

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

на правах рукописи

Соколова Эльвира Илдаровна

Одномерное и многомерное моделирование линейных связей в
системах «Травматизм – Условия труда» и «Травматизм – Человеческий фактор» для разработки мероприятий по снижению
риска повреждения здоровья электротехнического персонала на
предприятиях металлургического комплекса
(на примере ПАО «ММК»)

05.26.01 –Охрана труда (электроэнергетика)

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Черчинцев В.Д.
--

кандидат технических наук,
доцент Перятинский А.Ю.

Магнитогорск

2018

Оглавление

Введение	4
1 Производственный риск	
1.1 Анализ систем управления риском.....	8
1.2 Методы анализа величины риска.....	25
1.2.1 Качественные методы.....	25
1.2.2 Количественные методы.....	32
2 Исследование состояния промышленной безопасности на ПАО «ММК»	
2.1 Общая характеристика ПАО «ММК».....	44
2.2 Анализ травматизма электротехнического персонала на ПАО «ММК».....	56
2.3 Оценка профессиональной заболеваемости электротехнического персонала зарегистрированной за период 2010 – 2014 гг.....	72
3 Оценка связей в триаде «Условия труда – Травматизм – Человеческий фактор»	
3.1 Анализ условий труда.....	80
3.2 Факторизация условий труда.....	86
3.3 Регрессионный метод анализа в определении связи травматизма и условий труда.....	100
3.4 Канонический анализ для моделирования линейной связи травматизма и условий труда.....	109
3.5 Каноническая связь травматизма и человеческого фактора.....	117
4 Профилактика травматизма	
4.1 Разработка методики оценки риска на основе результатов канонических анализов	126
4.2 Выбор приоритетных направлений по снижению уровня риска...	129
4.3 Улучшение условий труда работников.....	133
4.4 Работа с персоналом.....	137

4.5	Добровольное страхование.....	140
	Основные выводы	143
	Библиографический список.....	145
	Приложение А.....	167
	Приложение Б.....	169
	Приложение В.....	179
	Приложение Г.....	183

ВВЕДЕНИЕ

Неотъемлемой составляющей устойчивого функционирования промышленных предприятий в современных условиях является целенаправленная работа по управлению производственными рисками. Под данным понятием в первую очередь понимается умение выявить, оценить, снизить и проконтролировать риски травмирования. Наибольшую актуальность эта проблема приобретает для предприятий тяжелой индустрии с полным технологическим циклом, включающих в себя электроэнергетические комплексы, к числу которых относится ПАО «ММК».

Публичное акционерное общество «Магнитогорский металлургический комбинат» (ПАО «ММК») на сегодняшний день является одним из крупнейших металлургических предприятий в России. ПАО «ММК» - это полный производственный цикл от добычи сырья до выпуска пачек и рулонов металла с различным покрытием. Получение стального листа требует огромные электро- и энергозатраты. Для обеспечения собственных нужд ресурсами металлургические комплексы включают в себя цеха вспомогательного характера, объединенные в управление главного энергетика (УГЭ), такие как ПЭВС, ТЭС, ЦЭТЛ, ЦЭСиП. 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 функциональные обязанности электротехнического персонала УГЭ входит выполнение работ повышенной опасности, проводимые по нарядам и распоряжениям. Работы электротехнического персонала в основных цехах в большей степени регламентируются обеспечением текущей эксплуатации электрооборудования. Высокий уровень контроля по средствам 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 наличия повышенного

риска травмирования и профзаболевания, что влечет за собой трудовые и социально-экономические потери. На сегодняшний день уровень травматизма электротехнического персонала основных переделов металлургической отрасли остается достаточно высоким, ввиду нестационарности рабочего места, наличия большого количества разноплановых функций и операций.

Исходя из этого, **целью** работы является выявление связей между условиями труда и травматизмом, а также человеческим фактором и травматизмом для уменьшения риска повреждения здоровья электротехнического персонала на предприятиях металлургического комплекса.

Для достижения заявленной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Выполнить анализ существующих методик оценки риска травмирования электротехнического персонала, а так же оценить уровень травматизма и условия труда электротехнического персонала на металлургическом предприятии.

2. Выявить связи между травматизмом и условиями труда, а также травматизмом 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.

Научная новизна:

1. Использование факторного анализа, как метода статистической обработки информации, для уменьшения объема исследуемого массива «Условия труда», позволяет сохранять информационную ценность массива на уровне 70%.
2. Установление линейных закономерностей между травматизмом и условиями труда возможно с помощью регрессионного метода одномерного моделирования.
3. Для оценки степени влияния условий труда на многомерный отклик по травматизму 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.

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 исследования проводилась с использованием методов математической статистики (факторным, регрессионным, корреляционным, каноническим) с использованием современной вычислительной техники, апробированного программного обеспечения и системе STATISTIKA®.

Теоретическая и практическая ценность результатов работы:

- Впервые доказано, что определение устойчивых связей в системах «Травматизм – Условия труда» и «Травматизм – Человеческий фактор», позволяет разработать и обосновать методические подходы к проблеме упреждения риска повреждения здоровья электротехнического персонала.
- Усовершенствована методика оценки риска травмирования с применением регрессионного и канонического методов анализа, выявлены линейные связи ме-

жду 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» при подготовке специалистов по направлению «Техносферная безопасность».

Это позволит наряду с существующими методами выявления, оценки и снижения риска травмирования на производстве, снизить риск повреждения здоровья работника, возникновения негативного события до приемлемого уровня.

По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

1 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РИСК

1.1 АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ (В ТОМ ЧИСЛЕ РИСКОМ ТРАВМИРОВАНИЯ)

Понятие «управление риском» означает принятие мер в области менеджмента риска, включающего в себя идентификацию, оценку, мониторинг, корректирующие и предупреждающие действия, позволяющие достичь уменьшения уровня риска до приемлемого значения. Под "приемлемым уровнем" понимают – уровень риска, который организация может принять, учитывая свои финансово-экономические, правовые, социальные обязательства[1]. Согласно техническому регламенту о безопасности машин и оборудования [2]: "допустимый риск" – значение риска от применения машин и (или) оборудования, который обеспечивает безопасный уровень на всех этапах жизненного цикла товара (продукции), с учетом экономических и технических возможностей производителя.

В настоящее время в существующей нормативно-технической документации [3, 4] управление риском регламентируется требованиями безопасности при эксплуатации технических систем. Данные документы устанавливают принципы идентификации (определения) и оценки риска, организации корректирующих и предупреждающих действий, определяют основы выбора и реализации методов управления риском. В то же время, приведенные в них требования не определяют четких методов оценки риска и анализа опасностей, а носят лишь информационный характер.

Также под управлением риском [5] подразумевается комплекс мероприятий, направленный, прежде всего на обеспечение устойчивого существования предприятия, предотвращающий возникновение непредвиденных потерь. Данный комплекс мероприятий включает в себя:

- Выявление риска (идентификация);

- определение вероятности наступления негативного события и оценка риска – определение степени надежности процесса, как организационного, так и технического;

- регулирование уровня риска – выполнение коррекции уровня риска различными способами.

Основные принципы управления рисками согласно литературным источникам [6-10] могут быть реализованы по следующим направлениям:

- избегание рисков – устранение возможности проявления негативных ситуаций. Принято считать, что данный принцип может быть реализован, когда ввиду высокого уровня риска вид деятельности не приносит дохода. Избегание риска возможно при отказе от осуществления вида деятельности.

- принятие рисков – ситуация не вызывает существенных потерь, и исходя из политики организации, не наносит значительного ущерба, не мешает решению поставленных производственных задач. Необходим систематический, комплексный мониторинг уровня рисков, коррекция его уровня в случае превышения «допустимых» значений;

- страхование – возврат убытков от реализации негативных событий через страховые организации. Существующая система страхования позволяет вернуть средства от значительных и достаточно редких по ущербу аварий и (или) инцидентов;

- снижение ущерба или предотвращение рисков – разработка предупреждающих действий организационного и технического характера, направленных на снижение ущерба от реализации негативных событий;

- самострахование – заблаговременное резервирование собственных финансовых и материальных ресурсов для сокращения времени устранения последствий от негативных событий. Самострахование оправдано при частом возникновении однотипных неблагоприятных ситуаций;

- передача рисков другой организации (подрядчикам, субподрядчикам, поставщикам, партнерам и т.п.). Осуществляется при возникновении высоких уров-

ней риска от внешних факторов: поставка продукции несоответствующего качества, выполнения работ повышенной опасности, невыполнение условий договоров по поставке, осуществление разовых работ и т.п.

Выбор того или иного направления зависит от задач, стоящих перед предприятием и его экономических и технологических возможностей.

Согласно Гальченко С.А. и Матвиенко Ю.Г. [11] управление риском аварий на объектах наиболее полно реализуется при разработке и реализации комплексных программ снижения внеплановых финансовых потерь. Данные программы позволяют разделить превентивные мероприятия по приоритетам и получить максимальное снижение риска на единицу вложенных средств. Программа включает следующие основные этапы:

- выбор, обоснование и составление списка возможных превентивных мероприятий и оценку снижения риска при их реализации превентивных мероприятий;
- оценку экономических показателей (полных приведенных затрат, удельных затрат, предотвращенного ущерба, сроков окупаемости) превентивных мероприятий;
- выделение экономически оправданных управляющих решений по критериям «затраты – выгоды» и экономически эффективной последовательности их реализации с применением критериев оценки эффективности удельных затрат;
- определение экономического критерия страхования рисков, величину которых нецелесообразно регулировать в рамках программы снижения внеплановых потерь;
- разработку рекомендаций по управлению риском, включающих экономически оптимизированный набор превентивных мероприятий и комплексную программу страхования.

Таким образом, путем оценки первоначального уровня риска, а также ожидаемого снижения ущерба и частоты потенциальной аварии в результате предполагаемого технического мероприятия, рассматриваемый подход к управлению

риском, позволяет определить первоочередные мероприятия, оценить их эффективность и срок окупаемости.

В международной системе [1, 12-34] применяется последовательность мероприятий по управлению риском: постановка цели → оценка вероятностей риска (идентификация) и постановка задач → проектирование плана мероприятий по снижению риска (реализация поставленных задач) → коррекция уровней риска (достижение целей) и анализ эффективности (рисунок 1.1).

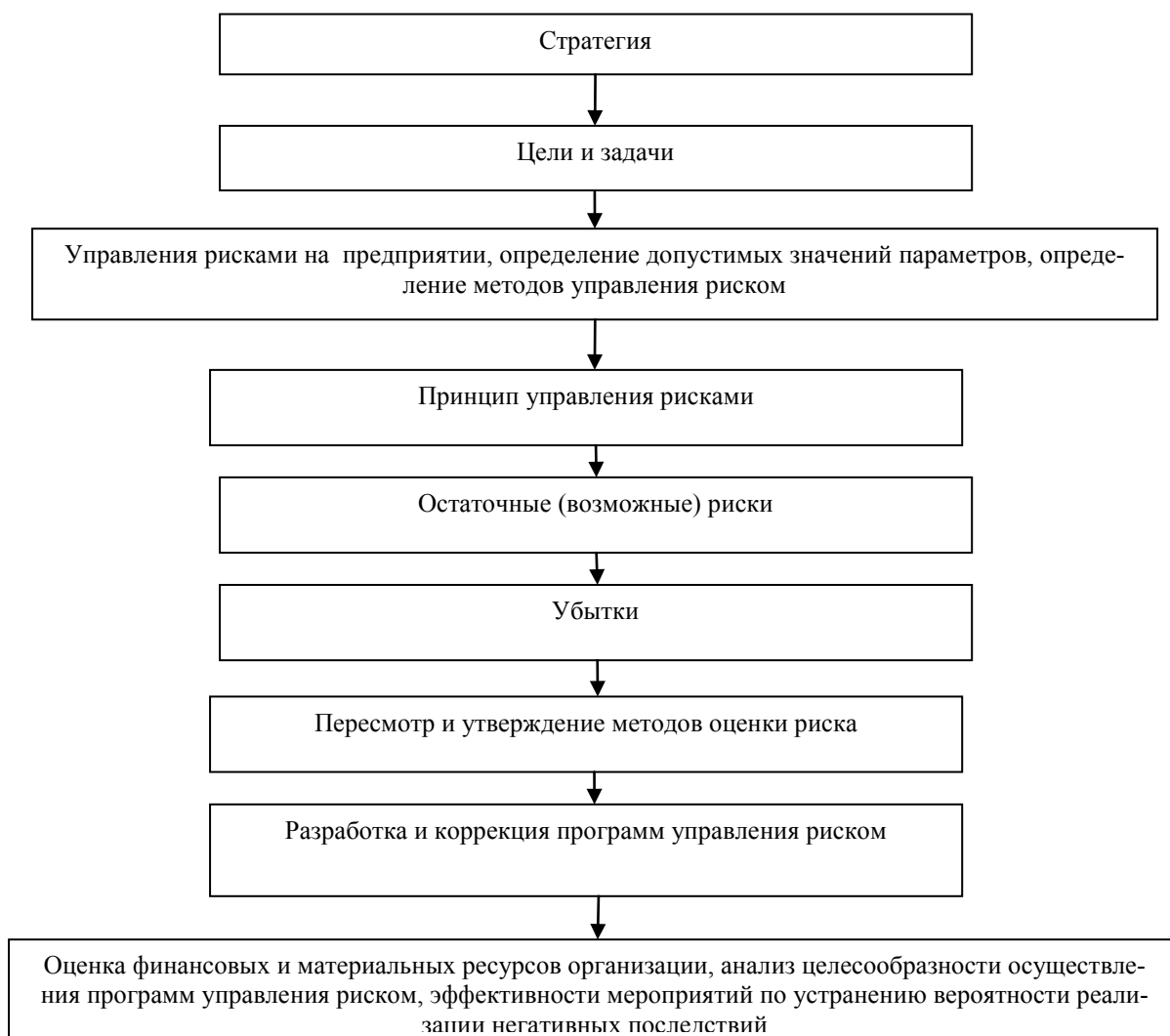


Рисунок 1.1 – Схема программы управления рисками (ПУР)

Гранатуров В.М. [35] рассматривает систему управления риском с учетом возможных исходов результатов на каждом из этапов. Систему управления риском повреждения здоровья условно можно разделить на два этапа: идентификация и

анализ риска; корректирующие и предупреждающие действия по уменьшению уровня риска. В настоящее время все методы оценки риска можно разделить на качественные и количественные, которые описывают риски от момента их идентификации при проектировании до итоговой оценки на момент ликвидации предприятия (рисунок 1.2).

