

 на правах рукописи

Соколова Эльвира Илдаровна

Снижение риска повреждения здоровья электротехнического персонала,
занятого на энергетических объектах металлургических комплексов

05.26.01 –Охрана труда (электроэнергетика)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Магнитогорск
2019

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» на кафедре «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности».

Научный руководитель –

Черчинцев В.Д.

доктор технических наук, профессор;

Перятинский Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Официальные оппоненты:

Филин Александр Эдуардович доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Техносферная безопасность» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", г. Москва;

Тряпицин Александр Борисович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.

Защита диссертации состоится 17 декабря 2019 г., в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.298.05 при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по адресу: г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, ауд.1007.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» и на официальном сайте ЮУрГУ по адресу: <https://www.susu.ru/ru/dissertation/d-21229805/sokolova-elvira-ildarovna-0>

Автореферат разослан «__» _____ 20__ г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, гл. корпус, Ученый совет ЮУрГУ, тел./факс: +7(351)-267-91-23.
E-mail: grigorevma@susu.ru

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 212.298.05
д-р техн. наук, профессор



М.А. Григорьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Огромные электроэнергетические затраты крупных металлургических комбинатов и заводов, включающих в себя полный производственный цикл от добычи сырья до выпуска пачек и рулонов металла с различным покрытием, определяют необходимость создания и функционирования в своем составе цехов вспомогательного характера, объединенных в управление главного энергетика (УГЭ). В комплекс электроэнергетических цехов, как правило, входят: теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), центральная электротехническая лаборатория (ЦЭТЛ), цех электрических сетей и подстанций (ЦЭСиП), центр энергосберегающих технологий (ЦЭСТ) и др.. Все работы электротехнического характера, производимые как в вспомогательных, так и в основных цехах, выполняются по трем основным заданиям: наряды, распоряжения, а также в порядке текущей эксплуатации электрооборудования. В обязанности электротехнического персонала УГЭ входит выполнение работ повышенной опасности, проводимые по нарядам и распоряжениям. Работы электротехнического персонала в основных цехах металлургических комплексов в большей степени регламентируются обеспечением текущей эксплуатации электрооборудования. Высокий уровень контроля выполнения организационно-технических мероприятий в УГЭ обеспечивает снижение риска травмирования и как, следствие – отсутствие случаев повреждения здоровья за анализируемый период. В то же время, используемое в технологическом процессе оборудование, материалы и вещества в основных цехах производства металлургического предприятия, обуславливают наличие повышенного риска травмирования и профессионально обусловленных заболеваний, что влечет за собой трудовые и социально-экономические потери. На сегодняшний день уровень травматизма электротехнического персонала основных переделов металлургического производства остается достаточно высоким ввиду, нестационарности рабочего места, наличия большого количества разноплановых функций и операций.

Снижение риска травмирования и профессионально обусловленных заболеваний является первостепенной задачей в организации работы и эффективного взаимодействия всех звеньев системы управления охраной труда. Для решения данной задачи необходимо провести анализ существующих систем и методов управления риском, оценку уровней риска электротехнического персонала на металлургических предприятиях, выявить наличие связей уровня травмирования с условиями труда и человеческим фактором в рамках регистрируемых параметров, а также разработку мероприятий по снижению риска повреждения здоровья.

Цель работы – уменьшение риска повреждения здоровья электротехнического персонала, занятого на предприятиях металлургических комплексов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Выполнить анализ существующих методик оценки риска травмирования электротехнического персонала, а так же оценить уровень травматизма и условия труда электротехнического персонала, занятого на энергетических объектах металлургического комплекса.

2. Выявить связи травматизма с условиями труда и человеческим фактором с применением методов одномерного и многомерного моделирования.

3. Усовершенствовать методику оценки производственного риска повреждения здоровья, используя модели регрессионного и канонического анализов.

4. Определить приоритетные направления по снижению уровня производственного риска электротехнического персонала на основании выявленных связей в системах «Травматизм – Условия труда» и «Травматизм – Человеческий фактор».

Объект исследования – условия труда и человеческий фактор в системах «Травматизм – Условия труда» и «Травматизм – Человеческий фактор», как причины возникновения риска повреждения здоровья.

Предмет исследования – выявление закономерностей в системах «Травматизм – Условия труда» и «Травматизм – Человеческий фактор», позволяющих разработать корректирующие мероприятия, направленные на уменьшение риска повреждения здоровья электротехнического персонала.

Методические и теоретические основы исследования: в основу данной работы легли труды Бабокина И.А., Коломийцева В.М., Лисанова М.В., Мартынюк В.Ф., Овчинниковой Т.И., Проценко А.Н., Сидорова А.И., Сидорова В.И., Филина А.Э., Белешевой М. В., Бородаева Г.С., Карабанова Ю.Ф., Костерина В.Н., Кукина П.П., Тряпицына А.Б., Шалаек В.К., и многих других ученых, внесших значительный вклад в решение проблемы упреждения риска повреждения здоровья.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обоснована использованием данных, полученных в ходе пассивного эксперимента, а также результатов специальной оценки условий труда (аттестации рабочих мест) и производственного контроля, предоставленных аккредитованной на данный вид деятельности лабораторией. Обработка данных исследований проводилась с использованием методов математической статистики (факторным, регрессионным, корреляционным, каноническим) с использованием современной вычислительной техники, апробированного программного обеспечения и системе STATISTIKA®.

