

3. **Нефедова, Н.В.** Улучшение качества напряжения в подземных распределительных сетях 6 кВ калийных рудников установками продольной компенсации потерь напряжения / **Н.В. Нефедова** и др. // М.: Энергетика. 1979. -324 с.
4. **Кронгауз, Д.Э.** Повышение качества электроэнергии в городских распределительных сетях посредством управления режимами реактивной мощности / Д.Э. Кронгауз // Промышленная энергетика. 2010. - № 10. - С. 39 - 43 .
5. **Плащанский Л.А.** Основы электроснабжения горных предприятий М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006 г. — 499 с: ил. : Учебник для вузов. — 2-е изд., исправ.
6. **Плащанский Л.А., Беляк В.Л.** Анализ технологических схем с целью рационального электроснабжения участков угольных шахт при напряжении 3 (3,3) кВ// М.: Горный информационно-аналитический бюллетень МГГУ - 2007 - № 6 - С. 238-241

Рукопись поступила в редакцию 03.03.14

УДК 658.8: 622.8: 331.453

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., И.О. СИНЧУК, канд. техн. наук, доц.,
А.А. ХАРИТОНОВ, старший преподаватель, Криворожский национальный университет

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ПРИЧИН ЭЛЕКТРОТРАВМАТИЗМА В УСЛОВИЯХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В статье проведено анализирование и оценивание причин электротравматизма электротехнического и неэлектротехнического персонала в условиях железорудных производств. Приведены такие данные исследований, как динамика колебаний уровней электротравматизма на отечественных железорудных шахтах; тенденции электротравматизма по виду работ, связанных и не связанных с обслуживанием электроустановок на железорудных предприятиях; гистограмма распределения вероятностей травмирования электрическим током электротехнического и неэлектротехнического персонала железорудных производств; пример диаграммы причинно-следственных связей. Представлена структура возникновения травмоопасных факторов в системе «человек - горнорудное производство - электротехнические комплексы». Для рассматриваемого несчастного случая и построенных причинных диаграмм получены структурные уравнения, анализ которых позволил сделать вывод о выходных величинах на основании информации о входных, оценку состояния электротравматизма позволяющую, наряду с оценкой динамики, условий, очагов, обстоятельств несчастных случаев, получить причинно-следственную модель процесса электротравмирования, необходимую для принятия управляющих решений по обеспечению безопасности процесса электропотребления при ведении работ в подземных горных выработках.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Вопросы совершенствования системы строения организации безопасных условий труда вообще и в горно-металлургической отрасли в нынешних условиях весьма актуальны и требуют пристально-постоянного внимания к себе в том числе и, что весьма важно, в направлении мониторинга ситуаций и контроля действенности функционирования системы анализа произошедших несчастных случаев (НС) [1-3].

Анализ исследований и публикаций. Вышеизложенное в полной мере относится и к электробезопасности. Особенно на предприятиях с подземным способом ведения горных работ, в том числе железорудным шахтам (рудникам) [1]. Здесь, как известно, наиболее опасным по уровню поражений и их последствий является контактный провод (КП) тяговой контактной сети электровозной откатки. Около 40% от общего количества всех электротравм произошедших в подземных горных выработках рудных шахт это электротравмы полученные при несанкционированном, но реально возможным по технологии ведения горных работ, касании горнорабочими КП. Немаловажен для раскрытия этой проблемы в дальнейшем тот факт, что, как правило, за редким исключением, все случаи поражения электрическим током при касании КП были получены горнорабочими, чья работа не связана на прясую с эксплуатацией и обслуживанием комплекса внутришахтного транспорта (ВШТ).

Цель исследований. Идентификация и классификация причин электротравматизма в железорудных шахтах для дальнейшей разработки системы управляющих решений, направленной на разработку профилактических мероприятий по устранению потенциальных опасностей в системе «человек – железорудное производство – электротехнические комплексы».

Изложение материала и результаты. Динамика электротравматизма на железорудных шахтах представлена на рис.1, анализ которого показывает, что имеется тенденция роста общего электротравматизма (ЭТ) и близкая к стабильности тенденция смертельного электротравматизма и коэффициента тяжести.

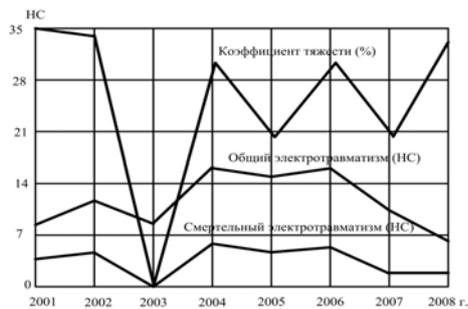


Рис. 1. Динамика колебаний уровней электротравматизма на открытых железорудных шахтах

При более глубоком изучении электротравматизма обращают на себя внимание тенденции по виду работ, приведенные в таблице 1.