Согласно [36], разработку принципов управления риском организация осуществляет исходя из объемов производства и собственных ресурсов, требований законодательства в области охраны труда и промышленной безопасности. Хохлов И.В. в разработке данной стратегии выделяет два основных этапа:

1 Этап. Соблюдения требований законодательства в области охраны труда и промышленной безопасности:

- Декларирование принципов безопасности;
- Определение допустимых пределов и снижение риска до требуемых уровней;
- Разработка мероприятий по минимизации ущерба в случае наступления негативного события;
- Резервирование средств (самострахование) в случае возникновения негативных событий;
- Применение системы обязательного страхования с привлечением сторонней организации согласно законодательства Российской Федерации.

2 Этап. Разработка дополнительных предупреждающих мер по уменьшению риска исходя из финансово-экономических возможностей:

- Создание и резервирование фонда по управлению риском;
- Индивидуальное страхование основного и обслуживающего персонала;
- Дополнительное (добровольное) страхование.

В своей работе Акимов В.А. [37] определяет термин «управление риском», как основанную деятельность направленную на оценку риска, а также реализацию наилучшего способа, способствующему уменьшению риска до допустимого уров-

ня, который считается приемлемым при наличии ограничений: финансовых, ресурсных и временных.

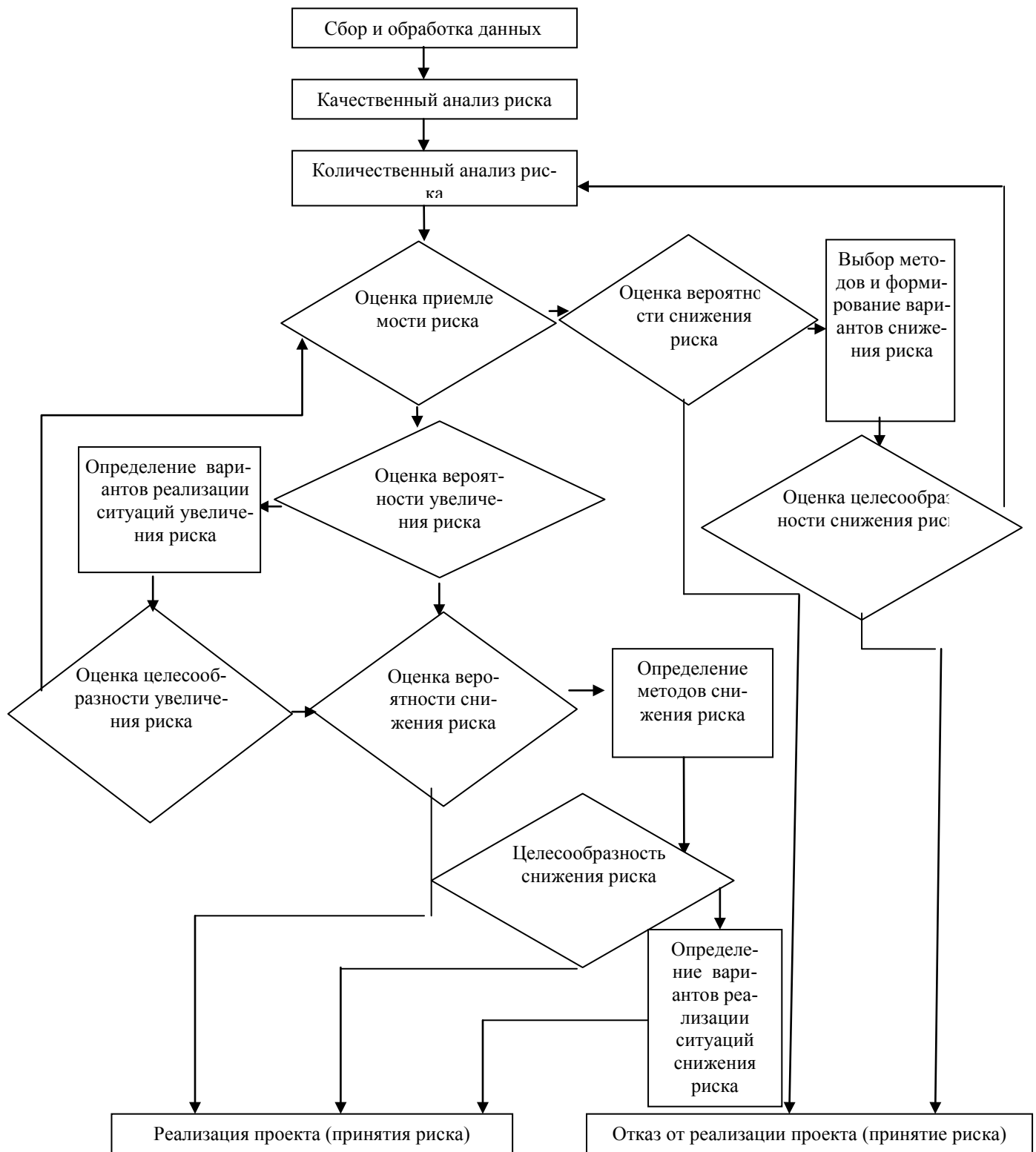


Рисунок 1.2 – Алгоритм программы управления риском

Акимов В.А. [37] к основным методам управления риском относит:

- административно-правовые – совокупность нормативно-правовых, законодательных, организационно – управленческих методов, направленных на упреждение риска;
- инженерно-технические – это инженерно-технические решения, предназначенные для предупреждения и ликвидации ущерба от реализации негативного события;
- финансово-экономические – представляют собой комплекс финансовых и экономических мер, нацеленных на снижение риска, а также возмещение ущерба при наступлении несчастного случая, аварии или инцидента.

В работе Смирновой Е. определяет, что процесс управления производственным риском должен преследовать цели высшего и низшего уровня [38]. Сохранение и поддержание устойчивого функционирования предприятия – это цель высшего уровня. Констатация и поддержание уровня риска на уровне «приемлемого» - низший уровень управления риском. Основные критерии управления производственным риском существенно отличаются с критериев управления риском в целом, ввиду наличия производственной составляющей. В идеальной модели управление производственным риском должно быть интегрировано с управлением производства.

В ходе проделанной работы был проведен анализ мнений и толкований различных авторов на процесс управления риском (таблица 1.1)

При оценке походов авторов к проблеме управления риском можно выделить некоторую несхожесть этапов, но в то же время следуют подчеркнуть единство мнений к выделению основных этапов.

В существующих системах оценки риска главным критерием выбора мероприятий по минимизации уровней риска является стоимость (цена) риска или последствия.

Онищенко В.Я. [43] рекомендует использовать в риск – менеджменте методы, условно разделенные на четыре группы: социально – психологические, административные, идеологические и экономические.

Таблица 1.1 – Сравнение позиций различных авторов на процесс управления риском

Этапы управления риском	Источник
1. Выявление (идентификация) риска. 2. Оценка уровня риска. 3. Выбор методов управления риском. 4. Реализация выбранных методов. 5. Оценка эффективности.	[39]
1. Выявление (идентификация) и классификация видов риска. 2. Количественная, полуколичественная оценка риска. 3. Корректирующие и предупреждающие действия, направленные на уменьшение или увеличение выявленных рисков. 4. Мониторинг достигнутых уровней риска.	[40]
1. Постановка цели. 2. Идентификация риска. 3. Оценка риска. 4. Выбор методов управления риском. 5. Реализация методов управления риском. 6. Оценка эффективности предпринятых действий.	[41]
1. Постановка цели. 2. Оценка вероятностей наступления негативных событий. 3. Определение величины риска. 4. Обзор окружающей обстановки. 5. Утверждение стратегии управления производственным риском. 6. Выбор приемов управления риском и способов его уменьшения до допустимого значения. 7. Осуществление корректирующих и предупреждающих действий.	[42]

Реализация административных методов коррекции уровня риска, как правило, осуществляется работниками риск – менеджмента. Данные методы включают:

1. Разработку, внедрение и поддержание в рабочем состоянии на предприятии модели риск – менеджмента, обеспечение ее методологическими и методическими ресурсами. Декларация стратегии безопасного управления.

2. Сбор и формирование базы нормативно – правовой документации в системе риск – менеджмента. В нее включаются федеральное законодательство, отраслевые стандарты, технические регламенты, государственные нормативно-правовые акты, регламенты в области экологии, охраны труда, промышленной безопасности, определяющие деятельность промышленного предприятия. В данную базу также включаются локальные нормативные акты, стандарты, различные инструкции, разработанные в организации и влияющие на уровень риска.

3. Определение фактических уровней рисков для конкретного подразделения, участка, технологического процесса, прогнозирование динамики изменения уровней риска. Для реализации данного этапа необходим систематический, документарный анализ факторов риска, травматизма, условий труда, заболеваемости, аварийности и тд. Так же не малую роль играет оценка вариантов альтернативного развития событий: изменение технологии, оптимизация производства, реконструкция помещений, модернизация основных фондов

4. Обеспечение финансами и ресурсами работ по упреждению риска повреждения здоровья, формирование целевых фондов.

5. Профессиональный подбор работников, специалистов и руководителей, четкое распределение должностных обязанностей в системе управления риском по предупреждению и минимизации негативных последствий рискованных ситуаций.

6. Обучение, переобучение, аттестацию сотрудников на знание требований охраны и промышленной безопасности, контроль за исполнением профилактических мероприятий, направленных на снижение риска повреждения здоровья.

7. Мониторинг и координация действий специалистов и руководителей, определяющих реализацию мер по предупреждению риска наступления негатив-

ных последствий, привлечение к ответственности за нарушение требований охраны труда и промышленной безопасности.

Одними из основных методами риск – менеджмента на сегодняшний день являются социально – психологические. Данные методы направлены на формирование благоприятного морально-психологического климата, повышения ответственности персонала, улучшение профессионализма; создание творческой обстановки для развития и реализации индивидуальных творческих способностей работника в области охраны труда и др.

Формирование безопасного имиджа предприятия, пропаганда безопасных приемов выполнения работ, поддержание культуры производства, вовлечение работников всех уровней в обеспечение безопасности работ и управления риском повреждения здоровья, воспитание чувства ответственности развитие самоконтроля и т.д. – приемы социально-экономических методов риск - менеджмента.

Экономические методы основаны, прежде всего, на материальном поощрении или наказании – это так, называемый принцип «кнута и пряника». Зарубежный опыт обосновал эффективность применения экономических методов в условиях рыночной экономики. Данные приемы стимулируют безопасную работу в условиях повышенного риска, а также мотивируют руководителей и персонал работать над вопросами снижения уровня риска.

В своей работе «Риск – менеджмент на предприятии» Станиславчик Е.Н. [44] придерживается системы управления риском по заданным параметрам и по «заданному сценарию». Основное внимание автор уделяет приемам по предотвращению риска [44].

Согласно данной работе, управление риском по "заданным параметрам" – это ведение производственно - хозяйственной деятельности, опираясь на заданные индикаторы. Документирование, мониторинг, аудит - главные инструменты. Поэтапное управление риском выглядит следующим образом:

1. Поиск источников повышенной опасности.
2. Выбор (определение) объектов наблюдения.

3. Установление индикаторов, определение их допустимого уровня.
4. Определение согласованности показателей.
5. Знакомство с "наблюдателями".
6. Применение способов взаимодействия различных наблюдателей.
7. Введение в действия Центра и постановка Задач.
8. Применение способов взаимодействия Центра.
9. Установление обратной связи.