Научная новизна основных положений и результатов, выносимых на защиту:

1. Впервые использование факторного анализа, как метода статистической обработки информации, позволило уменьшить объем

исследуемого массива «Условия труда», и сохранять информационную ценность массива на уровне 70%.

2. Выявление линейных закономерностей между травматизмом и условиями труда возможно с помощью регрессионного метода одномерного моделирования, что позволяет разработать превентивные меры для снижения риска повреждения здоровья электротехнического персонала.

3. Для оценки степени влияния параметров «Условия труда» на травматизм целесообразно использовать метод канонического анализа, что обеспечивает повышение на 40% достоверности полученных результатов.

4. Получена модель управления риском травмирования на основе результатов канонических анализов в системах «Травматизм – Человеческий фактор», а также «Травматизм - Условия труда», позволяющая разработать предупреждающие мероприятия для уменьшения риска повреждения здоровья.

Теоретическая и практическая значимость работы:

– Впервые доказано, что определение устойчивых связей в системах «Травматизм – Условия труда» и «Травматизм – Человеческий фактор», позволяет разработать и обосновать методические подходы к проблеме предупреждения риска повреждения здоровья электротехнического персонала.

– Усовершенствована методика оценки риска травмирования с применением регрессионного и канонического методов анализа, выявлены линейные связи между травматизмом и условиями труда, травматизмом и человеческим фактором, базирующихся на фактических данных по электротехническому персоналу.

– Применение данной методики оценки позволило разработать превентивные меры по снижению риска повреждения здоровья электротехнического персонала.

– Результаты исследования внедрены в существующие системы управления охраной труда для оценки риска травмирования на ПАО «ММК», ЗАО «МЗПВ» ОАО ПО «Монтажник», а также используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «МГТУ» и Актюбинского регионального государственного университета им.К.Жубанова при подготовке специалистов по направлению «Техносферная безопасность», «Металлургия черных и цветных металлов», «Охрана труда».

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Научные положения, приведенные в диссертации, соответствуют области исследований специальности 05.26.01 – Охрана труда (по отраслям), в частности, п. 2 «Изучение физических, физико-химических, биологических и социально-экономических процессов, определяющих условия труда, установление взаимосвязей с вредными и опасными факторами производственной среды», п.10 «Исследование человеческого фактора в системе человек – техническая система – производственная среда с целью повышения безопасности труда».

Апробация работы. Результаты, основные выводы и материалы работы были доложены, рассмотрены и одобрены:

- на Всероссийской заочной научно-практической конференции «Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности», г. Уфа, БашГУ, апрель 2010г.;

- на 68-ой межрегиональной научно-технической конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования», г.Магнитогорск, МГТУ им. Г.И. Носова, 12-16 апреля 2010г.;

- на XVI Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием «Проблемы безопасности современного мира «Безопасность-2011», г.Иркутск, ИрГТУ, 19-22 апреля 2011г.;

- на 69-ой межрегиональной научно-технической конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования», г.Магнитогорск, МГТУ им. Г.И. Носова, 15-18 апреля 2011г.;

- на 71-ой межрегиональной научно-технической конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования», г.Магнитогорск, МГТУ им. Г.И. Носова, 22-26 апреля 2013г.;

- на семинарах аспирантов и докторантов кафедры «БЖД» ЮУрГУ (НИУ), г. Челябинск, 2016-2018 гг.;

- на VII Международной научно-практической конференции, приуроченной к 60-летию кафедры «БЖД» ЮУрГУ (НИУ) «Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии» г. Челябинск, 2019г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы (194 наименования) и 4 приложений. Работа изложена на 188 страницах машинописного текста, в том числе библиографический список на 23 листах, приложение на 20 листах, рисунков – 44, таблиц – 38.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложена актуальность представленной диссертационной работы, определены цели и основные задачи, сформулированы объект и предмет исследования, а так же научная новизна и практическая ценность.

Первая глава посвящена анализу существующих методик оценки риска травмирования персонала, проанализированы существующие системы управления риском, качественный и количественный методы оценки риска. Глава носит обзорный характер, в ней рассмотрены экспериментальные и теоретические работы.

Существенная особенность профессионального риска – случайный характер, который проявляется через вероятностную реализацию негативных последствий на здоровье работника. Для анализа риска рекомендуется использовать качественные, полуколичественные и количественные методы.

В настоящее время разработано большое число количественных методов анализа риска для опасных производственных объектов тяжелой промышленности, энергетических систем, анализа риска инвестиций и др. Основной упор делается на выявление вероятности негативного события и учет потерь при реализации данного события.

Во второй главе представлены результаты анализа травматизма и профессионально обусловленной заболеваемости электротехнического персонала, зарегистрированных на объектах металлургических комплексов.

При рассмотрении проблемы повреждения здоровья электротехнического персонала необходимо провести анализ травмирования работников, обслуживающих цеха металлургических комплексов.

