

Д.И. Боровик, А.Б. Тряпицын, А.И. Сидоров
(Южно-Уральский государственный университет;
e-mail: d2704583@yandex.ru)

О СИСТЕМЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОПАСНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Авторами предлагается концепция системы предупреждения несанкционированных опасных действий персонала на предприятиях электроэнергетики с использованием непрерывного контроля определения его местоположения.

Ключевые слова: электроэнергетика, производственный травматизм, предупреждение несчастных случаев.

D.I. Borovik, A.B. Tryapitsyn, A.I. Sidorov ABOUT SYSTEM OF THE WARNING DANGEROUS ACTION PERSONNEL IN POWER INDUSTRY

Authors propose concept of the system of the warning unauthorized dangerous action personnel in enterprise of power industry with use the unceasing checking the determination of his location.

Key words: power industry, industrial injuries, warning of accidents.

Статья поступила в редакцию 22 ноября 2010 г.

Темпы роста современной промышленности заставляют человечество всё больше добывать и перерабатывать энергоресурсы, повышать производительность технических систем, автоматизировать производство. Согласно энергоэнтропийной концепции опасностей [1], это приводит к увеличению техногенных опасностей, связанных с несанкционированным и неуправляемым выходом энергии, что может закончиться гибелью или травмированием людей. Для идентификации и оценки опасностей такого рода необходимо детально изучать процессы, происходящие в системе "человек-машина-среда", опираясь, главным образом, на имеющиеся статистические данные.

Качество и достоверность оценки определяется полнотой информации, используемой при анализе травматизма и установлении причинно-следственных связей возникновения несчастных случаев. В некоторых крупных отраслях экономики нашей страны, имеющих широкий географический масштаб и большую численность сотрудников, с накоплением и хранением информации о несчастных случаях возникают определенные затруднения. К одной из таких отраслей относится электроэнергетика. Это, главным образом, является следствием реформирования отрасли, в течение которого (с 2002 по 2008 г.) происходили глобальные изменения как системы управления отраслью в целом, так и системы управления охраной труда в частности. Несмотря на то, что аналитическими изданиями составлялись и публиковались отчеты травматизма по

большинству предприятий электроэнергетики, данные в них были, на наш взгляд, слабо систематизированы и непригодны для автоматизированной обработки. Кроме того, в периодических изданиях наибольшее внимание уделялось несчастным случаям со смертельным исходом.

Очевидно, что с развитием вычислительной техники и средств связи автоматизировать учет травматизма в целом и электротравматизма в частности не составляет труда. Например, в работе [2] авторами предложены методические рекомендации по автоматизированному учету и анализу электротравматизма. С помощью предложенной методики появляется возможность выявления закономерностей возникновения травмоопасных ситуаций, приводящих к электротравмам. Методика предполагает разработку "Учётной карточки электротравмы", где каждый несчастный случай характеризуется 28-ю факторами, определяющими личность пострадавшего; технические характеристики и состояние оборудования, при работе на котором произошел несчастный случай; параметры электрического тока; организацию производства и условия труда.

Системы учёта и анализа электротравматизма разрабатывались и для других отраслей экономики. В работе [3] предложена одна из таких систем для горнодобывающей отрасли, основные элементы которой могут быть также применены в электроэнергетике.

Из сказанного выше следует: аналитические обзоры травматизма в электроэнергетике за последние годы целесообразно рассматривать исключительно в целях получения качественных характеристик (например, количества несчастных случаев в процентном соотношении по группам) и стараться не составлять детальных прогнозов, основанных на математической обработке статистических данных, в связи с неполнотой и малым объёмом этих данных.

На основе аналитических обзоров травматизма, предоставленных издательством "Энерго-пресс", авторами были выявлены, учтены и разделены на группы несчастные случаи (НС) со смертельным исходом, произошедшие за период с 2002 по 2009 г. (табл. 1).