Всю систему управления "по заданному сценарию" обычно разделяют на оперативное и стратегическое управление. Стратегическая разведка и предвидение состоит в распознавании поступающих сигналов, их анализе и систематизации с последующей разработкой стратегии реагирования. Сценарный подход имеет цель, выявить возможный ход развития событий и определить их последствия. Метод используется для редких и уникальных событий, например для крупных аварий, не имеющих репрезентативной статистики, используется теоретический анализ системы, имеющий целью выявить возможный ход развития событий и определить их последствия. Итогом рассмотрения процесса в этом случае является построение цепочек событий, связанных причинно - следственными связями, для каждой из которых определена соответствующая вероятность. В начале цепочки стоит группа событий, называемых причинами, в конце - группа событий, называемых последствиями [44].

Использование сценарного подхода при оценке риска связано с рядом сложностей. Применение математических моделей для анализа риска и моделирования последствий реализации негативных событий обусловлено значительной неопределенностью и сложностью моделируемых объектов, отсутствие знаний и статистической информации о возможных путях развития событий. Основной аспект при разработке на крупных промышленных предприятиях систем управления риском повреждения здоровья – это создание информационных баз по сценариям развития негативных событий.

В работе [45] главной целью управления техногенными воздействиями является достижение приемлемого уровня риска, основываясь на экономических, правовых, социальных и других критериях. Для эффективного управления риском необходимо достичь такого уровня приемлемого риска, при котором будут минимизированы воздействия на работников и население, а также затраты на ликвидацию ущерба.

Система управление риском включает в себя законодательные, правовые, административные и экономические принципы (рисунок 1.3). При этом ясно, что невозможно провести четкую границу между данными механизмами: законодательная база должна закладывать основу методов администрирования и действий экономических механизмов; административное управление включает контроль за действием экономических рычагов; экономические механизмы должны определять оптимальную или, по крайней мере, эффективную структуру администрирования и ее нормативно-правовую базу.



Рисунок 1.3 – Иллюстрация взаимосвязи основных механизмов системы управления риском

В соответствии со спецификой возникновения проблем воздействий загрязняющей среды на здоровье населения в результате аварии или инцидента экономические аспекты управления риском условно разделяют на три класса:

- 1) Финансовая оценка показателей риска, а также определение ущерба для жизни и здоровья человека;
- 2) Разработка корректирующих экономических мероприятий управления риском для жизни и здоровья населения;
- 3) Установление приемлемого уровня риска для жизни и здоровья человека, обеспечение безопасности жизнедеятельности.

Управление риском может осуществляться на локальном уровне отдельного источника опасности, местном, региональном и глобальном уровнях.

Хохлов И.В. [36] подчеркивает важность качества сбора первичной статистической информации при управлении риском. Основные принципы управления риском с учетом сформированных положений, показаны на рисунке 1.4.

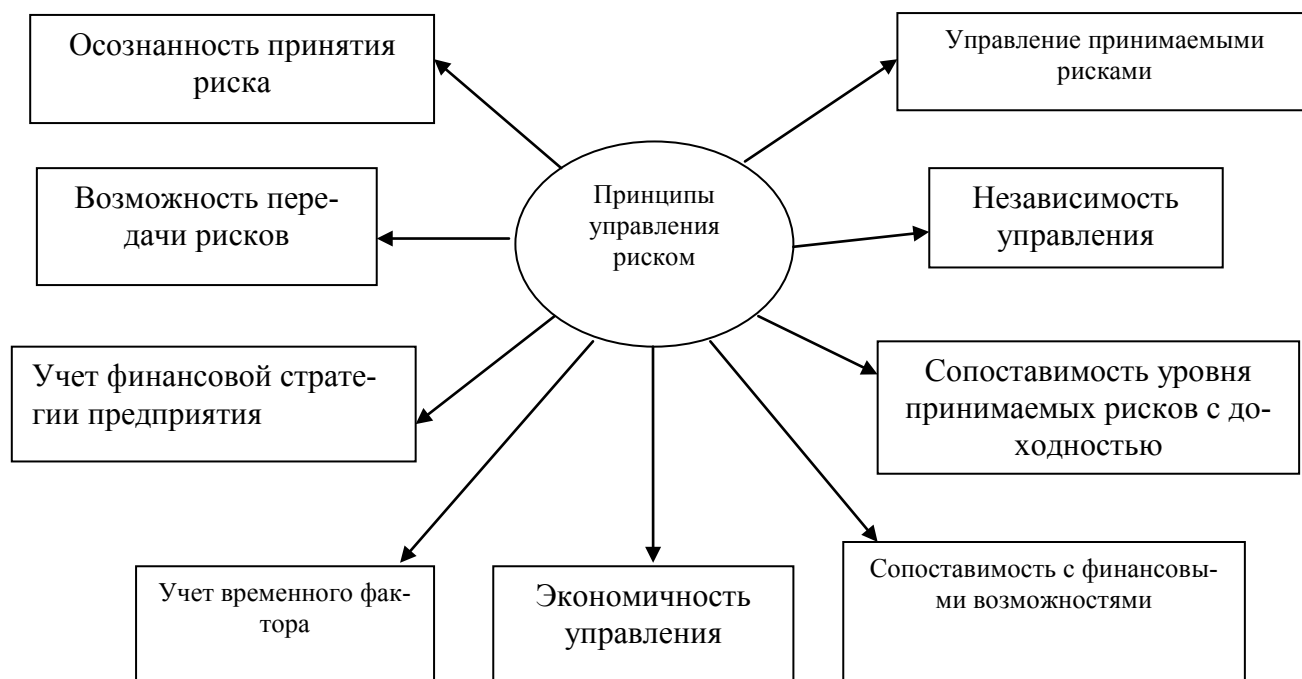


Рисунок 1.4 – Принципы управления риском

В условиях внешней нестабильности и информационного дефицита действие менеджеров должны быть сфокусированы на управлении внутреннем, систематическом риске предприятия при помощи качественных методов.

Механизм управления рисками, предложенный Осиповым В.И. [46], выглядит как последовательное выполнение заданной операций, показанных на рисунке 1.5



Рисунок 1.5 - Механизм управления рисками повреждения

Для изучения влияния факторов риска на различных стадиях реализации проектов, а также в процессе управления инновационными проектами и их воплощением, Демкин И.В. [42] предлагает механизм управления инновационным риском (рисунок 1.6).

При управлении промышленными рисками чаще используются общепринятые принципы, применяемые в социальных, политических, экономических и прочих отраслях. Данные методы достаточно полно представлены в литературе [7, 38, 42, 43, 54 и др.] и включают в себя:

- использование административных мер, направленных на упразднение, исключение и ограничение рисков для уменьшения вероятности реализации нежелательных событий, уменьшения ущерба от данных событий;

- резервирование средств (самострахование, страхование) для покрытия ущерба от реализации негативных последствий, быстрое устранение последствий аварий и инцидентов, перераспределение уровней риска между участниками производства, перенос рисков на партнеров; юридические методы распределение рис-

ка, в главе 23 Гражданского кодекса ("Обеспечение исполнения обязательств»).

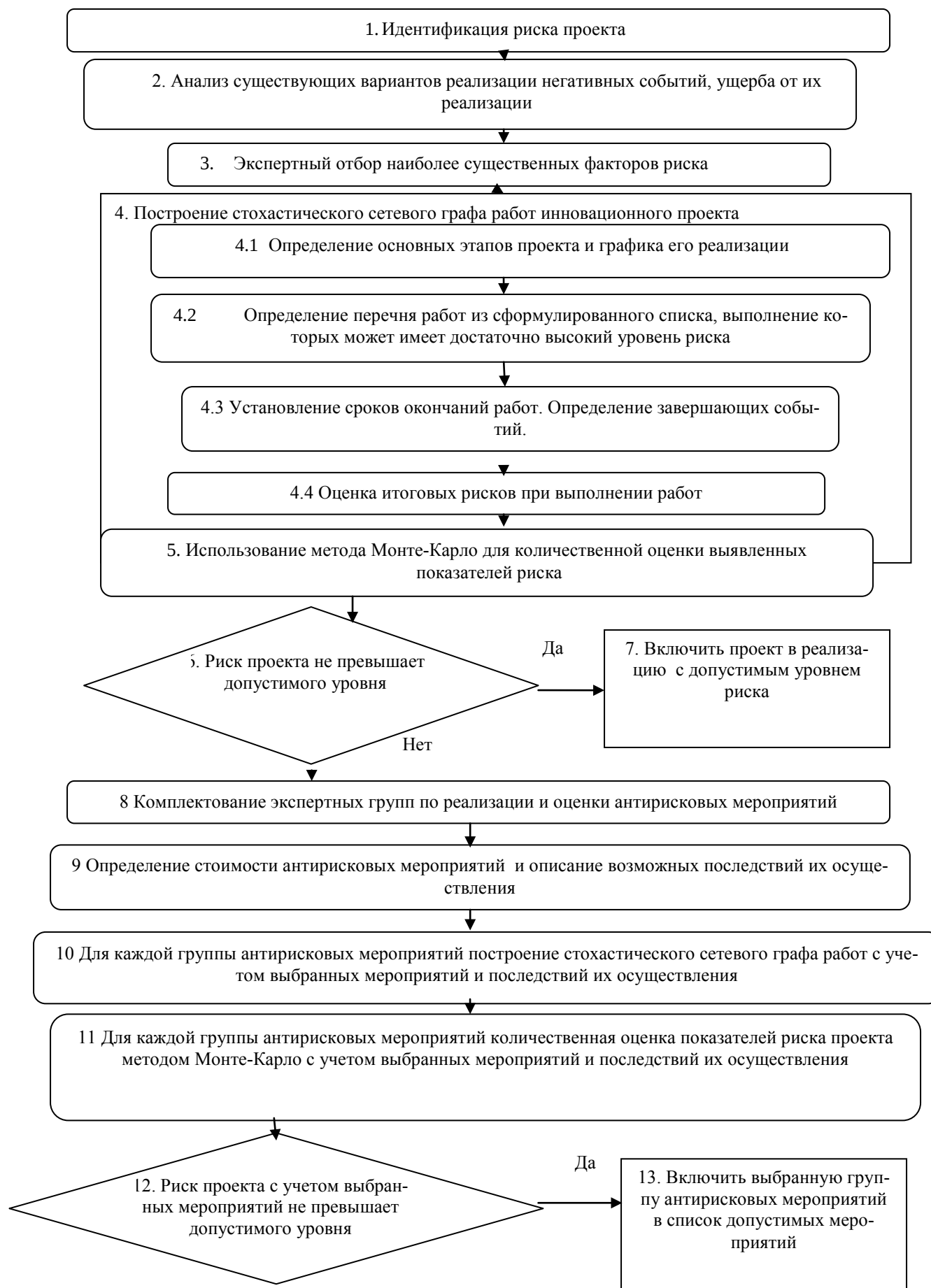




Рисунок 1.6 – Алгоритм управления риском инноваций

- мониторинг и управление риска путем осуществления организационно – технических мероприятий;

- финансирование риска путем использование приемов страхования и само-страхования, а также передачи высоких рисков сторонним организациям (подрядчикам, субподрядчикам, поставщикам и т.д.).

Согласно проанализированным литературным источникам управление риском включает в себя: идентификацию источников риска, оценку вероятности наступления негативного события, качественную и / или количественную оценку риска и мероприятия по уменьшению уровня риска.

К основным методам управления рисками относятся: избежание рисков, снижение ущербов от неустраняемых рисков, принятие рисков с определением допустимого уровня, передача рисков сторонней организации и т.д.

Так же следует отметить, что все методики направлены на регулирование уровней рисков лишь в одном профилирующем направлении. Отсутствие унифи-

цированной методики препятствует сравнению эффективности мероприятий по коррекции уровней риска в различных областях производства. Недостаточно внимание уделено идентификации опасного фактора (фактора риска) и регулировки потерь от реализации события.

В обобщенном виде систему по управлению риском можно представить (рисунок 1.7) как:



Рисунок 1.7 – Этапы управления риском

1.2 МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЛИЧИНЫ РИСКА

Существенная особенность профессионального риска – случайный характер, который проявляется через вероятностную реализацию негативных последствий на здоровье работника.

В настоящее время нормативная база Российской Федерации направлена на идентификацию и количественную оценку опасностей. Для выявления и анализа рисков применяются качественные и количественные методы оценки [35, 36, 47 - 59]. Качественные методы основаны на бальной или экспертной оценке. В данных методах преобладает субъективизм над объективизмом. Качественный анализ применим для выявления причин и источников риска. Количественные методы определяют вероятность возникновения происшествия с учетом прямых и косвенных потерь. Оба метода основаны на анализе статистических, экономических и управленческих показателей.

Рассмотрим наиболее применяемые методы анализа величины риска.

1.2.1 КАЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ

В настоящее время существует огромное количество методов качественного анализа. Принципы их реализации, классификация рассмотрены в работе [60]. Это:

- установление причинно – следственных связей;
- анализ методом потенциальных отклонений (применим преимущественно для закрытых процессов);
- анализ опасностей (предварительный) – выявление источников;
- анализ ошибок персонала;
- анализ опасностей с использованием дерева последствий;
- анализ опасностей с использованием дерева причин;

- анализ последствий отказов.

Для реализации задач риск-менеджмента в качестве экспертов привлекаются инженер – практиканты, рабочий персонал с наличием профессиональной подготовки или научные работники.

Согласно Каньшину В.Б. [61], для упрощенной оценки риска возникновения несчастных случаев на производстве, возможно использование 26 основных показателей, влияющих на уровень травматизма.