Процентное распределение всех несчастных случаев среди электротехнического персонала по цехам металлургических комплексов за 5 лет представлено на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что в группе металлургических цехов большее количество несчастных случаев приходится на доменный цех (8%); в цехах по прокату – ЛПЦ – 5 (9,6%). Данное распределение несчастных случаев обусловлено механизацией и сложностью технологического процесса.

Ввиду наличия групповых несчастных случаев весовая доля цехов при процентном распределении числа пострадавших изменилась (рисунок 2).

Виды происшествий (согласно материалам расследования) возникновения несчастных случаев представлены на рисунке 3.

Воздействие движущихся, вращающихся, разлетающихся предметов и деталей составляет 42% от общего числа вида происшествия, падение пострадавшего с высоты и при перемещении по ровной площадке – 21%. Распределение травмирующих факторов зависит от сложности и особенности технологического процесса и определяется спецификой производства черной металлургии.

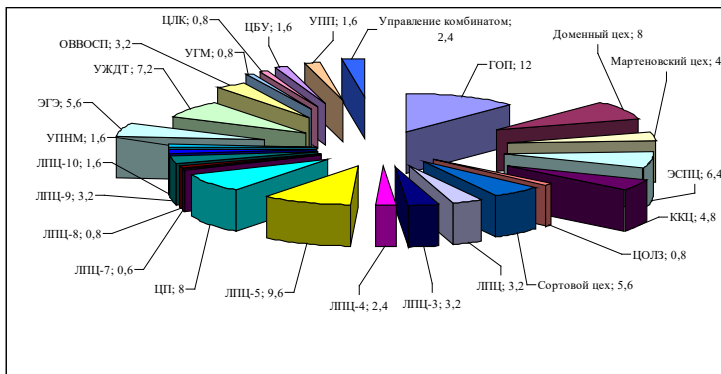


Рисунок 1 - Распределение несчастных случаев по цехам

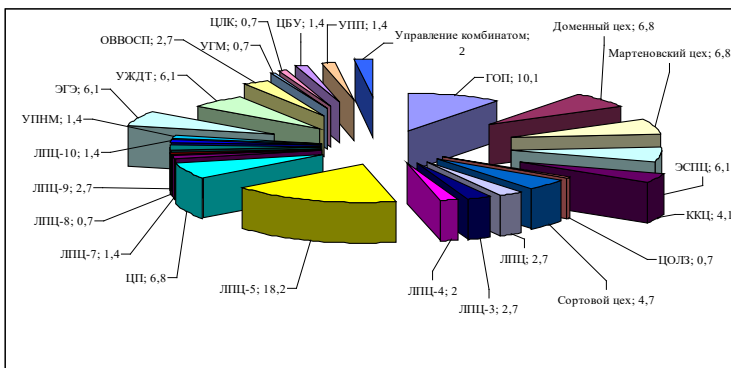


Рисунок 2- Распределение числа пострадавших по цехам

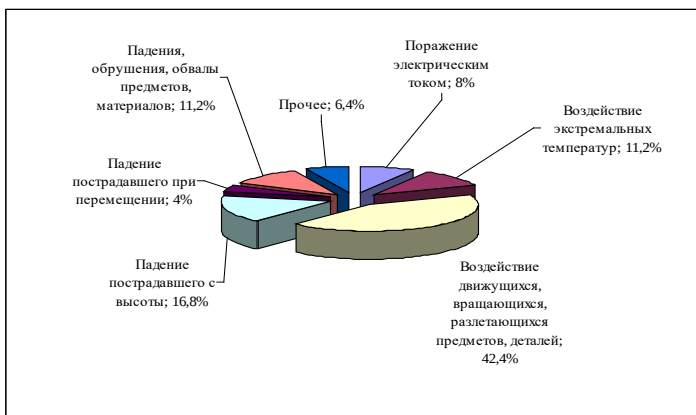


Рисунок 3 - Распределение несчастных случаев по видам происшествя

Наибольшее количество несчастных случаев с участием электротехнического персонала происходит вследствие неудовлетворительной организации производства работ (35%). Полученные нами данные подтверждают, что производственный травматизм зависит не только от распределения опасных и вредных производственных факторов в рабочей зоне, но и от «Человеческого фактора». Работник игнорирует требования инструкций по охране труда, или не знает их, или же руководитель не выполняет свои должностные обязанности.

Распределение профессионально обусловленных заболеваний по дате установления диагноза и приращение профзаболеваний представлено на рисунке 4. Оценка распределения профбольных среди электротехнического персонала по цехам выявленная за 5 лет показала, что наибольшая доля профзаболеваний (пневмокониоз, тугоухость) приходится на ККЦ, РОФ и Доменный цех (по 13%). На основании проведенной специальной оценки условий труда (аттестации рабочих мест) в ККЦ, РОФ и Доменном цехе на данных рабочих местах преобладают классы условий труда 3.1, 3.2, 3.3.