Таблица 1

Количество смертельных случаев в электроэнергетике

Группа НС	Количество смертельных случаев за год относительно общего количества несчастных случаев, %							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009*
Поражение электрическим током при ремонтных работах	22/39	33/48	25/36	19/22	23/19	35/20	14/15	6/17
Травмы при ведении ремонтно-монтажных работ	9/16	7/10	11/16	9/11	13/10	12/7	6/6	-
Падение с высоты	7/12	4/6	10/14	10/12	12/10	8/4	6/6	4/11
ДТП	6/11	13/19	7/10	19/22	15/12	16/9	7/7	2/6
Естественная смерть	4/7	5/7	5/7	15/17	24/19	48/27	28/30	7/20
Личная неосторожность	3/5	4/6	3/4	2/2	4/3	3/2	-	-
Поражение электрическим током при попытке хищения имущества, самовольном подключении	-	-	2/3	-	15/12	46/25	16/17	9/26
Убийство, самоубийство	-	-	3/4	5/6	3/2	6/3	2/2	4/11
Прочее	6/10	3/4	4/6	7/8	16/13	5/3	16/17	3/9
Всего	57/100	69/100	70/100	86/100	125/100	179/100	95/100	35/100

* – данные за первую половину 2009 г.

В связи с тем, что для проводимого авторами исследования достаточно знать только основные тенденции в происходящих несчастных случаях, дальнейшие рассуждения будут строиться, главным образом, на усредненных данных за рассматриваемый интервал времени (рис. 1), полученных на основе табл. 1.

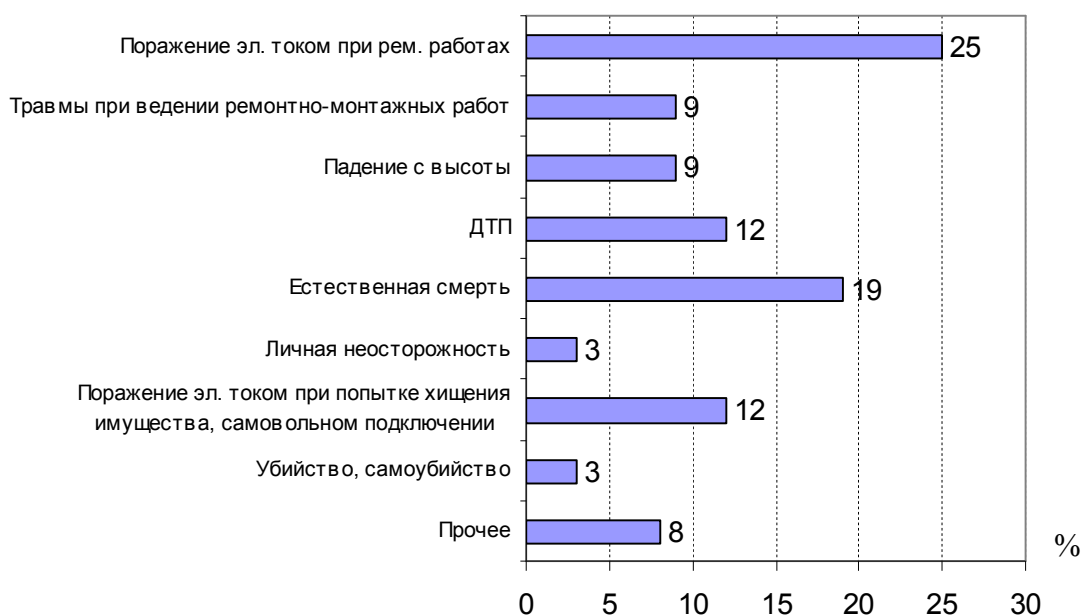


Рис. 1. Распределение причин, приводящих к смертельным случаям в электроэнергетике за 2002-2009 годы

Несчастные случаи, относящиеся к группе "Травмы при ведении ремонтно-монтажных работ", составляют такие виды травм как: тепловые ожоги, травмы в результате падения и движения предметов и механических объектов, травмы при работе с инструментом и т.п.

Согласно данным, представленным в табл. 1, за последние годы на предприятиях электроэнергетики ежегодно фиксируется около 95 несчастных случаев со смертельным исходом при общей численности сотрудников отрасли около 450 *тыс.* человек (по данным Росстата за 2009 год [5]). Такие показатели являются неопровержимым доказательством актуальности вопроса обеспечения безопасности в этой отрасли экономики, а задачи, связанные с уменьшением уровня травматизма, требуют решения, искать которое предлагается, основываясь на энергоэнтропийную концепцию опасностей.

Отметим два кардинальных принципа обеспечения безопасности в техносфере [1], вытекающих из упомянутой выше концепции:

1. Полный отказ или максимально возможное сокращение в ней энергоёмких технологических процессов.
2. Исключение условий возникновения происшествий.

Осуществление первого принципа на предприятиях электроэнергетики сопоставимо с остановкой всех работ в связи с тем, что значительная часть несчастных случаев (25 % от общего количества) связана с воздействием электрического тока на человека при ведении работ с действующим электрооборудова-

нием. Следовательно, предлагается искать решение поставленной задачи, опираясь на второй принцип.