Условный нормативный балл рассчитывается, исходя из условного веса причин, вызывающих смертельный несчастный случай по отношению к общему количеству несчастных случаев для каждого из параметров. Максимальный условный балл равен 780.

Все параметры можно разделить на:

- организационные (своевременность проведения обучения и проверки знаний по охране труда, обеспечение средствами индивидуальной защиты (СИЗ), проведение и отражение инструктажей по охране труда в журналах, проведение периодических и предварительных медицинских осмотров, наличие инструкций по охране труда, проведение медицинских осмотров при принятии на работу, наличие планов эвакуации, наличие технических паспортов на здания и сооружения, наличие должностных инструкций для специалистов и руководителей и отражение в них прав, обязанностей и ответственности по охране труда);
- технические (соответствие оборудования, приспособлений требованиям технических регламентов и системы стандартов безопасности труда (ССБТ); соблюдение норм разрывов и габаритных размеров, обеспечивающих безопасность; соблюдение правил и норм складирования; функционирование контроля; своевременность проведения испытаний оборудования и приспособлений; несоответствие технического процесса требованиям безопасности; соответствие оборудования и помещений классу пожароопасной зоны в соответствии с действующими правилами; наличие средств пожаротушения в соответствии с требованиями нормативно-правовых актов; своевременность проверки качества изоляции электросетей, за-

земления оборудования, петли фаза-ноль; наличие испытанных электрозащитных средств; поддержание предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, предельно допустимого уровня (ПДУ) шума, вибрации, освещения, ионизирующего излучения и т.д. и их мониторинг на рабочих местах (по количеству работающих); проведение планово-предупредительных ремонтов оборудования, зданий и сооружений; нарушение технологического процесса; своевременность проведения технических осмотров; наличие средств пожарной сигнализации в соответствии с требованием правил).

Такой подход дает возможность вносить коррективы в размеры нормативных баллов по каждому параметру. При наличии на производстве несчастных случаев, превышений предельно-допустимых концентраций и уровней опасных и вредных производственных факторов, нарушений со стороны работника инструкции по охране труда, нарушений срока проведения инструктажей, проверки знаний по охране труда условный нормативный балл уменьшается.

Расчет степени профессионального риска осуществляется по формуле:

$$P = (M_{\max} - M_p + 0,1) * 9 * 10^{-7}, \quad (1.1)$$

где M_p – определенный в процессе оценки суммарный фактический балл;

$M_{\max}$ – установленный нормами оценки максимальный нормативный балл.

Н. Гольдберг [62] представляет вероятность травмирования работника как экспертную оценку возможности события и определяет ее по рейтинговой шкале Пирамиды Дюпона на основании расчета граничных значений по данным Фонда социального страхования о несчастных случаях в отрасли:

$$n = N_{\text{раб.}} \times \frac{N_{\text{н.сл.}}}{N_{\text{числ.}}}, \quad (1.2)$$

где $N_{\text{раб.}}$ – число работающих в организации;

$N_{\text{н.сл.}}$ – число несчастных случаев в отрасли;

$N_{\text{числ.}}$ – численность рабочих в отрасли.

Расчеты сравниваются с базовыми значениями (таблица 1.2), на основании которых и производится окончательная оценка вероятности события.

Таблица 1.2 – Вероятность события

№п/п	Вероятность события	Рейтинговое значение, п
1	Сверх высока	0.1
2	Крайне высокая	0.01
3	Вероятно	0.001
4	Возможно	0.0001
5	Маловероятно	0.00001
6	Практически не вероятно	0.000001

В настоящее время широко применяется использование для анализа «деревьев событий» и «деревьев отказов», как логико-графических методов [63] для выявления причинно-следственных связей между событиями, характеризующими аварии и инциденты. Метод построения «дерева отказов» применим при анализе причин возникновения нештатных ситуаций. Как правило, данный метод выявляет комбинацию отказов (поломок) оборудования, последовательность ошибок персонала, череду инцидентов, а также внешние воздействия природного или техногенного характера, повлекшие возникновение аварийной ситуации.

Методика анализа с применением «дерева событий» осуществляется через построение последовательности событий, берущих начала из основного события (инцидента, несчастного случая, аварийной ситуации).

Для оценки технического риска Гражданкин А.И. [64] предлагает использовать логико-лингвистическую (имитационную) модель.

Представленная модель основывается на учете влияния «Человеческого фактора» (психофизиология человека, вероятность ошибочных действий оператора, качество выполнения трудовых функций и т.д.) и «Производственной среды» (надежность оборудования и машин, условия труда, комфортность среды и т.д.). Учет данных параметров позволит оптимизировать затраты и рационализировать

мероприятия, направленные на достижение приемлемого уровня техногенного риска. Для реализации поставленной задачи предлагается использование бальной экспертной оценки в зависимости от уровня опасности для каждого риска.

Асаенко И.С. и Кученева Е.Е. [49] для оценки риска предлагают использовать метод бальной оценки. На основании анализа литературных данных авторами были разработаны шкалы вероятности возникновения опасности (диапазон 1-7 баллов) и тяжести последствий, ее воздействий на здоровье работающего (диапазон 1-7 баллов). Это позволило ранжировать опасности с учетом показателей здоровья работающих. Приняв за основу оценки профессионального риска математический подход, авторы разработали матрицу классификации рисков. Исходя из значений вероятности воздействия опасности и степени тяжести последствий, определяется категория профессионального риска.

Также качественный метод оценки риска аварий и инцидентов применяется на коксохимическом производстве ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ПАО «ММК») [65]. Согласно данной методике на первом этапе осуществляется идентификация физических, химических, психофизиологических и пожароопасных факторов риска. Анализ риска производится согласно штатной производственной деятельности с учетом всех нештатных ситуаций, а также действий основного и обслуживающего персонала. На основании полученных данных эксперт определяет вероятность отказа оборудования по рейтингу вероятности. Методика включает в себя 65 критериев, значения которых варьируются от 0 до 4. Суммированием значений критериев и последующим сопоставлением с пороговыми значениями соответствующих степени наступления события, определяется общий рейтинг безопасности. Уровни риска устанавливаются на основании разработанных диаграмм.

В методических указаниях по проведению анализа риска опасных производственных объектов [63] предлагается фиксировать все возможные отклонения и отказы производственного оборудования, анализировать причины возникновения и эффективность корректирующих действий, направленных на недопущение по-

вторений негативных событий для каждого производственного объекта и (или) технологической операции. Для характеристики отклонений автором используются следующие словосочетания: «другой», «меньше», «больше», «нет», «иначе, чем», и т.п. Использование табулированного набора слов позволяет эксперту зафиксировать полный спектр отклонений. Производственная специфика определяется в употреблении данных словосочетаний с конкретными технологическими параметрами. Результаты анализа фиксируются в технологических картах. Путем количественной оценки вероятности негативной ситуации и тяжести ее последствий определяется степень опасности отклонений.

С определенной долей вероятности предложенный в работе П.П. Кукина, В.Н. Шлыкова, Н.Л.Пономарева, Н.И. Сердюка [66] метод оценки риска можно отнести к качественным с переходом в количественный. Согласно данной работе, принимая, что опасные и (или) производственные факторы действуют независимо друг от друга (принцип аддитивности), обобщенный уровень риска R_{nc} , имеет вид [66]:

$$R_{nc} = 1 - \prod_{i=1}^n S_{nci} , \quad (1.3)$$

где S_{nci} – уровень безопасности по i -му фактору производственной среды, который может быть определен по формуле:

$$S_{nci} = \frac{(x_{max} + 1) - x_i}{x_{max}} , \quad (1.4)$$

где x_{max} – максимальная бальная оценка, принимается в соответствии с методикой НИИ труда $x_{max} = 6$;

x_i – бальная оценка по i -му фактору среды, определяемая по формулам в таблице 1.3;

n – число учитываемых факторов среды ($x_0 = 2$).

Смирнова Е. [38] отождествляет «риск» и «вероятность». При этом риск оценивается:

$$\text{Ошибка! Закладка не определена. } R \frac{n}{N}, \quad (1.5)$$

где n – количество произошедших негативных ситуаций;

N – общее количество возможных вариантов развития событий.

Таблица 1.3 – Таблица зависимостей для определения балльных оценок вредных и (или) опасных производственных факторов производственной среды и тяжести трудового процесса

Наименование фактора	Единицы измерения	Расчетная психофизическая формула	Значение психофизического показателя, n
Шум	дБА	$x = x_0 * 10^{0,1n*(L-L_{пдв})}$	0,3
Разовая максимальная масса перемещаемых вручную грузов	кг	$x = 0,194 - M^n$	1,45
Общая динамическая физическая нагрузка за смену	КДж	$x = x_d^n * (10^{3,93})$	1,45
Статическая физическая нагрузка в течение смены	Н*с	$x = A_{ст}^n / (10^{8,529})$	1,45
Вредные химические вещества	мг/м ³	$x = x_0 * (\frac{C}{C_{пдк}})^n$	0,55 – для химических веществ 3-го и 4-го классов опасности
Температура воздуха в холодный период года при работе на открытом воздухе	°С	$x = (-0,333) - t_x^n$	1
Температура воздуха в теплый период года при работе на открытом воздухе	°С	$x = x_t^n * (10^{1,99})$	1,6
Воздействие холодной воды	°К	$x = (304,2 - T_{хв})^n / (10^{0,48})$	1,2
Освещение рабочих мест	лк	$x = x_0 * (\frac{E_i}{E_0})^n$	1,2
Площадь рабочего места	м ²	$x = x_0 * (\frac{S_i}{S_0})^n$	1,15
Величина токов прикосновения	мА	$x = J^n * 10^{2,13}$	3,5
Технологическая вибрация	дБ	$x = x_0 * 10^{\frac{n}{20}(L_{ва} - L_{пдв})}$	0,77

Используемое в промышленности оборудование, технические системы, узлы и выполняемые ими технологические операции состоят из множества элементов. Исходя из вышесказанного, невозможно учесть и описать количественно все вероятности реализации негативных событий.

1.2.2 КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ

В настоящее время разработан обширный ряд количественных методов анализа риска для нефтяной промышленности [66, 67], опасных производственных объектов [68, 69], энергетических систем [70], риска инвестиций [71-73] и др.

В своих работах Мастрюков Б.С., Смирнов Е.А., Брушлинский Н.Н. и др. авторы [45, 47, 56-59, 67-77] для расчета величины риска предлагают использовать общепринятую методику. Величина риска определяется, как математическое ожидание определенной величины ущерба, т.е. произведения вероятности (частоты) проявления негативного события W , год⁻¹ на величину определенной степени ущерба Y , выражаемую в неких условных единицах у.е., т.е.:

$$R = W * Y, \text{ у.е./год} \quad (1.6)$$

А.В. Невский предлагает определять класс профессионального риск для каждой отрасли (под отрасли) экономики по формуле [78]:

$$КЛАСС = \frac{(K_q * K_T)_{н.с.} + (K_q * K_T)_{см} + (K_q * K_T)_{п.з.}}{230}, \quad (1.7)$$

где K_q и K_T – коэффициенты частоты и тяжести соответственно;

н.с. – несчастные случаи;

см – смертельные случаи;

п.з. – профессиональные заболевания.

Коэффициент тяжести в формуле предлагается брать равным $K_{т\text{ см}} = 6500$ дней (данные международной организации труда), $K_{т\text{ п.з.}} = 1642,5$ дней.

Профессор Шлыков В.Н. [75] в представленных работах использует параметр «исход» от реализации негативного события для оценки мер и последствий воздействия неблагоприятного фактора. Параметр «отказ оборудования», применяемый в теории надежности систем, характеризует вероятность реализации нежелательного сценария.

В работах Соколова Э.М., Ветрова В.В., Захарова Е.И. и др. [79] профессиональный риск измеряется в сутках потерянной жизни за год рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{ПР}} = P_{\text{тр.лет}} * Y_{\text{тр.лет}} + P_{\text{тр.}} * Y_{\text{тр.}} + \sum (P_{\text{п.з.}j} * Y_{\text{п.з.}j}) + \sum (P_{\text{ски}} * Y_{\text{ски}}), \quad (1.8)$$

где $P_{\text{тр.лет}}$, $P_{\text{тр.}}$, $P_{\text{п.з.}j}$, $P_{\text{ски}}$ – вероятность повреждения здоровья соответственно с летальным исходом, с утратой трудоспособности на один день и более, профзаболеваний с установленной группой инвалидности j ($j = 3, 2, 1$), работы в условиях труда классов вредности i ($i = 3.1, 3.2, 3.3, 3.4$ и 4), определяемые на основании существующей статистической информации в системе охраны труда (индекс «ск» – скрытый вред);

$Y_{\text{тр.лет}}$, $Y_{\text{тр.}}$ – ущерб здоровью, вследствие травм;

$Y_{\text{п.з.}j}$ – ущерб здоровью в случае профессионального заболевания с установленной группой инвалидности j ;

$Y_{\text{ски}i}$ – ущерб здоровью наносимый работой в классе условий труда i , выражаемой в сутках потерянной жизни в год.