Из данных табл. 1 видно, что общий электротравматизм, в том числе и его составляющие по виду работ, по прежнему имеют явную тенденцию роста. Тенденция же роста смертельного электротравматизма определяется только его составляющей - электротравматизмом на работах не связанных с обслуживанием электроустановок и может быть признана значительной.

Таблица 1

Тенденции электротравматизма по виду работ, связанных и не связанных с обслуживанием электроустановок на железорудных предприятиях

Наименование электротравматизма и его составляющих	Количество электро- травм в году		Характер изменения тенденций абсолютное значение % изменений в год		
	2011	2012	рост	стабилизация	снижение
<i>Общий электротравматизм: (всего), в том числе по виду работ:</i>	33,7	61,0	5,5 н.с./16,2%	-	-
связанный с обслуживанием электроустановок	29,2	48,7	3,9 н.с./15,4%	-	-
не связанный с обслуживанием электроустановок	2,6	17,0	2,9 н.с./110,8%	-	-
<i>Смертельный электротравматизм: (всего), в том числе по виду работ:</i>	8,7	12,2	0,7 н.с./8,0%	-	-
связанный с обслуживанием электроустановок	8,0	8,0	-	8,0	-
не связанный с обслуживанием электроустановок	0,65	4,6	0,8 н.с./121,5%	-	-

Специфика электротравматизма на горных работах железорудных производств свидетельствует о необходимости более тщательного изучения причин его возникновения на основе исследования влияния факторов участвующих в формировании электротравмоопасных ситуаций и негативных влияний на надежность электрооборудования и средства электробезопасности. Эти исследования должны явиться основой разработки комплексов профилактических мероприятий, направленных на эффективное снижение процесса роста электротравматизма [5-7].

Профилактические меры должны быть направлены на снижение электротравматизма электротехнического персонала с различными группами, а также не электротехнического персонала, но особенно следует уделять внимание персоналу в четвертой группой по электробезопасности.

На рис. 2 представлена гистограмма распределения вероятностей травмирования не электротехнического и электротехнического персонала, из которой видно их значимое различие.



Рис. 2. Гистограмма распределения вероятностей травмирования электрическим током электротехнического и неэлектротехнического персонала железорудных производств

Применение электроэнергии на всех, без исключения, видах горных предприятий при обязательности обеспечения безопасности эксплуатации электротехнических комплексов и систем характеризуется рядом технических, организационных, санитарно-гигиенических, психофизиологических, социальных факторов [3]. Указанные факторы в непрерывном диалектическом взаимодействии обуславливают то, что мы характеризуем как «процесс труда» при использовании электроэнергии в горном деле. В этой связи исследование проблемы электробезопасности в методологическом плане должно опираться на комплексный подход, позволяющий решать задачи с учетом влияния вышеназванных факторов.

Исследование условий электробезопасности должно выполняться в рамках решения вопросов построения моделей эффективности, качества и надежности функционирования эрготехнической системы обеспечения электробезопасности (ЭТСОЭБ) [8,9]. Возможность создания математических моделей, полностью описывающих логику и динамику процессов трудовой деятельности при обслуживании и эксплуатации электроустановок горных предприятий с учетом изменения показателей качества функционирования персонала, в настоящее время затруднена из-за недостаточного уровня развития теории моделирования этих процессов.

С учетом сложности рассматриваемой проблемы целесообразно в рамках вышеуказанного комплексного подхода рассмотреть методические принципы и методики исследований отдельных аспектов, позволяющих: оценить показатели и характеристики электротравматизма, сравнительную степень электроопасности отдельных электроустановок; выполнить моделирование процесса возникновения электротравм; установить критериальные значения, определяющие безопасный уровень влияния на человека опасного производственного фактора - электрического тока; определить значения параметров и характеристик, обуславливающих безопасность в наиболее травмоопасных электроустановках; дать оценку персонала как элемента ЭТСОЭБ.

В основу оценки состояния электробезопасности целесообразно положить изучение статистического материала о несчастных случаях. Исследование статистических данных требует установления классификации электротравм, отражающей многообразие сопутствующих н.с. условий и факторов.

Классификация при анализе электротравм должна позволять выполнять их систематизацию для изучения и раскрытия сути явления электротравматизма. Одним из основных требований к классификации должно быть выявление цели, принципов и ведущих признаков группировок электротравм. Вместе с этим выполненная классификация должна помогать в практической работе по планированию, организации мероприятий по обеспечению электробезопасности.