Исключение условий возникновения техногенных происшествий означает на практике необходимость решения таких задач как:

- недопущение ошибочных и несанкционированных действий персонала;
- устранение условий возникновения отказов технологического оборудования;
- предупреждение непрогнозируемых внешних воздействий на людей и технику со стороны окружающей среды.

Сопоставив эти задачи по обеспечению безопасности и аналитические данные по травматизму (рис. 1), особое внимание остановим на недопущении ошибочных и несанкционированных действий персонала, так как именно по этой причине происходит приблизительно 70 % всех несчастных случаев со смертельным исходом.

Для решения этой задачи необходимы: проверка на профессиональную пригодность, повышение технологической дисциплинированности работающих, проведение различного вида инструктажей (повторного, внепланового и т.п.).

Недостатком контроля выполнения технологических операций является то, что он осуществляется либо до начала работ, либо после их окончания.

Авторами предлагается контроль ошибочных и несанкционированных действий персонала осуществлять в течение всего технологического процесса, что позволит заблаговременно предотвратить возникновение опасностей.

Суть предложенного контроля заключается в непрерывном определении местоположения персонала и дальнейшем сопоставлении полученных данных с выполняемыми на протяжении рабочей смены операциями. Очевидно, что в зависимости от вида производственного объекта и технологических операций будут принципиально меняться и методы анализа рассматриваемых данных.

Для того, чтобы представить сказанное выше в математической форме, введем следующие обозначения. Отдельные территориальные участки производственного объекта, на которых может находиться персонал в течение рабочей смены, назовем рабочими зонами и обозначим S_n :

$$S_n = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}, \quad n = \overline{1, N}.$$

Пусть на территории рассматриваемого производственного объекта находятся M человек. За $t_{m,n}^{BX}$ примем такой момент времени, в который m -й сотрудник ($m = \overline{1, M}$) пересекает границы рабочей зоны S_n , а за $t_{m,n}^{ВЫХ}$ – момент времени, в который m -й сотрудник покидает пределы этой рабочей зоны. С учетом того, что за рабочую смену m -й сотрудник может попасть в S_n зону $k_{m,n}$ раз, описанные ранее моменты времени представим в виде множества $T_{m,n}$:

$$T_{m,n} = \left\{ \begin{array}{l} \left[t_{m,n,1}^{BX} ; t_{m,n,1}^{ВЫХ} \right] \\ \left[t_{m,n,2}^{BX} ; t_{m,n,2}^{ВЫХ} \right] \\ \dots \\ \left[t_{m,n,k_{m,n}}^{BX} ; t_{m,n,k_{m,n}}^{ВЫХ} \right] \end{array} \right\}.$$

Множество моментов времени

$$T_m = \{T_{m,1}, T_{m,2}, \dots, T_{m,N}\}$$

однозначно определяет местоположение j -ого сотрудника на протяжении всей рабочей смены, а множество

$$T = \{T_1, T_2, \dots, T_M\},$$

содержит полную информацию о перемещениях сотрудников по производственному объекту.

Выделим на территории производственного объекта P различных вредных и опасных производственных факторов F_p ($p = \overline{1, P}$), воздействующих на персонал. За моменты времени $t_{p,n}^{\text{нач}}$ и $t_{p,n}^{\text{кон}}$ примем, соответственно, начало и конец проявления фактора F_p в рабочей зоне S_n . Далее с помощью множества

$$Q_{p,n} = \left\{ \begin{array}{l} \left[t_{p,n,1}^{\text{нач}} ; t_{p,n,1}^{\text{кон}} \right] \\ \left[t_{p,n,2}^{\text{нач}} ; t_{p,n,2}^{\text{кон}} \right] \\ \vdots \\ \left[t_{p,n,l_{m,n}}^{\text{нач}} ; t_{p,n,l_{m,n}}^{\text{кон}} \right] \end{array} \right\}$$

зададим $l_{m,n}$ временных интервалов проявления фактора F_p в рабочей зоне S_n . Время воздействия каждого фактора в отдельных рабочих зонах и всех факторов на объекте в целом зададим соответственно множествами

$$Q_p = \{Q_{p,1}, Q_{p,2}, \dots, Q_{p,N}\},$$
$$Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_P\}.$$

Сопоставляя множества T и Q , можно определить время воздействия всех рассматриваемых вредных и опасных факторов на m -ого сотрудника.