Методика Портнова В.А. [57] предполагает наличие развитой информационной системы, на основании которой численная оценка безопасности и уровня риска производиться с учетом остаточного ресурса сложных технических систем. Рассматриваемая методика позволяет выполнить требуемые расчеты с учетом со-

циально – правовых и экономических параметров и построить систему управления промышленной безопасностью. Для оценки необходимы параметры надежности, которые оцениваются для каждого из элементов используемых технических систем.

Л.А. Резник, А.В. Фролов, А.П. Васютин [80, 81] проявленную составляющую производственного травматизма на объектах угольной промышленности выражают, как сумму рисков от смертельного травматизма и травматизма с временной и полной утратой трудоспособности.

$$R_{TP} = R_{TP}^{CM} + R_{TP}^{OB}, \quad (1.9)$$

где R_{TP} – риск от производственного травматизма;

R_{TP}^{CM} – риск от травматизма со смертельным исходом;

R_{TP}^{OB} – риск от травматизма с временной и полной утратой трудоспособности.

Риск травматизма со смертельным исходом на производственном объекте можно представить в виде зависимости:

$$R_{TP}^{CM} = Y_{CM} * \frac{n_{TP}^{CM}}{N}, \quad (1.10)$$

где Y_{CM} – оценка ущерба от случая смертельного травматизма (рекомендовано принимать – 6500 сут);

n_{TP}^{CM} – количество пострадавших от смертельных несчастных случаев;

N – среднесписочная численность работающих на объекте за год.

Для оценки риска травмирования с утратой трудоспособности по фактическим данным результатов расследования несчастных случаев, можно воспользоваться шкалой Росселя и выполнять расчеты по зависимости:

$$R_{TP}^{об} = \frac{\sum Y_{TP} (1 - R_{O3})}{N}, \quad (1.11)$$

где R_{O3} - показатель Росселя (с учетом всех возможных случаев тяжести временной потери трудоспособности, показатель рекомендуется принимать равным 0,7);

$\sum Y_{TP}$ – ущерб от несчастных случаев, выраженный в днях потерь трудоспособности за год.

Если суммарный ущерб представить в виде:

$$\sum Y_{TP} = K_T^{CP} * n_{TP}, \quad (1.12)$$

а затем подставим формулу для определения $R_{TP}^{об}$, то получаем:

$$R_{TP}^{об} = \frac{0,3 * K_T^{CP} * n_{TP}}{N}, \quad (1.13)$$

где K_T^{CP} –коэффициент тяжести одного несчастного случая на производственном объекте, вычисленный как среднеарифметический, в сутках в год;

n_{TP} – количество несчастных случаев с утратой трудоспособности за год.

В настоящее время основными показателями, характеризующими уровень травматизма в организации, являются $K_{\text{ч}}$ - коэффициент частоты и $K_{\text{т}}$ – коэффициент тяжести несчастных случаев. В системах «человек – машина» данные показатели являются статистическими и фиксируются в отчетной документации. Тогда Е. Резчиков [82] предлагает риск ожидаемых потерь i -ого происшествия вычислять по формуле:

$$R_i = P_i * \frac{K_q}{1000} * K_T \quad (1.14)$$

где P_i – вероятность реализации i -ого происшествия.

Кравчук И.Л. в своих работах [83-85] при количественной оценке опасностей рассматривает подсистемы (составные части сложные системы) как самостоятельные части. Сбой или выход за пределы нормального функционирования одного из компонента ведет к сбою всей системы. Данные части общей системы представлены векторно. Анализ внутренней структуры системы, сбоев, инцидентов и аварийных ситуаций является основной задачей при оценке опасности реализации негативного сценария.

Отсутствие полных исходных данных о надежности технических систем препятствует реализации данной модели на практике.

Согласно работе Брушлинского Н.Н. и Клепко Е.А. [86] риск возникновения пожара вычисляется по формуле:

$$R_{\Pi} = \frac{N_{об}^{пож}}{N_{об} * T}, \quad (1.15)$$

где $N_{об}^{пож}$ – количество пожаров, произошедших за период T ;

$N_{об}$ – число объектов определенного вида.

Экономический подход [87] основан на представлении риска как величины, обратной уровню экономической эффективности деятельности, т.е.:

$$R_{\mathcal{E}} = \frac{3_{\Pi} + 3_B + 3_O}{\Pi}, \quad (1.16)$$

где $R_э$ - риск экономический;

$Z_п$ – затраты ресурсов на достижение требуемых результатов деятельности;

$Z_в$ - затраты ресурсов на предотвращение, уменьшение вреда, ущерба, потерь;

$B_о$ - остаточный вред, который согласно закону бинарности всегда больше нуля;

Π – получаемая польза, доход.

В работах [10, 88] вероятность аварии на опасных промышленных объектах определяется с использованием методов математической статистики и теории вероятности, основываясь на случайности возникновения негативных событий. Зафиксированные аварии и инциденты представлены стационарным пуассоновским распределением событий. Вероятность реализации аварии или инцидента время t с интенсивностью λ оценивается по выражению:

$$P_A(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (1.17)$$

Потери Y от наступления негативного события «аварии» (величина дискретная X), подразделяют на людские N и материальные G .

Количественные показатели потерь определены в Постановлении Госгортехнадзора от 10.07.2001г [89]. Расчет риска (таблица 1.4) производится исходя из его этиологии:

- Социальный риск определен как функция распределения $\bar{F}(n)$ числа погибших людей при аварии (F/N – кривая) на опасном производственном объекте. Распределение $0, n_1, n_2, \dots, n_k$, описывает все возможные сценарии аварий с гибелью людей N . Вероятность наступления негативных событий определяется следующим распределением $p_0, p_1, p_2, \dots, p_k$.

- Коллективный риск - математическое ожидание людских потерь N :

$$R_A = M[N] = \sum_{i=1}^k n_i p_i, \quad (1.18)$$

где n_i – количество погибших людей при i -том развитии аварии;

p_i – вероятность i -того сценария развития аварии.

Таблица 1.4 - Ряд распределения людских потерь

n_i	0	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	...	n_k
p_i	$1 - \sum_{i=1}^k p_i$	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	...	p_k

- Отношение математического ожидания людских потерь N при инцидентах, авария или катастрофах к общему числу людей, рискующих попасть в данную ситуацию U , определяет индивидуальный риск:

$$R_A = M\left[\frac{N}{U}\right] = M[N] M\left[\frac{1}{U}\right] + K_{n,1/u} \quad (1.19)$$

где $K_{n,1/u}$ - корреляционный момент случайных величин N и $1/U$.

- Территориальный риск определяется, так же как и технический риск;

- Риск материальных потерь представляет собой интегральную функцию распределения $\bar{F}(g)$ величины ущерба G при аварии (F/G – кривая). Полное описание сценариев аварии представляет собой плотность вероятности ущерба:

$$f(g) = F'(g) = - \bar{F}'(g) \quad (1.20)$$

- Планируемый ущерб:

$$R_{\text{руб}} = M[G] = \int_0^{\infty} g f(g) dg \quad (1.21)$$

В данном случае более вероятный ущерб будет определен как математическое ожидание по моде распределения $\bar{F}(g)$.

Исходя из этого полный планируемый ущерб от инцидентов или аварий:

$$R_{\Sigma} = H \sum_{i=1}^k n_i p_i + \int_0^{\infty} g f(g) dg, \quad (1.22)$$

где H – стоимостная оценка человеческой жизни.

В системах «Человек – Машина» при оценке риска техногенного характера с определенным ущербом от происшествий, инцидентов и аварий в зависимости от размеров производства [90], рекомендуется использовать формулу:

$$R = \sum_i Q_i Y_i + \sum_j Q_j Y_j, \quad (1.23)$$

где Q_i , Q_j – вероятности реализации на объекте происшествий конкретного (i-го) типа с описанием технологического оборудования (j-х), выбросов, сбросов и размещений за определенный период времени и др.;

Y_i , Y_j – ущерб, основанный на появлении случайных происшествий определенного типа сопровождающихся выбросами сбросами и размещением отходов и/или энергии, соответственно.

Комплексный подход к оценке риска травмирования, аварийности, профессиональной заболеваемости с учетом ущерба при реализации данных событий, количества персонала за анализируемый период представлен в работе [90]. Так для определения комплексного риска рекомендуется использовать следующую формулу:

$$R = N(P_{тр.лет} Y_{тр.лет} + P_{тр.} Y_{тр} + \sum_j P_{пз.j} Y_{пз.j}) + \lambda_i \sum_i (NP_{пор.i} Y_{тр.лет} + \sum_k a_{об.k} Y_{об.k}) \quad (1.24)$$

где $P_{тр.лет}$ - вероятности травматизма с летальным исходом, год⁻¹

$P_{тр.}$ - вероятности травматизма с утратой трудоспособности, год⁻¹

$P_{пз.j}$ - вероятность профзаболеваний, год⁻¹;

$Y_{тр.лет}$, $Y_{тр}$, $Y_{пз.j}$ - ущербы от травматизма с летальным исходом, утратой трудоспособности и профзаболеваний соответственно, руб.;

λ_i - вероятность аварии, инцидента, катастрофы, год⁻¹;

N - численность персонала за анализируемый период, работающих на данном предприятии;

$P_{пор.i}$ - вероятность летального исхода как следствие аварии;

$a_{об.k}$, $Y_{об.k}$ - степень разрушения и остаточная стоимость (в руб.) k -го сооружения, здания и (или) оборудования при реализации сценария аварии, инцидента, катастрофы соответственно.

В ходе проведения литературного обзора было выявлено, что для идентификации и оценки рисков разработаны качественные и количественные методы оценки. На промышленных предприятиях используются преимущественно качественные методы анализа. Они классифицируются по принципам анализа: причинно – следственный, анализ ошибок персонала, анализ опасностей с построением деревьев событий и причин, анализ опасностей (предварительный) – выявление источников; анализ опасностей с использованием дерева последствий и т.д. Боль-

шое число количественных методов анализа риска разработанных для тяжелой промышленности, опасных производственных объектов, риска инвестиций, электрических и энергетических систем, и др.

Основной упор при проведении количественных оценок величины рисков делается на выявление вероятности негативного события и учет потерь при реализации данного события. В данном случае, не достаточно внимание уделено определению вероятности события, не учтена вероятность возможности травмирования одного человека несколько раз за анализируемый период.

Использование коэффициента частоты и коэффициента тяжести при оценке риска влечет за собой погрешности в вычислении, так как не учтенными остаются группы работников, работающих по договорам.

Структура понятия «ущерб» носит, по большей части, субъективный характер. Невозможно учесть все составляющие «ущерба», так как в него входит ущерб здоровью вследствие травм, профессионального заболевания, ущерб наносимый здоровью человека, работающему во вредных условиях труда, простой, недополученная прибыль, выплаты по больничным листам и т.д.

ВЫВОДЫ:

1. Понятие «управление риском» означает принятия мер в области менеджмента риска.
2. Под «допустимым» уровнем риска подразумевают риск, который предприятие может достичь, исходя из своих финансово-экономических, правовых, социальных и др. обязательств.
3. Управление риском включает в себя: идентификацию источников риска, оценку вероятности наступления негативного события, качественную и / или количественную оценку риска и мероприятия по коррекции уровня риска.
4. На практике применяется следующая последовательность управления риском: идентификация риска → оценка уровней риска, определение приемлемого

(допустимого) уровня риска → подготовка корректирующих и предупреждающих мероприятий по снижению фактического уровня риска → реализация мероприятий и оценка их эффективности.

5. К методам управления рисками относятся: избежание рисков, минимизация ущербов от существующих рисков, принятие рисков на уровне допустимых, передача рисков сторонней организации (партнерам), страхование в системе обязательного страхования, самострахование (резервирование средств, добровольное страхование).

6. Все методики направлены на регулирование уровней рисков лишь в одном профилирующем направлении. Отсутствие унифицированной методики препятствует сравнению эффективности мероприятий по коррекции уровней риска в различных областях производства.

7. Недостаточно внимание уделено идентификации опасного фактора (фактора риска) и регулировке потерь от реализации события.

8. Существенная особенность профессионального риска – случайный характер, который проявляется через вероятностную реализацию негативных последствий на здоровье работника.

9. Для выявления и оценки рисков применяются качественные и количественные методы оценки.

10. В сегодняшний день на практике используется большое количество методов качественного анализа. Классификация методов определена критериями анализа: причинно – следственный анализ; анализы ошибок персонала, опасностей (предварительных и текущих); использование деревьев причин, событий и последствий и т.д.

11. Существует обширный ряд количественных методов анализа риска, разработанных для тяжелой промышленности, опасных производственных объектов, электрических и энергетических систем, инвестиций, и др.

12. Используемое в промышленности оборудование, технические системы, узлы и выполняемые ими технологические операции состоят из множества эле-

ментов. Исходя из этого, практически невозможно произвести прямой подсчет всех вероятностей реализации негативных событий.