К числу основных признаков классификации электротравм отнесено следующее: отрасль, технологический процесс производства, динамика электротравматизма, род тока и рабочее напряжение электроустановок, вид электрооборудования, место происшествия электротравм, время происшествия электротравм, профессия, стаж работы и возраст пострадавших.

Анализ статистического материала [10,11] об ЭТ позволяет предложить следующие рассуждения – события во временной цепи происхождения (возникновения) ЭТ упорядочены и осуществляются таким образом, что можно выдвинуть рассуждения о причинных связях между ними. В общем плане выражение этой причинной связи состоит в следующем. Событие А является причиной другого события В, если первое событие вызвало надежду на второе событие или если осуществление А достаточно, но не необходимо для осуществления В. Во временном аспекте А, являясь причиной, предшествует В - следствию. С учетом логического и временного аспектов причинную связь можно определить как связь, при которой осуществление первого события является достаточным условием для осуществления более позднего события.

Причинные связи проявляются в изменении состояний объектов вследствие наличия операторов, под которыми подразумевают вещественное устройство или наделенный структурой процесс, обеспечивающие выполнение причинных связей.

Операторы и причинные связи могут подразделяться на составляющие (компоненты), что позволяет осуществлять упрощение действия причинных связей с целью анализа превращения одного события в другое. Указанное разделение целесообразно вести до уровней, обеспечивающих понимание действия причинности.

Для анализа причинных связей, согласно рекомендаций профессора Ляхомского А.В., с целью большей наглядности целесообразно выполнить графическое изображение причинных отношений, возникающих при электротравмировании [5]. Это изображение целесообразно выполнять с помощью потоковых графов, которые предполагают представление событий в виде потоков, В этом случае причинная связь между разными событиями может характеризоваться с помощью потоковых характеристик. Потоковые графы являются теоретической моделью процесса электротравмирования как процесса с причинно-следственными связями.

Если обозначить, взяв за основу реальный НС, следующие события: протекание через пострадавшего недопустимого тока - А, отключенное реле утечки - В, ошибочную подачу напряжения С, то причинные связи могут быть отражены, как это показано на рис. 3а.

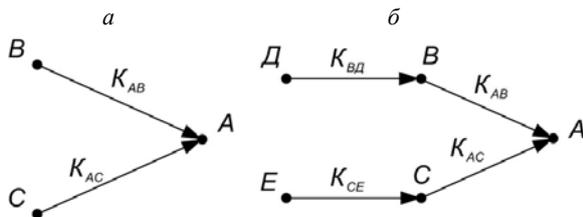


Рис. 3. Пример диаграммы причинно-следственных связей: а - с учетом причин В и С; б - с учетом причин Д,Е,В,С

Если к рассмотрению добавить события: снижение уровня сопротивления изоляции - Д, неправильное действие лица, включившего ошибочно напряжение - Е, то причинные связи отражаются диаграммой, приведенной на рис. 3б.

Анализ потоковых графов позволяет проследить за всеми последствиями входных переменных, в качестве которых выступают потоки событий, имеющие место при возникновении ЭТ.

При анализе потокового графа процесса электротравмирования рассматриваются различные всевозможные результаты действия системы, определяется степень коррелированности между переменными, делаются выводы о путях изменения системы для получения требуемых выходных характеристик.

Для целей анализа потоковых графов целесообразно составить структурные уравнения, с помощью которых качественные оценки выражаются в количественном виде.

Для рассматриваемого НС и причинных диаграмм, приведенных на рис. 3, имеем следующие структурные уравнения

$$A = K_{AB}B + K_{AC}C, \quad (1)$$

$$A = K_{AB}(K_{BD}D) + K_{AC}(K_{CE}E), \quad (2)$$

где K_{AB} , K_{AC} , K_{BD} - структурные коэффициенты, показывающие, каким образом преобразуется (количественно) изменение одной переменной (события) в изменение другой.

Анализ структурных уравнений позволяет сделать вывод о выходных величинах на основании информации о входных, оценка состояния электротравматизма позволяет, наряду с оценкой динамики, условий, очагов, обстоятельств НС, получить причинно-следственную модель процесса электротравмирования, необходимую для принятия управляющих решений по обеспечению безопасности процесса электропотребления при ведении работ в подземных горных выработках.

Выше было показано, что электротравматизм довольно сложное и многоаспектное явление, возникающее в системе "человек - железорудное производство - электротехнические комплексы" вследствие нарушения пространственно-временных и функциональных взаимосвязей ее элементов. Данная система отличается от рассмотренной и проанализированной многими авторами «человек - электроустановка - среда» большей конкретностью, поскольку категория «среда» заменена на более точную для решаемой в работе задачи категорию «горнорудное производство», а это требует развития методологических принципов анализа обстоятельств электротравматизма для установления его действительных причин.