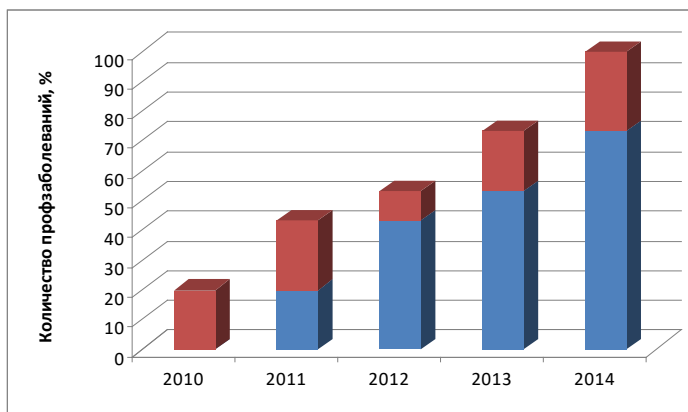


Рисунок 4 - Приращение профессионально обусловленных заболеваний за анализируемый период

При анализе зарегистрированных диагнозов были выявлены следующие категории профессионально обусловленных заболеваний: пневмокониоз, силикоз, силикатоз бронхит пылевой, тугоухость, вибрационная болезнь, бронхиальная астма. Наибольшую долю всех зарегистрированных профессионально обусловленных заболеваний электрического персонала составляют пневмокониозы различной степени тяжести (75% от общего числа диагнозов).

Третья глава посвящена оценке производственного риска травмирования электротехнического персонала на металлургических комплексах и включает в себя анализ возможности выявления связей в

триаде «условия труда – травматизм - человеческий фактор». В основу исследования была взята идея о возможности наличия линейной связи между травматизмом и условиями труда, а также травматизмом и человеческим фактором. Для достижения поставленной цели был проведен анализ материалов расследования несчастных случаев, а также условий труда на рабочих местах учтенного травматизма в период с 2010 по 2014г. Обработка данных проводилась в программе STATISTICA® с использованием факторного, регрессионного и канонического методов анализа.

Сопоставление результатов оценки условий труда, полученных при специальной оценке условий труда (аттестации рабочих мест), трудно поддаются дальнейшему регрессионному и/или дисперсионному анализу, ввиду большого количества признаков со слабой корреляцией многих из них с откликами по травматизму и критериев, оцениваемых экспертами. Факторный анализ, основанный на методе главных компонент, позволил сократить многомерное пространство с минимальными потерями информации, выявить латентные переменные и продолжить анализ методом классической регрессии. Факторизация проводилась по следующим параметрам, представленным в таблице 1.

Таблица 1. Параметры производственной среды

Обозначение	Наименование исходных данных
Y1	параметры шума
Y2	искусственная освещенность рабочей поверхности
Y2/1	параметры микроклимата
Y3	параметры вибрация
Y14	параметры электромагнитных полей
	Воздух рабочей зоны
Y4	кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли от 2 до 10%
Y5	железный агломерат
Y6	кремний диоксид аморфный в смеси с оксидами марганца;
Y7	углерод оксид;
Y8	марганец в сварочных аэрозолях при его содержании: до 20%
Y9	кальций оксид
Y10	железо и его соединения
Y11	хром (VI) триоксид
Y12	аэрозоль смешанного состава
Y13	марганца оксиды б) аэрозоль конденсации

При обработке исходных данных брались не наблюдаемые значения параметров (Y1-Y13), а их относительные величины (отношение фактических к предельно допустимым уровням).

Модель факторного анализа в матричной форме имеет вид

$$Z = W * F_k + \varepsilon_j, \quad (1)$$

где матрица $Z = (z_{ji})$ содержит стандартизованные результаты наблюдений

$$z_{ji} = \frac{(y_{ji} - \bar{y}_j)}{S_j}, \quad (2)$$

y_{ji} - элементы исходной матрицы наблюдений, $j = \overline{1, N}$, $i = \overline{1, n}$, $n=80$, S_j - стандартные ошибки переменных, $\bar{y}_j$ - среднее значение j -переменной, ε_j - вектор ошибок при факторном преобразовании массива, F_k - число извлекаемых факторов, $k = \overline{1, m}$, $W = (w_{jk})$ - нагрузки k -фактора на j -переменную.

Факторы F_k – представляют собой латентные переменные, выражаемые через наблюдения посредством весовых коэффициентов w_{jk} , которые в совокупности представляют собой матрицу линейного преобразования **Ошибка! Закладка не определена. Ошибка! Закладка не определена.** $W = (w_{jk})$. Полученная при факторизации исходного многомерного пространства матрица нагрузок $W = (w_{jk})$ представляет собой ортогональную систему координат, вычисляемую на основе ортогональных собственных векторов P_j , симметричной матрицы корреляции $\mathfrak{R}$.

Исходя из диаграммы (рисунок 5) очевидно, что необходимо взять 4 фактора, которые могут обеспечивать вариацию около 70% исходной системы данных.

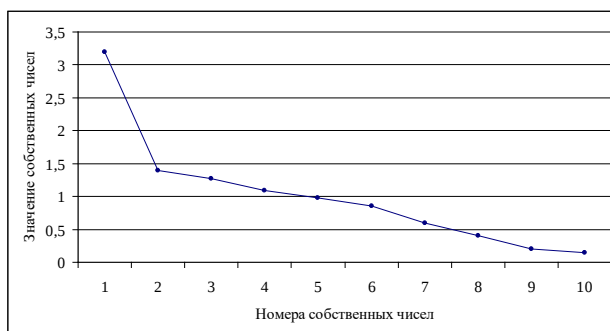


Рисунок 5– Собственные числа корреляционной матрицы

Названия факторов представились естественно по названию тех исходных переменных, которые имеют максимальную по модулю проекцию $|r_{ij}|$ на соответствующий фактор: F1 и F4 – химические факторы, характерные для основных металлургических переделов и для горно-обогатительного

производства соответственно; F2 - аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, F3 – вибро-акустический.