13. Все методики направлены на регулирование уровней рисков лишь в одном профилирующем направлении. Отсутствие унифицированной методики препятствует сравнению эффективности мероприятий по коррекции уровней риска травмирования электротехнического персонала в различных цехах металлургического производства.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПАО «ММК»

2.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАО «ММК»

В настоящее время в России действуют более сорока предприятий черной металлургии в состав которых входит электро- энергетические комплексы. Для обеспечения возможности сравнительного анализа предприятия группируют следующим образом:

- Металлургические комбинаты и заводы (НЛМК, Северсталь, ММК, Уральская Сталь, ЕВРАЗ НТМК, ЧМК, Мечел и т.д.);
- Трубные заводы (Волжский ТЗ, Таганрогский МЗ, ПНТЗ, Северский ТЗ и т.д.);
- Ферросплавные заводы (ЧЭМК, Кузнецкий ФЗ, Серовский ФЗ и т.д.);
- Метизные предприятия (БМК, ММК-Метиз, Нижнесергинский ММЗ);
- Горно-обогатительные комбинаты (Лебединский ГОК, Евразруда, Михайловский ГОК и т.д.).

Металлургические комбинаты и заводы, в том числе и ПАО «ММК» - это ведущие металлургические комплексы, включающие в себя полный производственный цикл от добычи сырья до выпуска пачек и рулонов металла с различным покрытием (приложение А). Получение стального листа требует огромные электро- и энергозатраты. Для обеспечения собственных нужд ресурсами металлургические комплексы включают в себя цеха и управления вспомогательного характера. Значительная часть продукции металлургических предприятий экспортируется в различные страны мира.

Обеспечение конкурентоспособности металлургических предприятий, как в пределах Российской Федерации, так и за ее пределами осуществляется за счет:

- завоевания лидирующих позиций в области разработки и внедрения новых технологий;

- улучшения качества металлопродукции и освоение новых видов продукции для удовлетворения текущих и будущих запросов и ожиданий потребителей;
- сохранения и расширения рынков сбыта и снабжения;
- повышения эффективности производства;
- сокращения вредных выбросов, сбросов и размещений отходов;
- вовлечения работников предприятия в процесс управления качеством;
- стимулирования всех работников на достижение целей;
- обеспечения социальной защищенности работников [92].

Подавляющее большинство металлургических комбинатов и заводов, в том числе и ПАО «ММК», представлены следующими основными отделами и цехами:

✓ **Управление:**

- коммерческо-финансовое управление с отделами: финансовый, главная бухгалтерия, сбыта, снабжения, техоборудования, правовое управление;
- управление рабочего снабжения;
- административно-хозяйственное управление;
- секретариат управления;
- технологическое управление и т.д.

✓ **Горно-обогатительное производство (ГОП)**

Горно-обогатительное производство - крупнейшее и важнейшее производственное подразделение по добыче и переработке твёрдых полезных ископаемых. Необходимость в строительстве производственных переделов не только по добыче, но и по переработке, обогащению добываемых из недр полезных ископаемых возникла в связи с тем, что в результате интенсивной разработки месторождений,

руды с высоким содержанием полезных компонентов были извлечены, а для дальнейшего использования полезных ископаемых необходимо их перерабатывать таким образом, чтобы повысить в них содержание полезных компонентов.

В составе горно-обогатительного производства действуют рудник, дробильно-обогатительные фабрики, цех подготовки аглошихты, где усредняется по качественным характеристикам железорудное сырье, аглофабрики, горный железнодорожный транспорт, центральная лаборатория.

Главная задача дробильно-обогатительной фабрики – получение концентрата и подготовка его к агломерации. Конечный продукт фабрики концентрат с содержанием железа 64-65%.

Назначение цеха подготовки аглошихты (ЦПАШ) - выгрузка привозного железорудного сырья, его усреднение по качественному составу и подготовка к агломерации. В настоящее время ЦПАШ, справедливо называемый сырьевыми воротами металлургического производства.

В агломерационных цехах агломерационные машины характеризуются большой площадью спекания сырья, степенью вооруженности, системами управления технологией и рабочими параметрами.

✓ Доменное производство

Доменное производство – это получение чугуна в доменном цехе металлургического предприятия.

Это первое из трех основных звеньев производственного цикла металлургических предприятий. Доменное производство является наиболее энергоемким, высокочрезвычайно затратным звеном со значительной долей экономических затрат в получении готовой конечной продукции предприятия.

Главным технологическим агрегатом доменного производства является доменная печь, в которой посредством восстановительной плавки подготовленных железорудных материалов – агломерата, окатышей и железной руды выплавляется

чугун. Доменное производство - безотходное. Наряду с чугуном в печи образуются побочные продукты: шлак, доменный газ. В процессе очистки газа образуется колошниковая пыль и шлам.

В доменном производстве все технологические операции подчинены работе доменной печи, процессы в которой протекают непрерывно.

Доменная плавка — это сложный комплекс химико-физических процессов, протекающих в условиях высоких температур и повышенного газового давления в доменной печи. Основные процессы — движение шихты и газов, тепломассообмен и восстановление. Опускающаяся шихта и восходящие потоки газа в стволе доменной печи в режиме противотока, определяет силовое взаимодействие доменного процесса, который зависит от скорости движения и физико-химического контакта веществ в зонах доменной печи. Применение восстановительной способности газа сохраняет постоянство границ между областями прямого и косвенного восстановления, характеризующееся стабильностью и закономерностью опускающихся шихтовых материалов. В ходе процесса схода шихты в печи остаются постоянными заданные параметры распределения объема и состава материалов. Нарушение данных характеристик материалов происходит в зоне плавления и когезии, в ходе которых образуются шлаки. Ход столба шихтовых материалов напрямую зависит от статического давления, температуры и постоянства дутьевого режима доменной печи. Для обеспечения безопасной работы доменной печи и исключения вероятностей отклонений, наравне с техническими средствами, такими как оптимизация моделей доменных производств, применение современных систем контроля за ходом плавки, автоматизация процесса и т.д., не малую роль играет «Человеческий фактор». Это прежде всего квалификации работников доменного цеха, их навыки и умения своевременно корректировать ход плавления металла, предупреждать возможные инциденты и аварии. Сохранение стабильного режима работы оборудования доменного цеха является ровный ход [166].

Выплавка стали из жидкого чугуна с незначительным добавлением лома (или без него) в конверторе с верхней продувкой кислородом в нашей стране называется кислородно-конвертерным процессом. За рубежом данный процесс называют процессом ЛД.

В кислородно-конвертерных цехах установлено следующее основное технологическое оборудование: конвертеры; установка вакуумирования стали; агрегаты стабилизации, «печь-ковш», доводки и корректировки химического состава стали в ковше; агрегат глубокой десульфурации стали в ковше; машины непрерывного литья заготовки; транспортно-отделочные линии передачи литых слябов на склады, в прокатный передел.

В современных цехах внедряются комплексные программы по производству высококачественных сталей, позволяющие провести значительные изменения в структуре металлопродукции, повысить долю и абсолютные объемы производства низколегированных низкосернистых сталей для магистральных трубопроводов, динамной и трансформаторной, низкоуглеродистой автолистовой стали особо сложной вытяжки, углеродистых марок, IF-стали.

Основные преимущества кислородно-конвертерных процессов определили их широкое применение при выплавке стали:

- не большие капитальные затраты на возведение цеха и установку конвертерных агрегатов, отсутствие сложностей при проектировании цехового пространства, определенные простотой устройства конвертера;
- высокая производительность конвертера по сравнению с электродуговыми и мартеновскими печами, достигающая 400—500 т/ч;
- автоматизированный процесс плавки;
- не большие текущие расходы на топливо, сменное оборудование, электро- и энергозатраты, огнеупорную футеровку и т.д.;
- процесс выплавки стали сочетается с непрерывной разливкой.

Ведущая роль в производстве качественной и высоколегированной стали принадлежит электросталеплавильному способу. Уникальность способа получения стали в кислородных конвертерах заключается в возможности выплавки качественного разнообразного по составу металла. Данная сталь характеризуется низким содержанием фосфора, серы, кислорода, а так же высоким содержанием легирующих компонентов, определяющих свойства металла: никеля, молибдена, хрома, ванадия, циркония, титана и т.д. Современные крупные электросталеплавильные агрегаты выплавляют обычные (рядовые) стали.

Основные преимущества выплавки стали в конвертерах определяются способом нагрева металла – использование электрической энергии. Температура нагрева металла при данном методе получения стали легко регулируется в зависимости от необходимых параметров производства. Тепловая энергия, полученная в ходе процесса плавки, не подразумевает наличие окислительных процессов в металле. Исходя из этого, электроплавка производится в широком спектре давлений (преимущественно атмосферном) и в любой среде: нейтральной, восстановительной или окислительной. Данные диапазоны, характерные для получения стали в конвертере, способствуют контролю и изменению при необходимости условий протекания окислительно-восстановительных реакций с возможностью насыщения металла элементами сопутствующей атмосферы газовой среды.

Электропечи (в том числе электросталеплавильные) ориентированы, прежде всего, на переработку металлического лома, как использование вторичного сырья. В то же время, данные печи используются для получения расплавов стали из восстановленного железа, загрузка которого возможна, как дискретными партиями, так и непрерывно. Работа электрических печей легко поддается автоматизации.

Недостатками электропечей по сравнению с кислородными конвертерами являются меньшая производительность при одинаковой емкости и трудность передела больших количеств жидкого чугуна [166].

В электросталеплавильном цехе, как правило, установлено следующее основное технологическое оборудование: дуговая сталеплавильная печь, агрегат до-

водки стали, машина непрерывного литья заготовок, завалочная машина, сталековши. Расходным материалом при выплавке стали являются ферросплавы, чугун, железо прямого получения, лом, известь, плавиковый шпат, инертный газ, кислород.

✓ Прокатное производство

Прокатное производство является одним из самых распространенных видов обработки металлов давлением и имеет огромное значение в народном хозяйстве. В настоящее время обработке подвергается 75-80% всей стали и 55% цветного металла. Широкое применение прокатки объясняется рядом преимуществ ее по сравнению с другими видами обработки давлением (прессованием, волочением), а также высокой производительностью и меньшей стоимостью изготовления изделий [166].

В состав технологического оборудования прокатных цехов входят высокопроизводительные нагревательные печи, технологическая линия в составе черновой группы клетей, предчистовой клетки, чистовой группы клетей, рольганга, моталки, линия транспортировки, уборки рулонов, агрегат поперечной резки, полимерных покрытий, электролитического лужения, непрерывного горячего цинкования.

Существует три основных вида прокатки:

- продольная;
- поперечная;
- косая;
- асимметричная прокатка.

Размерный сортамент прокатываемых листов: толщина от 6 до 30 мм; ширина от 1250 до 2000 мм; длина от 4200 до 12000 мм. Максимальная длина раската – 19500 мм.

На прокатных станах производятся листы из стали:

- Котельных и мостовых сварных металлоконструкций; углеродистой стали обыкновенного качества; углеродистой качественной конструкционной; низколегированной для углеродистой и низколегированной для судостроения; легированной конструкционной и рессорно-пружинной.

- Листы с чечевичным рифлением.

- Высококачественные автомобильные листы.

- Толстолистовой прокат шириной до 4850 мм с категорией прочности до X120 для нефтегазовой отрасли, судо-, мосто- и машиностроения.

- Наноструктурированные листы.

Цеха производят товарную продукцию горячекатаный стальной лист мерный, в пачках и в рулонах.

✓ **Управление главного энергетика (УГЭ)**

Основной задачей подразделений УГЭ - выработка электроэнергии, тепла и пара, распределение всех видов энергоресурсов, обеспечение бесперебойной работы основных металлургических цехов, подача питьевой и промышленной воды, утилизация вторичных ресурсов, решение экологических проблем. В состав УГЭ входят такие вспомогательные цеха, как паровоздуховная электростанция (ПЭВС), теплоэлектроцентраль (ТЭС), центральная электротехническая лаборатория (ЦЭТЛ), цех электрических сетей и подстанций (ЦЭСиП), обеспечивающие электроэнергетические нужды предприятия, центр энергосберегающих технологий (ЦЭСТ).

✓ **Управление главного механика (УГМ)**

Основная задача управления - обеспечение высокой работоспособности, производительной и безаварийной деятельности, ремонт механического оборудования и агрегатов в цехах комбината.

Несмотря на большое количество цехов, разнообразность технологических процессов, основными графиками работы электротехнического персонала ПАО «ММК» являются односменная пятидневная, четырехсменная с ночной, трехсменная с ночной (начало и конец смены приходится на 8.00, 16.00, 24.00).

Обобщенная характеристика изменения численности электротехнического персонала, обслуживающие основные производственные цеха, и производственных мощностей на примере ПАО «ММК» в период с 2010 по 2014гг. представлена на рисунках 2.1, 2.2 соответственно.

