию открытого распределительного устройства – 92 человека, работающих преимущественно вне её – 70 человек.

В результате исследований установлено, что систематическое действие комплекса опасных и вредных производственных факторов, присутствующих на территории открытого распределительного устройства, в первую очередь, высокого напряжения, вызывает снижение защитных сил организма (иммунитета), прогрессирующее с увеличением стажа работы. В психоэмоциональной сфере это соответствует постепенно накапливающемуся стрессу (синдрому хронической усталости). Аналогичное изменение функционального состояния основных органов и систем человека для группы ремонтного персонала было выявлено и в течение рабочей смены. Однозначно связать полученные результаты только с производственным воздействием было бы преждевременно, так как подобное функциональное состояние может быть обусловлено и другими факторами, например, образом жизни (нерациональным питанием, злоупотреблением алкоголем, курением и т. д.). Однако то, что полученные данные характерны для однородной профессиональной группы, позволяет предположить ведущую роль производственного фактора.

Ослабление иммунной защиты организма, его способности к адаптации и связанное с этим состояние хронической усталости существенно увеличивают вероятность ошибочных действий персонала, снижая его надежность. Для своевременного выявления отклонений в психофизиологическом состоянии персонала и достаточно полной его реабилитации необходим контроль за текущим функциональным состоянием работников.

Предложенная в работе система мероприятий, включающая реорганизацию существующей системы подготовки персонала, профессиональный отбор и контроль за текущим психофизиологическим состоянием работающих, направлена на повышение надежности человека в условиях производства. Каждое отдельно взятое мероприятие и система в целом влияют на поведение человека, снижая вероятность ошибок. Поэтому оценка эффективности предложенного комплекса мероприятий была выполнена при помощи логико-вероятностной модели электропоражения (см. рис. 1). Необходимо отметить, что разработанная система мероприятий ориентирована в большей степени на ремонтный персонал. Связано это с тем, что данная категория работников чаще подвергается травмированию, а профессиональному отбору, обучению и контролю за текущим состоянием этих работников уделяется недостаточное внимание. При анализе эффективности предложенного комплекса мер с помощью модели, приведенной на рис. 1, из рассмотрения были исключены ветви, отно-

сящиеся к нормальной эксплуатации. Результаты расчета приведены в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость вероятности возникновения электропоражения от вероятностей групп событий логико-вероятностной модели

Обозначение события	Значение вероятности i-ого события				
	Q_{i1}	Q_{i2}	Q_{i3}	Q_{i4}	Q_{i5}
x_2	$1 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
x_3	$5 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
x_4	$1 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
x_6	$1 \cdot 10^{-3}$	$9,5 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-4}$	$8,5 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$
x_8	$4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$
x_9	$5 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
x_{10}	$1 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
x_{11}	$1 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
x_{12}	$5 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
x_{13}	$5 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
x_{16}	$6 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
$Q_F(x_2, x_3, x_4)$	$9,48 \cdot 10^{-4}$	$9,48 \cdot 10^{-4}$	$9,48 \cdot 10^{-4}$	$9,48 \cdot 10^{-4}$	$9,48 \cdot 10^{-4}$
$Q_F(x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13})$	$9,48 \cdot 10^{-4}$	$3,93 \cdot 10^{-4}$	$1,56 \cdot 10^{-4}$	$1,03 \cdot 10^{-4}$	$5,37 \cdot 10^{-5}$
$Q_F(x_2, x_3, x_4, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13})$	$9,48 \cdot 10^{-4}$	$3,93 \cdot 10^{-4}$	$1,56 \cdot 10^{-4}$	$1,03 \cdot 10^{-4}$	$5,37 \cdot 10^{-5}$
$Q_F(x_2, x_3, x_4, x_6, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{16})$	$9,48 \cdot 10^{-4}$	$3,93 \cdot 10^{-4}$	$1,56 \cdot 10^{-4}$	$1,03 \cdot 10^{-4}$	$5,37 \cdot 10^{-5}$

Данные табл. 3 показали, что наибольший эффект в снижении риска электротравмы дает применение всего комплекса мер. Изменение $Q_F(x_2, x_3, x_4, x_6, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{16})$ в этом случае составляет 17 раз.

Таким образом, внедрение в практику эксплуатации электроустановок предложенной системы мероприятий позволит повысить уровень электробезопасности (от 2,4 до 17 раз) с одновременным увеличением надежности электроснабжения за счет снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано новое решение актуальной научно-технической задачи, заключающееся в обосновании и разработке системы организационно-профилактических мероприятий, направленных на повышение надежности и эффективности работы персонала в системе "человек-среда-электроустановка", необходимой для достижения более

высокого уровня безопасности и надежности электроснабжения. Выполненные теоретические и экспериментальные исследования привели к следующим результатам и выводам:

1. Анализ электротравматизма в цветной металлургии за 1980-1990 гг., проведенный с помощью разработанной автоматизированной информационно-поисковой системы, показал, что большая часть поражений электротехнического персонала, произошедших при ведении ремонтных работ в электроустановках напряжением выше 1000 В, обусловлена организационными причинами, являющимися следствием существенных недостатков как в системе организации безопасного ведения работ, так и в системе подготовки персонала.
2. Исследование динамики электротравматизма в зависимости от таких факторов, как время года, день недели, время суток, а также стаж работы и возраст пострадавшего позволяет утверждать, что наряду с совершенствованием организации ведения работ в электроустановках необходимо в большей степени учитывать психофизиологическое состояние персонала, занятого на работах в условиях повышенной опасности, и, кроме того, показывает необходимость проведения коррекции общего функционального состояния электротехнического персонала в течение рабочей недели.
3. Разработана новая логико-вероятностная модель возникновения электропоражения, которая впервые дает возможность учитывать влияние ошибочных действий персонала на вероятность электропоражения, а также определять эффективность различных организационных и технических мероприятий обеспечения безопасности работ в электроустановках.
4. Обоснована и разработана методика проверки правильности построения логико-вероятностных моделей опасных ситуаций.
5. Оценка влияния событий, связанных с действиями персонала, на вероятность электропоражения, показала, что наряду с совершенствованием средств обеспечения электробезопасности повышение уровня безопасности при эксплуатации электроустановок может быть достигнуто за счет улучшения организации безопасного ведения работы и подготовки персонала, использования профессионального отбора, а также наблюдения за состоянием здоровья и психофизиологическим состоянием работающих. В частности, повышение качества подготовки персонала по безопасности труда может быть достигнуто заменой системы повторно-периодических инструктажей и ежегодных аттестаций электротехнического персонала в объеме требований квалификационной группы по технике безопасности системой повторно-периодических проверок знаний в пределах инструкций по охране труда для данной профессии

либо специфических видов работ, постоянно или периодически выполняемых работником. Периодичность проверок должна изменяться в зависимости от уровня образования, стажа работы и возраста работника.

6. Особенности условий работы в высоковольтных электроустановках, включающие ряд опасных и вредных производственных факторов, влияют на текущее функциональное (в том числе и психоэмоциональное) состояние работников, снижая надежность и создавая предпосылки для возникновения ошибочных действий персонала.
7. Комплекс мероприятий, включающий реорганизацию системы подготовки персонала по безопасности труда, профессиональный отбор и контроль за функциональным состоянием работников, оказывает существенное влияние на повышение надежности персонала в системе "человек-среда-электроустановка". Внедрение предложенной в работе системы мероприятий позволит повысить уровень электробезопасности (от 2,4 до 17 раз) с одновременным увеличением надежности электрооборудования за счет исключения аварийных ситуаций.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Окраинская И. С., Безваритный В. А., Сидоров А. И. Состояние электробезопасности на предприятиях цветной металлургии //Проблемы электробезопасности в народном хозяйстве: Тез. докл. – Челябинск: ЧГТУ, 1991. – С. 11.
2. Окраинская И. С. Анализ причин электротравматизма на предприятиях цветной металлургии //Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. тр. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – С. 58–65.
3. Окраинская И. С. Влияние временных факторов на уровень электротравматизма //Контроль изоляции в распределительных сетях: Тез. докл. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – С. 28.
4. Ситчихин Ю. В., Окраинская И. С. Логико-вероятностная модель электропоражения с учетом возможных ошибочных действий персонала //Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. тр. – Челябинск: ЧГТУ, 1995. – С. 108–114.
5. Окраинская И. С. Автоматизированная информационно-поисковая система (АИПС) учета и анализа электротравматизма //Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. тр. – Челябинск: ЧГТУ, 1995. – С. 97–99.
6. Sidorow A., Siczichin J., Okrainkaja I., Logiczno-probabilistyczne modelowanie powstawania wypadkow porazen elektrycznych w sieciach z izolowanym punktem neutralnym //Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna «Ochrona przeciwporazeniowa w urządzeniach elektrycznych». Polska, Wrocław. – 1995. – P. 240–245.

7. Краинская И. С. Определение параметров логико-вероятностной модели электропоражения методом экспертных оценок //Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. тр. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – С 25–27
8. Краинская И. С. Оценка влияния организационно-технических мероприятий на уровень электробезопасности //Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. тр. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – С. 27–30.
- 9 Сидоров А. И., Красильникова Э. М., Краинская И. С. Повышение уровня электробезопасности путем коррекции психофизиологического состояния работников //Безопасность жизнедеятельности: Сб. научн. тр – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – С. 79–82.
10. Электробезопасность на открытых горных работах /В. И. Щуцкий, А. И. Сидоров, Ю. В. Ситчихин и др. – М: Недра, 1996. – 267с. (п. 8.4., С. 223 – 237.)
- 11.Красильникова Э. М., Краинская И. С., Сидоров А. И. Оценка электрических полей промышленной частоты как стресс-фактора //Электробезопасность. – 1996. – №1. – С. 5 – 12.
- 12 Краинская И. С., Ситчихин Ю. В., Сидоров А. И. Логико-вероятностная модель возникновения электроопасных ситуаций, учитывающая особенности организации работ в электроустановках //Электробезопасность. – 1996. – №2. – С. 27 – 41.
- 13.Краинская И. С., Ситчихин Ю. В., Сидоров А. И. Повышение надежности персонала в системе «человек-среда-электроустановка» путем реорганизации системы обучения вопросам безопасности //Электробезопасность. – 1996. – №3 – 4. – С 42–52.

И. С.

Техн.редактор А.В.Миних

Издательство Челябинского
государственного технического университета

ЛР № 020364 от 10.04.97. Подписано в печать 11.09.97 Формат 60×84 1/16. Печать офсетная. Усл.печ.л. 0,93. Уч.-изд. л.0,99
Тираж 100 экз. Заказ 268/322.

УОП издательства. 454080, пр.им.В.И.Ленина, 76.