Получив матрицу текущих значений факторов, переходим к методу регрессии на главных компонентах. Для выявления результативности предпринятого анализа представляли интерес отклики на варьируемые переменные массива данных Т (травматизм):

T1 – причины травмы (вычисленные как математическая вероятность причин возникновения негативного события на основании результатов расследования несчастных случаев, определены суммированием вероятностей несовместных событий).

T2 - место происшествия (кодированное по уровням: 1 – в пределах стационарного рабочего места, 2 – в пределах не стационарного рабочего места на территории цеха, 3 – не стационарные рабочие места за пределами цеха);

T3 - вид происшествия (вычисленные, как вероятность падения пострадавшего с высоты и (или) при перемещении; воздействия вращающихся, движущихся, разлетающихся предметов и деталей; поражения электрическим током и т.д.);

T4 - степень тяжести травм (кодированная по степеням: I – смертельные; II – тяжелые с увечьем; III – тяжелые, IV – легкие).

Цель предпринятого исследования: выявление максимально возможной корреляции для совокупностей условий труда и производственного травматизма.

Обратим внимание, что факторизованные признаки условий труда F_i , $i = \overline{1;4}$ представлены в стандартизованном масштабе. Это позволяет однозначно оценивать степень связи факторов с отдельными откликами травматизма.

В результате проведенного регрессионного анализа были получены уравнения регрессии на главных компонентах для 4 откликов по травматизму:

$$T1=0,29-0,032 \cdot F3 \quad (3)$$

$$T2=1,2750+ 0,1129 \cdot F2 + 0,1188 \cdot F3 + 0,1267 \cdot F4 \quad (4)$$

$$T3=0,32-0,068F1-0,064F2 \quad (5)$$

$$T4=3,05 - 0,28 \cdot F2 + 0,20 \cdot F4. \quad (6)$$

Полученные регрессионные модели, построенные на латентных переменных, фактически включают в себя все первичные переменные, принятые к статистической обработке.

В данной работе рассматривались 4 характеристики травматизма, которые, как правило, контролируются в каждом происшествии. Условия

труда более обширное понятие, включающее в себя порой не один десяток сопутствующих переменных. Очевидно, что в этих условиях поставленную задачу можно решить только с помощью методов многомерной статистики. Для определения связи между массивами многомерных данных был использован метод канонического анализа.

В каноническом анализе связь между входными F и выходными T массивами данных вычисляется с помощью обобщающих канонических переменных

$$U = \sum_{j=1}^k \alpha_j F_j = \alpha^T F \quad (7)$$

и

$$V = \sum_{j=1}^q \beta_j T_j = \beta^T T, \quad (8)$$

где α_j и β_j - определяемые весовые коэффициенты для групп из k входных признаков F_j и q выходных признаков T_j ; $F = (F_1, \dots, F_k)$ и $T = (T_1, \dots, T_q)$ – случайные векторы с числом n реализаций (в решаемой задаче $n=80$, $k=4$, $q=4$); α^T и β^T - транспонированные векторы $\alpha^T = (\alpha_1, \dots, \alpha_k)$ и $\beta^T = (\beta_1, \dots, \beta_q)$.

Каноническая связь между величинами U и V определяется как обычная парная связь

$$\rho_{UV} = \frac{\text{Cov}(U, V)}{\sqrt{D(U) \cdot D(V)}} = \frac{\sigma_{UV}}{\sqrt{\sigma_{UU} \cdot \sigma_{VV}}}, \quad (9)$$

где σ_{UV} - ковариации, $\sigma_{UU} = \sigma_U^2$ и $\sigma_{VV} = \sigma_V^2$ - дисперсии канонических величин U и V .

Значения величин канонической корреляции по каждому корню решений представлены на рисунке 6.

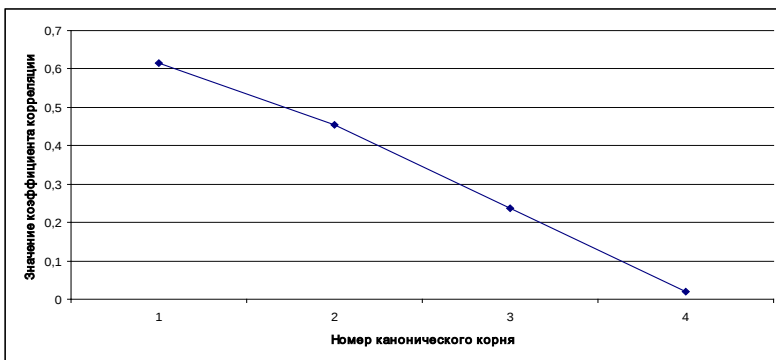


Рисунок 6 - Коэффициенты канонической корреляции

Канонические веса для соответствующих наборов переменных по каждому корню приведены в таблице 2.

Полученные данные показали, что линейно независимы только 2 решения. При уровне значимости $p < 0,05$ эмпирический χ^2 -критерий $> \chi^2_{табл}$.