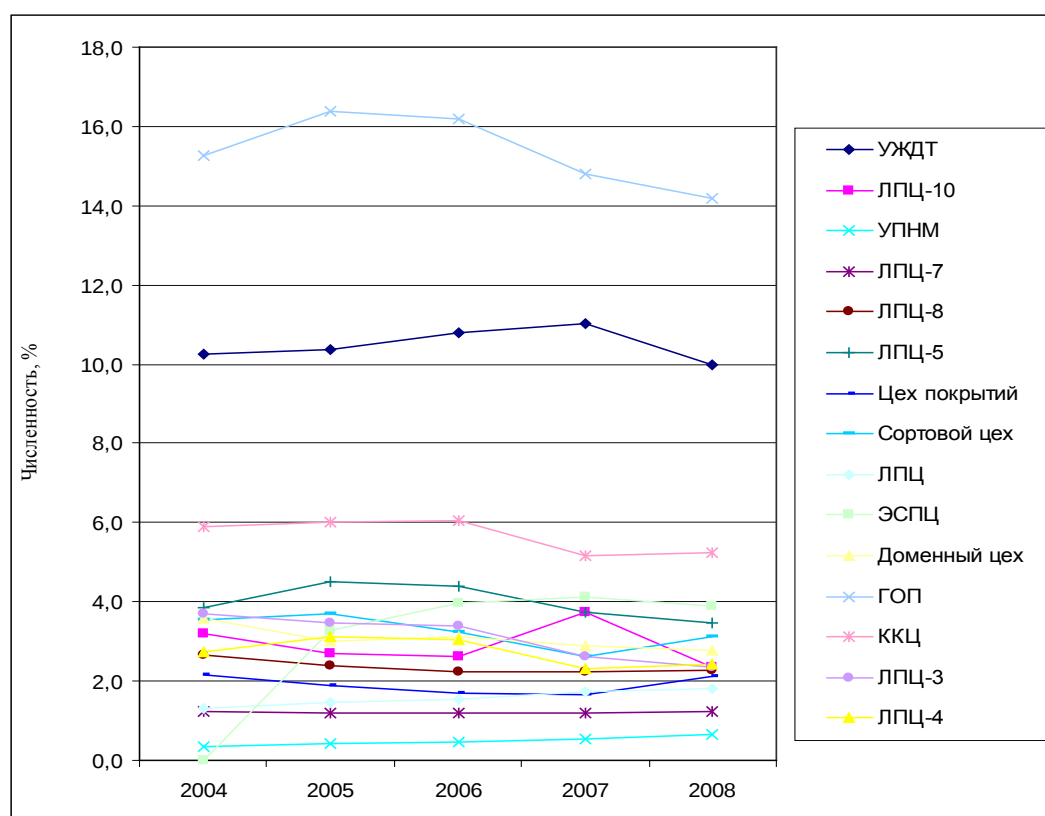


Рисунок 2.1 - Изменение численности электротехнического персонала
ПАО «ММК»

В каждом подразделении ПАО «ММК» назначен ответственный и заместитель из числа руководителей и специалистов по организации эксплуатации электроустановок. При назначении ответственного за электрохозяйство, а также его заместитель проходят проверку знаний, и присваивается соответствующая группа по электробезопасности:

V - в электроустановках напряжением выше 1000 В;

IV - в электроустановках напряжением до 1000 В [194].

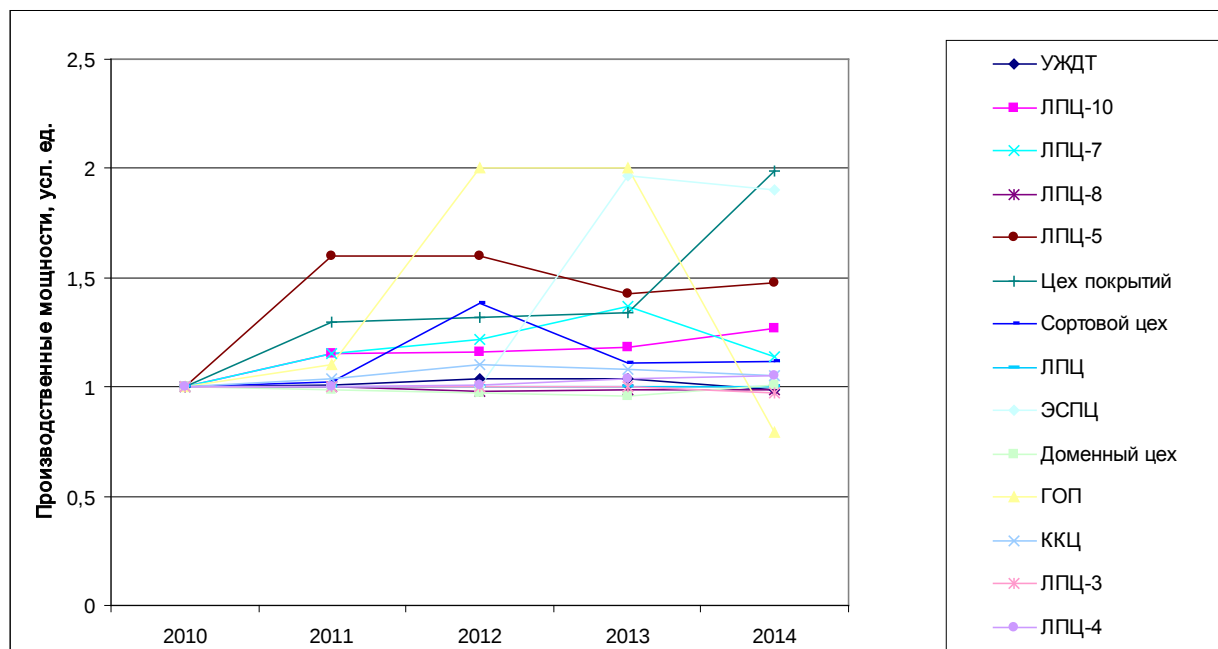


Рисунок 2.2 – Распределение производственных мощностей относительно мощности 2010 года

Как правило, ответственным за электрохозяйство является заместитель начальника цеха (подразделения) и в его обязанности входит:

- ✓ Разработка и ведение документации по вопросам организации эксплуатации электроустановок;
- ✓ Организация обучения, инструктирования, проверки знаний;
- ✓ Организация допуска к самостоятельной работе электротехнического персонала;
- ✓ Организация безопасного проведения работ в электроустановках;
- ✓ Контроль наличия, своевременность проверок и испытаний средств защиты в электроустановках и средств пожаротушения.

Электротехнический персонал ПАО «ММК» представлен:

- 1) Административно-техническим персоналом – специалисты и руководители, с возложенными на них обязанностями по организации обслуживания, проведения ремонтных, монтажных и наладочных работ в электроустановках;
- 2) Оперативным персоналом, осуществляющим обслуживание электроустановок;
- 3) Оперативно-ремонтным персоналом для оперативно-ремонтного обслуживания электроустановок;
- 4) Ремонтным персоналом, обеспечивающим ремонт, монтаж, наладку и испытание электрооборудования.

В зависимости от отнесения персонала к той или иной категории к нему предъявляются различные требования по объему и срокам обучения, проверке знаний и др.

Согласно п. 4.3.1 OHSAS 18001:2009 каждая организация должна разработать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии систему управления охраной труда, включающую в себя процедуры выявления (идентификации) опасностей, оценки и упреждения рисков повреждения здоровья [93].

В настоящее время уделяется огромное внимание повышению профессиональной безопасности и охраны здоровья. Данное направление успешно при использовании системы менеджмента в области охраны труда.

Для организаций, внедряющих и поддерживающих системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности, на первый план выступают вопросы идентификации опасностей различных видов деятельности [48]. Для этого необходимо вести учет и анализ травматизма и профессиональных заболеваний на предприятии, а также использовать результаты оценки условий труда (уровней вредных и (или) опасных производственных факторов) полученных с помощью проведения специальной оценки условий труда (аттестации рабочих мест) и производственного контроля.

Развитие и сохранение человеческих производственных ресурсов – наиболее важный фактор социального развития и устойчивого экономического роста

предприятия [94]. Большое внимание уделено управлению рисками травмирования и их снижению.

Несмотря на мероприятия, направленные на снижение уровней риска травмирования и возникновения профессиональных заболеваний на предприятиях черной металлургии, остаются достаточно высокими основные показатели производственного травматизма среди электротехнического персонала, обслуживающего основные цеха производства. Литературные данные [95] показывают, что на металлургических предприятиях:

- коэффициент частоты несчастного случая колеблется в пределах от 0,8 до 2;
- коэффициент тяжести несчастного случая – от 52 – 65;
- коэффициент частоты смертельного несчастного случая – от 0,1 до 0,6;
- коэффициент частоты тяжелого несчастного случая – от 0,1 до 0,8;

Исходя из вышесказанного, для оценки профессионального риска травмирования электротехнического персонала на предприятиях тяжелой промышленности произвели анализ производственного травматизма (приложение А) и выявленных профессиональных заболеваний электротехнического персонала на объектах ПАО «ММК» за период 2010-2014г (Приложение Б).

2.2 АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСОГО ПЕРСОНАЛА НА ПАО «ММК»

Распределение несчастных случаев электротехнического персонала в цехах ПАО «ММК» представлено на рисунке 2.3.

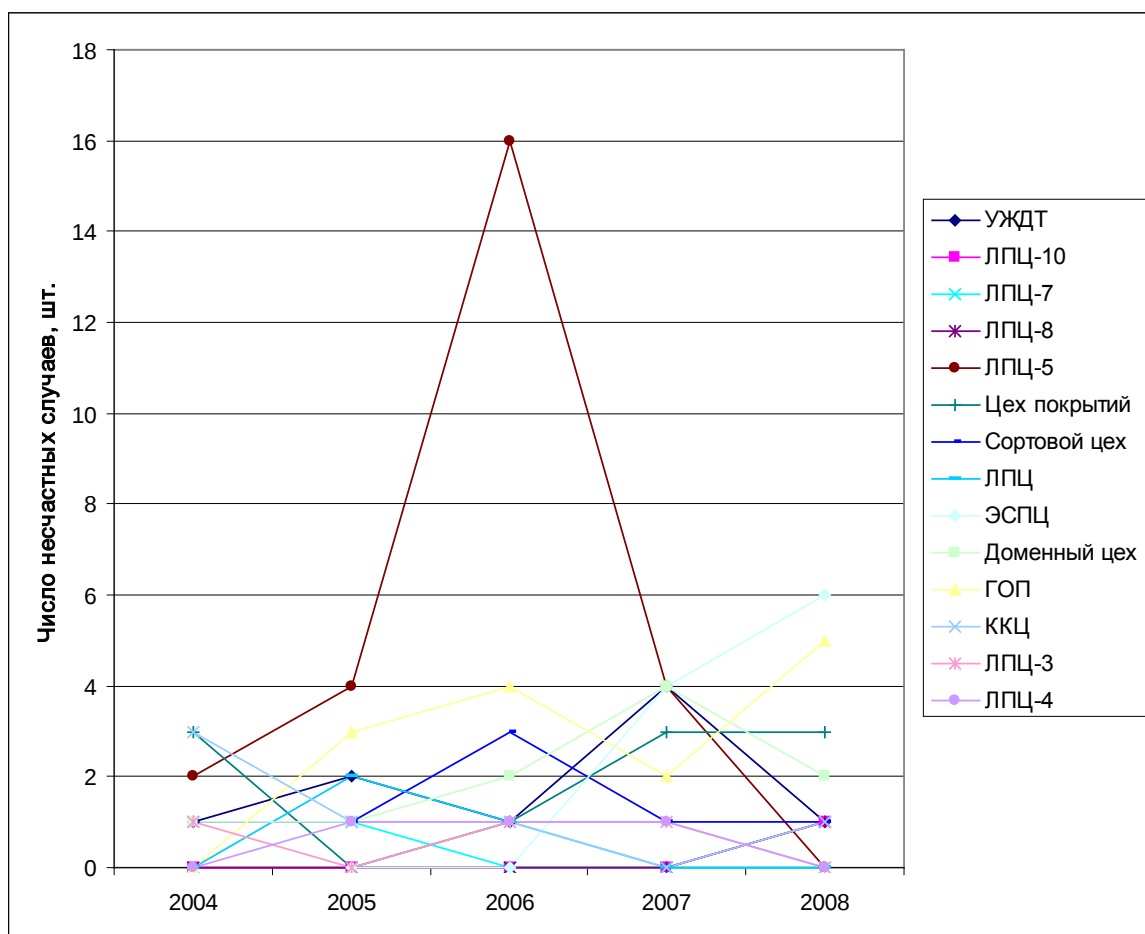


Рисунок 2.3 – Общее распределение числа несчастных случаев

Обобщенное распределение несчастных случаев, варьирования численности персонала вспомогательных служб, производительности труда на ПАО «ММК» представлены на рисунках 2.4-2.6.

В 2010 году наблюдалось уменьшение численности обслуживающего производственного персонала в основных цехах. Прямой или обратной зависимости между количеством несчастных случаев и численностью работников нет (коэффициент корреляции равен минус 0,35). Распределение несчастных случаев, также прямо не зависит от производительности труда (коэффициент корреляции равен 0,09).