Полученную информацию можно использовать в различных целях. Во-первых, при аттестации рабочих мест по условиям труда появляется возможность с высокой точностью определить время воздействия на сотрудника вредных и опасных факторов. Соответственно, владея такой информацией, работодатель в силах своевременно бороться с неблагоприятным действием таких физических факторов, как параметры микроклимата, шума, освещения, которые, в свою очередь, значительно влияют на работоспособность и состояние здоровья сотрудников. Согласно аналитическим обзорам травматизма, около 19 % смертельных несчастных случаев происходили по естественным причинам в результате сердечной недостаточности. Причиной этому как раз могли послужить неблагоприятные параметры микроклимата или переутомление, связанное с неудовлетворительным освещением или уровнем шума на рабочем месте.

Во-вторых, при ведении работ на опасных производственных объектах появляется возможность следить за производственной дисциплиной (самовольное расширение области работ) и несанкционированным проникновением в потенциально опасные зоны. Согласно аналитическому обзору травматизма, такие действия приводят к 5 % несчастных случаев со смертельным исходом.

Предложенный выше математический аппарат позволяет описать технологические процессы, происходящие только на заранее определенной территории. В случае же оперативных выездов или перемещений, обусловленных выполнением служебных обязанностей, сотрудники также подвергаются опасностям, связанным с дорожно-транспортными происшествиями (ДТП). Согласно статистическим данным, в электроэнергетике приблизительно 12 % несчастных случаев происходят в результате ДТП по следующим причинам: выезд на встречную полосу, потеря управления автомобилем, неблагоприятные метеоусловия и пр.

Снизить количество ДТП можно за счёт непрерывного контроля местоположения транспортного средства и его скоростного режима. Ведь именно от выбора правильного скоростного режима зависит скорость реакции водителя на возникающую опасность и, как следствие, вероятность самого ДТП.

Другими словами, если в каждый момент времени t_i движения транспортного средства мы знаем его скорость V_i , то за выбранный промежуток времени ни одно значение V_i не должно превышать заранее выбранного значения скорости $V_{зад}$.

$$\forall i: V_i \leq V_{зад}.$$

В случае превышения скорости на некоторых участках пути:

$$\exists i: V_i > V_{зад},$$

необходимо рассчитывать суммарное время превышения скорости $t_{прев}$ и вычислить коэффициент:

$$K_{прев} = \frac{t_{прев}}{t_{пути}},$$

где $t_{пути}$ определяется как сумма моментов времени, для которых $V_i > 0$.

Установив максимальные значения V_j^{MAX} для различных метеоусловий и типов местности, у работодателя появляется возможность в реальном времени контролировать скоростной режим транспортных средств. В случае увеличения коэффициента $K_{прев}$ своевременно принятые меры позволят снизить вероятность возникновения ДТП.

В заключение отметим, что в связи с повсеместным распространением средств беспроводной связи и технологий определения местоположения человека, реализация предложенного метода возможна уже на сегодняшний день.

На территории производственного объекта рассмотренную задачу целесообразно решать с применением систем определения местоположения в реальном времени (RTLS), широко представленных на рынке. С помощью систем глобального позиционирования (GPS) можно определять местоположение и скорость наблюдаемого объекта практически в любой точке земного шара. Сложность реализации предложенной системы на сегодняшний день заключается лишь в разработке программного комплекса, благодаря которому осуществлялась бы синхронизация поступающих данных и реализовывались алгоритмы их обработки.

Литература

1. **Белов П.Г.** Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. Уч. пос. для вузов. М.: Издательский центр "Академия", 2003. 512 с.
2. **Дальнов А.С., Вышинская Н.Я., Тварадзе С.В.** Методические рекомендации по автоматизированному учету и анализу электротравматизма. Л.: ПО № 3 Ленуприздата, 1989. 40 с.
3. **Система** учета и анализа электротравматизма / Щуцкий В.И., Маврицын А.М., Ситчихин Ю.В., Сидоров А.И., Щергин С.Т. М.: Ротапринт, 1977. 17 с.
4. **Красных А.А.** Разработка основ проектирования и создание комплекса электрозащитных средств и устройств мониторинга состояния воздушных линий электропередачи напряжением до 35 кВ для повышения безопасности их эксплуатации: дис. на соиск. уч. степ. д-р техн. наук. Киров, 2005. 335 с.
5. **Федеральная** служба государственной статистики. Среднесписочная численность сотрудников по видам деятельности. – <http://www.gks.ru>.