Таблица 2 - Вычисленные канонические веса, исследуемых массивов «Условия труда» и «Человеческий фактор» для определяемых корней

Номер корня	1	2	3	4
F01	0,964086	0,197583	-0,102320	0,145020
F02	-0,160136	-0,100344	-0,589331	0,785478
F03	-0,199874	0,927554	-0,284935	-0,136036
F04	-0,070330	0,300891	0,749020	0,586078
T1	-0,033851	-0,478588	0,458764	-0,770727
T2	0,487048	-0,705449	0,032674	0,542924
T3	0,846385	0,282599	-0,420064	-0,241720
T4	-0,244262	-0,540829	-0,801659	-0,166108

Установлена максимальная связь в системе «Условия труда» и «Травматизм», которая принимает значение $\max \rho_{UV} = 0,6156$, а также определена признаками F1 и T3, T2. В данном случае степень детерминации $\max \rho_{UV}^2 = 0,3790$ в случае многомерного моделирования возрастает на 40% по сравнению с одномерным моделированием отдельных откликов по травматизму. Другое независимое решение $\rho_{UV} = 0,4544$ находится в пределах средних значений, полученных ранее решений для одномерных откликов.

Проведенная работа по уменьшению объема исследуемого массива «Условия труда» с использованием факторного анализа, и дальнейшее одномерное и многомерное моделирование связей в системе «Условия труда – Травматизм» с применением регрессионного и канонического методов позволила выявить, что полученные модели, для отдельных откликов по травматизму, не отражают все аспекты риска повреждения здоровья электротехнического персонала в цехах предприятий металлургического комплекса. При этом необходимо выявить роль человека в системе «Человек – Производственная среда - Травматизм» и определить детерминируемости системы «Травматизм – Человеческий фактор» при наступлении негативных событий с признаками травматизма и потерь здоровья.

Для решения данной задачи необходимо выяснить степень детерминации ρ^2 и уровень корреляция ρ массивов данных «Человеческий фактор» и производственный «Травматизм».

Массив человеческий фактор (М) включает в себя:

M1 - характеристика времени наступления негативного события (определена, как произведение (эффект взаимодействия) дня недели (M_w),

кодированных последовательно от 1 до 7, т.е. $M1 = M_t \cdot M_w$), и времени суток (M_t),

M2 - профессия (кодированная по уровням обслуживаемого производства: 1 – прокатное, 2 – металлургическое, 3 – персонал, обслуживающий вспомогательные цеха и производства, 4 – горно-обогатительное производство),

M3 – характеристика возраста и стажа пострадавшего (отношение возраста пострадавшего при наступлении негативного события к его стажу работы на данной профессии (ввиду наличия корреляционных связей (0,4966) между показателями: возраст пострадавшего и стаж)).

Полный канонический анализ выполнен с применением программного продукта STATISTIKA® с использованием массива данных объемом $n=80$, включающий два блока «Человеческий фактор» (М) и «Травматизм» (Т).

Сравнивая расчеты χ^2 -статистики, представленные в таблице 3 выявили, что только два корня являются статистически значимые.

Таблица 3 - К оценке статистической значимости определяемых корней λ_i^2 по χ^2 -критерию

Номер корня	Коэффициент корреляции ρ	Квадрат коэффициента корреляции ρ^2	Значение χ^2 - статистики Ошибка! Закладка не определена.	Число степеней свободы	Уровень значимости α	Значение Λ - статистики
1	0,463920	0,215222	33,10434	12	0,000936	0,643141
2	0,394816	0,155879	14,92781	6	0,020846	0,819519
3	0,170717	0,029144	2,21832	2	0,329849	0,970855

Максимально возможная корреляция $\rho_1 = 0,4639$ между выявленными многомерными признаками «Производственный травматизм» и «Человеческий фактор» обусловлена вкладами M3 (Человеческий фактор: соотношение возраста пострадавшего и стажа на данном рабочем месте), а также T3 (Травматизм: вероятность возникновения несчастного случая). Второй статистически значимый корень при $\rho_2 = 0,3948$ обеспечивается нагрузками признаков M2 (Человеческий фактор: должность (или профессия) (кодированная по уровням обслуживаемого производства) и T4 (Травматизм: степень тяжести травм, кодированная по степени потери здоровья), T1 (Травматизм: вероятность причин наступления негативного события).

Найденные корни практически не различаются. На основании независимости, данные решения можно применять для уменьшения вероятности возникновения несчастного случая с использованием данных массива «Травматизм» T_j , $j = \overline{1, q}$ и «Человеческий фактор» M_i , $i = \overline{1, k}$.

В четвертой главе рассмотрены вопросы профилактики травматизма, в частности разработка методики оценки риска на основе результатов канонических анализов, а также выбор приоритетных направлений по снижению уровня риска.

Вероятность травмирования на рабочем месте электротехнического персонала может быть вычислена по формулам:

$$T1 = (0,964085 * F01 - 0,160135 * F02 - 0,199874 * F03 - 0,070330 * F04 - 0,476499 * T2 - 0,819478 * T3 + 0,3248998 * T4) / 0,148679 \quad (10)$$

при максимальной корреляционной связи между условиями труда и травматизмом $\max \rho_{UV} = 0,6156$.