Путем теоретического обобщения известных работ [4-8] разработана схема возникновения травмоопасных факторов в системе "человек-горнорудное производство-электротехнические комплексы" (Ч-ГП-ЭТК), представленная на рис. 4.



Рис. 4. Структура возникновения травмоопасных факторов в системе «человек - горнорудное производство - электротехнические комплексы»

Из нее видно, что производственный электротравматизм логично рассматривать как продукт совместного действия многих внешних причин (технических, санитарно-гигиенических, организационных, социальных) и человеческого фактора, включающего психофизические и физические особенности человека.

Такое представление возникновения производственного электротравматизма открывает принципиальную возможность более глубоко и объективно исследовать факторы и их сочетания, приведшие к несчастным случаям. Вместе с тем надо указать, что в железорудной промышленности до настоящего времени не известны сочетания факторов, определяющих возникновение электротравм, хотя наличие связей между уровнем электротравматизма и вышеперечисленными факторами (см. рис. 4) доказано достаточно убедительно в различных отраслях промышленности. Это одна из задач требующая своего решения путем дополнительных исследований.

Выводы и направления дальнейших исследований. Предложенная методика анализа и оценки состояний электротравматизма позволяет наряду с оценкой динамики, условий, очагов и обстоятельств произошедших несчастных случаев получить причинно-следственную модель процесса электротравмирования горнорабочих, которая необходима для принятия управляющих решений по обеспечению безопасного процесса потребления электрической энергии в условиях железорудных производств.

Список литературы

1. **Зеркалов Д. В.** Охорона праці в галузі. Загальні вимоги: навч. посібник / **Зеркалов Д. В.** // К.: Основа, 2011. – 551 с.
2. Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв / **А.А.Азарян, Ю.Г. Вілкул, Ю.П. Капленко, Ф.І. Караманиц, В.О. Колосов, В.С. Моркун, П.І. Пілов, В.Д. Сидоренко, А.Г. Темченко, П.Й. Федоренко** – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.
3. **Харитонов А.А.** Анализ электротравм для моделирования генезиса электротравм в электротехнических комплексах и системах железорудных шахт / Сборник интернет конференции «Образование и наука без границ», 07 – 15 декабря, 2013 г.
4. **Ляхомский А.В., Синчук О.Н., Харитонов А.А.** Физиологическая характеристика горнорабочих железорудных шахт как элемента эрготехнической системы обеспечения электробезопасности // Вестник Криворожского технического университета. – Кривой Рог: КНУ, 2013. Вип. 35. – С. 152 – 156.
5. **Синчук О.Н., Харитонов А.А.** К вопросу первичных критериев электробезопасности при эксплуатации тяговых контактных сетей железорудных шахт / Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського № 82. 2013г.
6. **Вышинская Н.Я.** Электротравматизм и меры снижения в системе электроустановка – среда – человек. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны труда ВЦСПС – Ленинград, 1989 – 26 с.
7. **Ляхомский А.В.** Исследования условий и разработка мероприятий по обеспечению электробезопасности в контактных сетях электровозной откатки угольных шахт: автореф. дисс. на получение научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.09.03. – МГИ, Москва, 1977. – 15 с.
8. **Михайлов Р.Н., Самолдин А.А., Лямичева И.И.** Разработка автоматизированной системы обработки информации о несчастных случаях на производстве//Безопасность и гигиена труда: Сборник научных работ институтов охраны труда ВЦСПС. - М, 1980 г. - С. 38 – 39.
9. Основы охорони праці: підручник / **Ткачук К. Н., Халімовський М. О. Зацарний В. В.** [та ін.]; за ред. **К. Ткачука** і **М. Халімовського**. - К.: Основа, 2006 – 448 с.
10. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей: учебник для вузов / М.: – ВШ, 2002г.
11. **Никитенко В.И.** Элементы теории ранговых критериев, работающих в реальном времени / Вестник Военной академии республики Беларусь 2009г. № 2 (23) С. 93-99.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.14

УДК 65.012.2

С.О. ПОПОВ, д-р техн. наук, проф., О.О. ПОПРОЖУК, аспірантка
Криворізький національний університет

ПРОБЛЕМА РЕСУРСНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРОЕКТІВ РЕМОНТІВ І МОДЕРНІЗАЦІЇ СКЛАДНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Обґрунтовано необхідність застосування нового підходу до ресурсного планування ремонтів і модернізації складного технологічного обладнання в умовах сучасних машинобудівних підприємств на основі дослідження су-