А также на основе результатов анализа человеческого фактора для целей прогнозирования наступления негативного последствия:

$$T1 = (0,55575 * M1 - 0,255749 * M2 - 0,836344 * M3 + 0,60202 * T2 - 0,69876 * T3 - 0,440432 * T4) / -0,168353 \quad (11)$$

при корреляционной связи между условиями труда и человеческим фактором $\rho_{UV} = 0,4639$.

Исходя из вышесказанного, оценку профессионального риска корректнее проводить, исходя из фактических уровней вредных и (или) опасных факторов производственной среды, полученных при проведении специальной оценки условий труда и (или) производственного контроля. Показатели и критерии профессионального риска представлены в таблице 4.

Так с учетом степени значимости разработанных мероприятий в качестве основных направлений деятельности для упреждения травматизма в работе были предложены:

1. Улучшение условий труда. Периодическое проведение производственного контроля и специальной оценки условий труда с разработкой плана мероприятий, направленного на уменьшение уровней опасных и (или) вредных факторов производственной среды. К основным принципам разработки плана мероприятий с использованием результатов специальной оценки условий труда можно отнести:

1.1 Принцип активной защиты, который заключается в уменьшении уровня вредных или опасных производственных факторов, а также времени их воздействия;

1.2 Принцип пассивной защиты, направленный на снижение воздействия вредных или опасных производственных факторов на организм рабочего без корректировки опасных уровней в источнике.

К основным методам упреждения риска повреждения здоровья относятся: улучшение условий труда (метод нормализации), защита расстоянием, защита временем.

2. Работа с персоналом, включающая улучшение качества его подготовки, повышение квалификации, разработку мотивационных стратегий, проведение технического обучения, повышения квалификации и т.д.

Таблица 4 – Категории профессионального риска и срочность мер профилактики

Вероятность травмирования	Индекс профзаболеваний Ипз	Категория профессионального риска	Срочность мероприятий по снижению риска
<0,05	-	Уровень риска значительно ниже допустимого	Корректирующие и предупреждающие меры не требуются
0,05÷0,1	< 0,05	Малый (пренебрежительный) риск	Корректирующие меры не требуются, реализация предупреждающих мер для поддержки уязвимых лиц, обеспечение дополнительной защиты
0,11 ÷0,2	0,05 - 0,11	Умеренный (малый) риск	Требуются меры по коррекции уровня риска
0,21÷0,3	0,12 - 0,24	Средний риск	Требуются корректирующие мероприятия по снижению уровня риска с определением сроков исполнения
0,31÷0,5	0,25 - 0,49	Высокий риск	Требуются немедленные меры по коррекции уровня риска
0,51÷0,7	0,5 - 1,0	Очень высокий риск	Остановка работы до снижения риска до приемлемого уровня
0,7÷1	> 1,0	Сверхвысокий риск, риск для жизни	Работы строго по специальным регламентам

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации дано новое решение актуальной научно технической задачи – выявление связей в триаде показателей «Условия труда - Травматизм - Человеческий фактор», с целью разработки мероприятий для снижения риска повреждения здоровья электротехнического персонала занятого на предприятиях металлургического комплекса. Результаты работы, основаны на изучении и статистической обработке материалов расследования несчастных случаев и профессионально обусловленных заболеваний, а также условий труда электротехнического персонала металлургических комплексов, полученные путем проведения специальной

оценки условий труда (аттестации рабочих мест) и производственного контроля.

Основные результаты проведенных исследований заключаются в следующем:

1. Выполнен анализ методик оценки риска травмирования персонала, а также оценен уровень травматизма и условия труда электротехнического персонала металлургического комплекса.

2. Установлено, что из-за слабой корреляционной связи откликов по травматизму с исходными переменными и значительной корреляции между учтенными переменными по условиям труда в первичном массиве данных не представляется возможным построение качественной статистической модели, содержащей все учтенные в массиве наблюдаемые переменные.

3. Выявлено 4 латентных переменных (факторов) из первичного многомерного массива данных, позволяющих существенно снизить (в 3 раза) размерность исследуемого пространства, сохранив до 70% его информационной ценности. При этом факторы, используемые в дальнейшем, как регрессоры, фактически отражают влияние на отклики всей совокупности переменных.

4. Получены уравнения регрессии на главных компонентах для 4 откликов по травматизму в системе «Травматизм – Условия труда».

$$T1=0,29-0,032*F3$$

$$T2=1,2750+ 0,1129*F2 +0,1188* F3+ 0,1267*F4$$

$$T3=0,32-0,068F1-0,064F2$$

$$T4=3,05 - 0,28*F2 + 0,20*F4.$$

Определена степень детерминации (5,8%, 18%, 26% и 11% соответственно) между травматизмом и условиями труда на рабочих местах электротехнического персонала в черной металлургии.

5. Установлено, что оценка степени влияния условий труда на многомерный отклик по травматизму, полученная методом канонического анализа, более эффективна (более чем на 40%), чем аналогичные оценки, получаемые методом множественной регрессии.

6. Определен коэффициент множественной корреляции при многомерном моделировании, позволяющий разработать эффективные мероприятия для каждого рабочего места, необходимые при снижении уровня риска до приемлемого значения. Совокупная связь 4 факторов массива «Травматизм» с 4 откликами массива «Условия труда» определилась при $R=0,6156$.

7. Подтверждено наличие связей на уровне значимости 0,05 трех признаков массива данных «Человеческий фактор» с четырьмя признаками массива «Травматизм». Выявлены два независимых решения с коэффициентом корреляции 0,4639 и 0,3948 соответственно, характеризующих две возможные связи человеческого фактора и травматизма, которые можно использовать для упреждения травматизма.

8. Усовершенствована методика оценки профессионального риска повреждения здоровья для расчета вероятности травмирования электротехнического персонала с использованием моделей регрессионного и канонического анализов.

9. Для повышения уровня промышленной безопасности и уменьшения риска повреждения здоровья электротехнического персонала в цехах металлургических комплексов на основе выявленных корреляционных связей разработана и внедрена модель управления риском травмирования, предложены основные направления работы.

Научные публикации по теме диссертации в журналах, рекомендованных ВАК:

1. Юдина Э.И. Анализ и оценка вероятности возникновения производственного травматизма на ОАО «ММК» / Э.И. Юдина // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – №11. – С. 11-14.

2. Девятченко Л.Д., Соколова Э.И. Факторизация условий труда, сопутствующих травматизму / Л.Д. Девятченко, Э.И. Соколова // Безопасность жизнедеятельности. – 2012. – №9. – С. 2-9.

3. Девятченко Л.Д., Соколова Э.И. Каноническая связь травматизма и человеческого фактора в черной металлургии / Л.Д. Девятченко, Э.И. Соколова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И.Носова – 2014. – №4. – С. 74-80.

4. Девятченко Л.Д., Соколова Э.И. Корреляция факторизованных условий труда и травматизма в черной металлургии / Л.Д. Девятченко, Э.И. Соколова // Известия высших учебных заведений Черная металлургия – 2015. – Том 58. – №2. – С.127-133.

5. Имангазин М.К., Соколова Э.И. Исследование травматизма на Аксуском заводе ферросплавов Республики Казахстан / М.К. Имангазин Э.И. Соколова.// Безопасность жизнедеятельности. – 2016. – №8. – С. 56-61.

Другие научные публикации по теме диссертации:

6. Сулейманов М.Г., Бикмухаметов М.Г., Юдина Э.И. Пути снижения травматизма на металлургических объектах / М.Г. Сулейманов, М.Г. Бикмухаметов, Э.И. Юдина // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. тр. под ред. В.М. Колокольцева. Вып.9. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова». – 2009. – С. 202-204.

7. Юдина Э.И. Анализ систем управления риском / Э.И. Юдина // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности: Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции (апрель 2010г.) / отв. ред. И.Р. Мазгаров. – Уфа: РИЦ БашГУ. – 2010. С. 17-21.

8. Бикмухаметов М.Г., Юдина Э.И. Анализ риска с целью совершенствования системы управления производственной безопасности / М.Г. Бикмухаметов, Э.И. Юдина // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 68-ой межрегиональной научно-

технической конференции. Магнитогорск.: ГОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова. – 2010. – С.173-176.

9. Бикмухаметов М.Г., Соколова Э.И. Сравнительный анализ травматизма по видам происшествий и причинам несчастных случаев / Э.И. Соколова, М.Г. Бикмухаметов // Техносферная безопасность: сборник статей по проблемам техносферной безопасности, посвященный 40-летию образования в Академии труда и социальных отношений кафедры охрана труда. – М.: ООО «ИТЕП». – 2011. – С.28-31.

10. Соколова Э.И. Условия труда как основа промышленной безопасности / Э.И. Соколова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 69-ой межрегиональной научно-технической конференции. Магнитогорск.: ГОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова. – 2011. – С.86-89.

11. Дьяконова А.А., Тимиргалеева Л.Ш., Соколова Э.И. Анализ профессионального риска на металлургических предприятиях / А.А. Дьяконова, Л.Ш. Тимиргалеева, Э.И. Соколова // Проблемы безопасности современного мира «Безопасность-2011»: материалы докладов XVI Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием. г.Иркутск.: ИрГТУ. – 2011. – С. 15-17.

12. Соколова Э.И. Применение канонического и регрессионного анализа для оценки корреляции факторизованных условий труда и травматизма в черной металлургии / Э.И. Соколова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 71-ой межрегиональной научно-технической конференции. г.Магнитогорск.: ФГБОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова. – 2013. – С.199-203.

13. Имангазин М.К., Соколова Э.И. Риск травмирования электротехнического персонала ОАО «ММК» / Соколова Э.И., Имангазин М.К. // Электробезопасность. г. Челябинск.: ЮУрГУ. – 2016. – №1. – С.37-41.

14. Соколова Э.И., Условия труда как индикатор безопасности / Соколова Э.И. // Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции / под. Ред. А.И. Сидорова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – С.177-182.

Издательский центр ООО «Издательство МАГИ»

Подписано в печать 09.10.2019. Формат 60x84 1/16. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 578.

Отпечатано в типографии Издательского центра «МАГИ».

455000, г. Магнитогорск, пр. Карла Маркса 125.