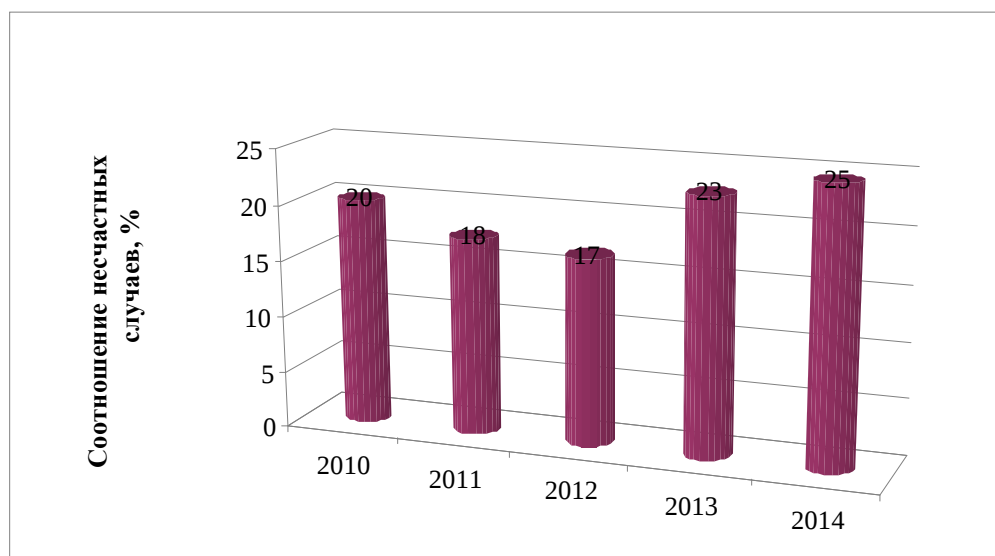


Рисунок 2.4 - Распределение несчастных случаев по годам

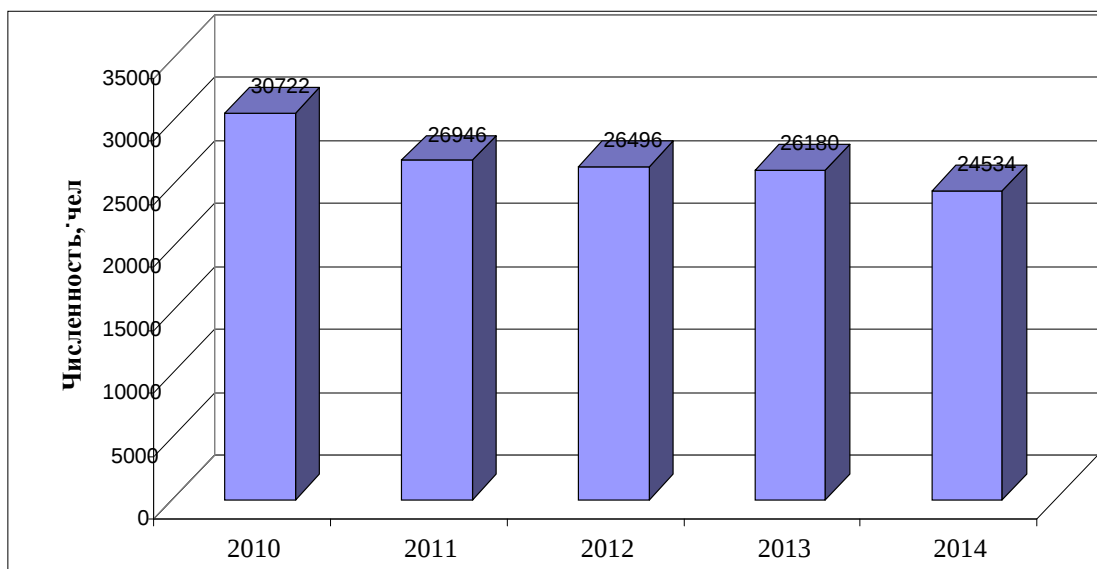


Рисунок 2.5 – Варьирование численности электротехнического персонала ПАО «ММК»

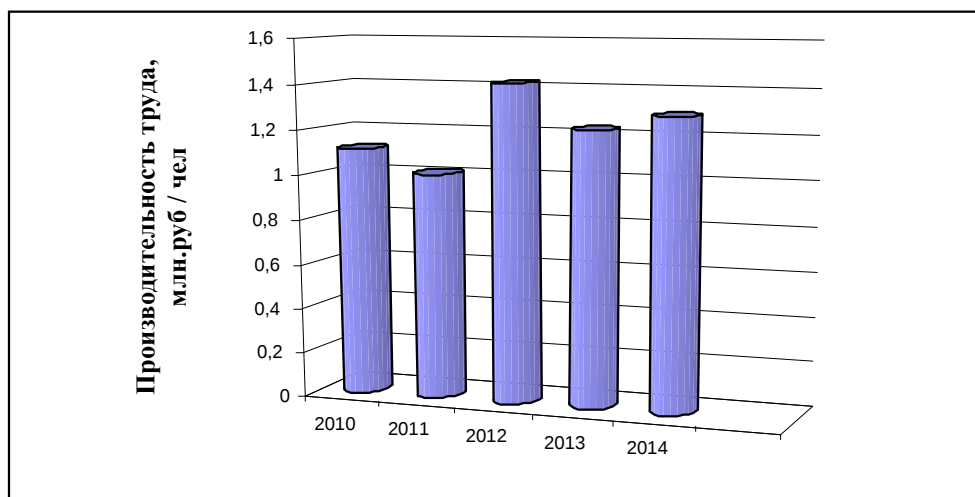


Рисунок 2.6 - Распределение производительности труда по годам

В общем, на металлургических заводах Российской Федерации при снижении общего числа несчастных случаев в металлургическом производстве в среднем на 10-13% в течение 5 лет, и более на 15% за 2013г., коэффициент частоты тяжелых несчастных случаев и коэффициент тяжести выросли на 23% и 44% соответственно в целом за восемь лет. Значительное снижение количества несчастных случаев связано со снижением объемов производства и сокращением численности персонала на основных и вспомогательных металлургических производствах. В основном несчастные случаи вызваны организационными и техническими причинами. Их соотношение постоянно колеблется в зависимости от оснащенности рабочих мест. За последние 5 лет выросла доля технических причин более чем на 20%. Они связаны с ненадлежащим состоянием средств безопасности и эксплуатацией неисправного оборудования.

Распределение несчастных случаев по степени тяжести представлено на рисунке 2.7.

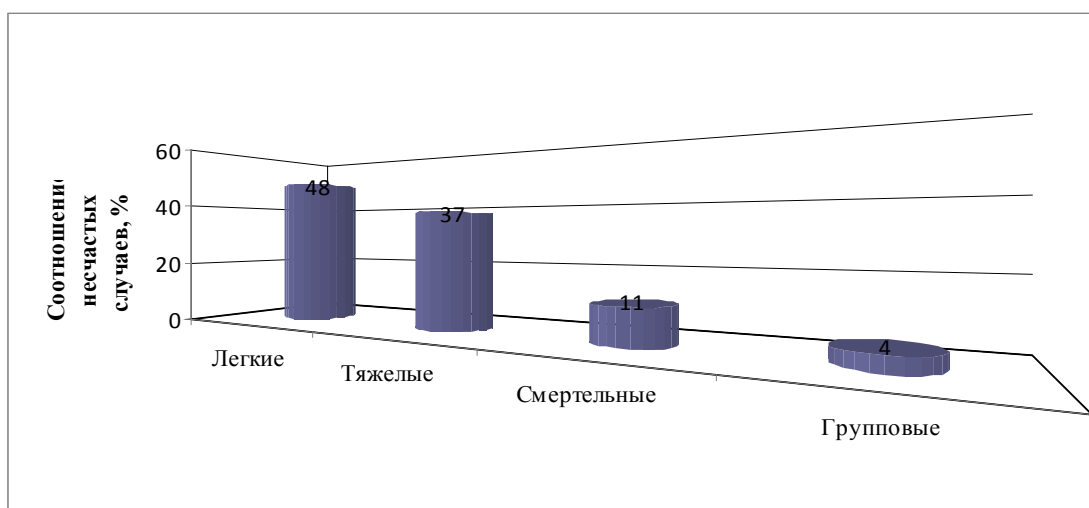


Рисунок 2.7 - Распределение несчастных случаев по тяжести

Соотношение несчастных случаев по тяжести в групповых выглядит следующим образом: легкие – 48%, тяжелые – 37%, смертельные – 11%.

Распределение несчастных случаев с участием электротехнического персонала по цехам ПАО «ММК» за анализируемый период представлено на рисунке 2.8.

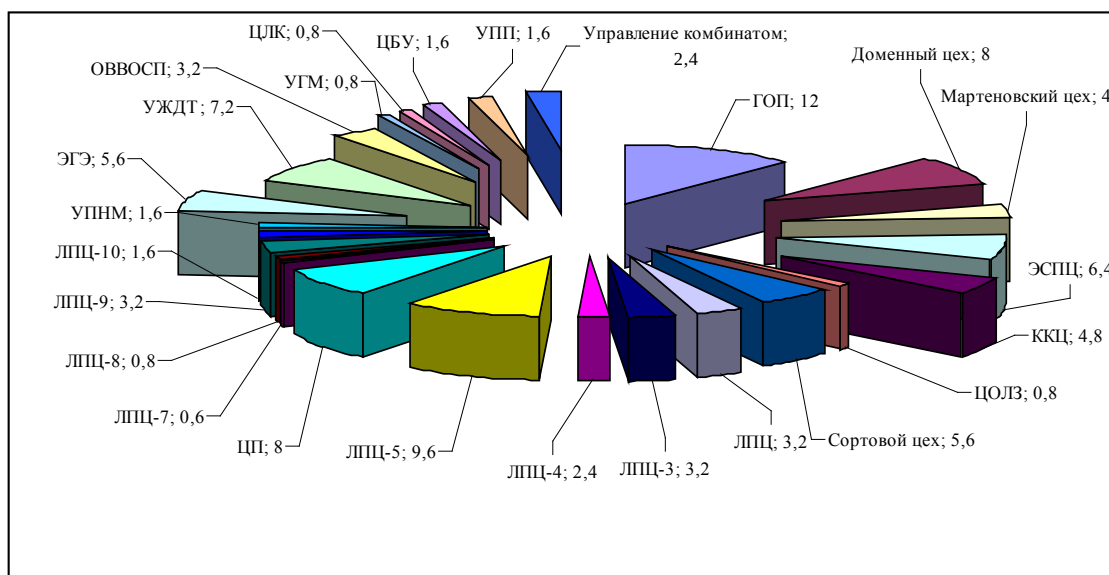


Рисунок 2.8 - Распределение несчастных случаев по цехам

Из рисунка 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.

В виду наличия групповых несчастных случаев весовая доля цехов при процентном распределении числа пострадавших изменилась (рисунок 2.9).

В группе металлургических цехов наихудшие показатели в доменном и мартеновском цехах (по 6,8%), а в группе прокатных цехов – в ЛПЦ – 5 (18,2%). Первенство ЛПЦ-5 обусловлено групповым несчастным случаем, повлекшим за собой большое количество пострадавших.

Виды происшествий и причины (согласно материалам расследования) возникновения несчастных случаев представлены на рисунке 2.10.

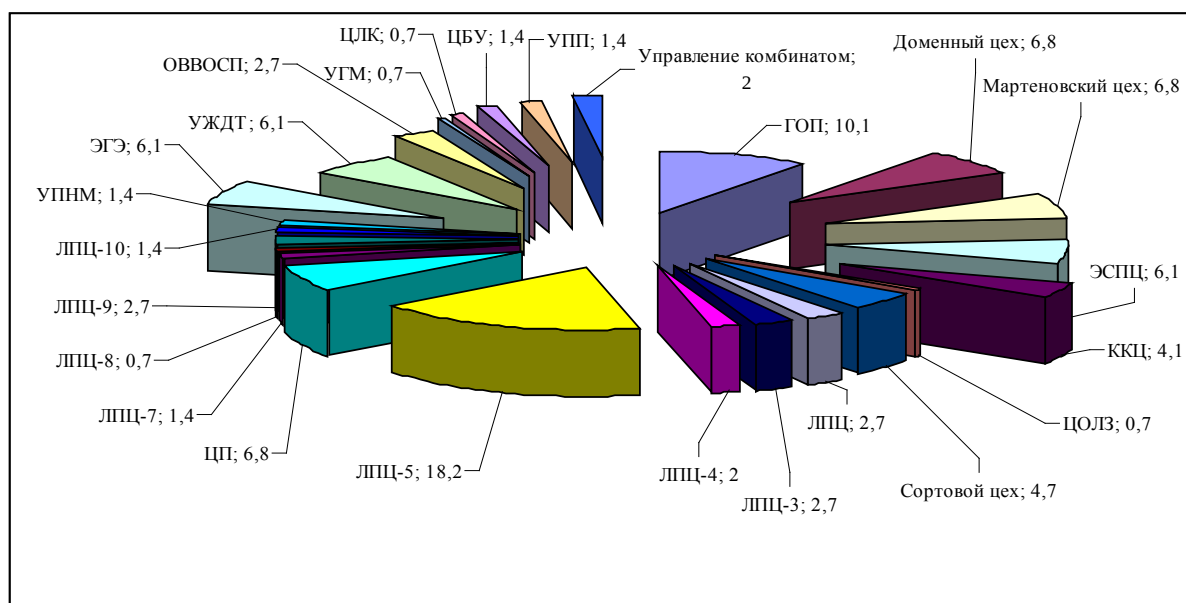


Рисунок 2.9 - Распределение числа пострадавших по цехам

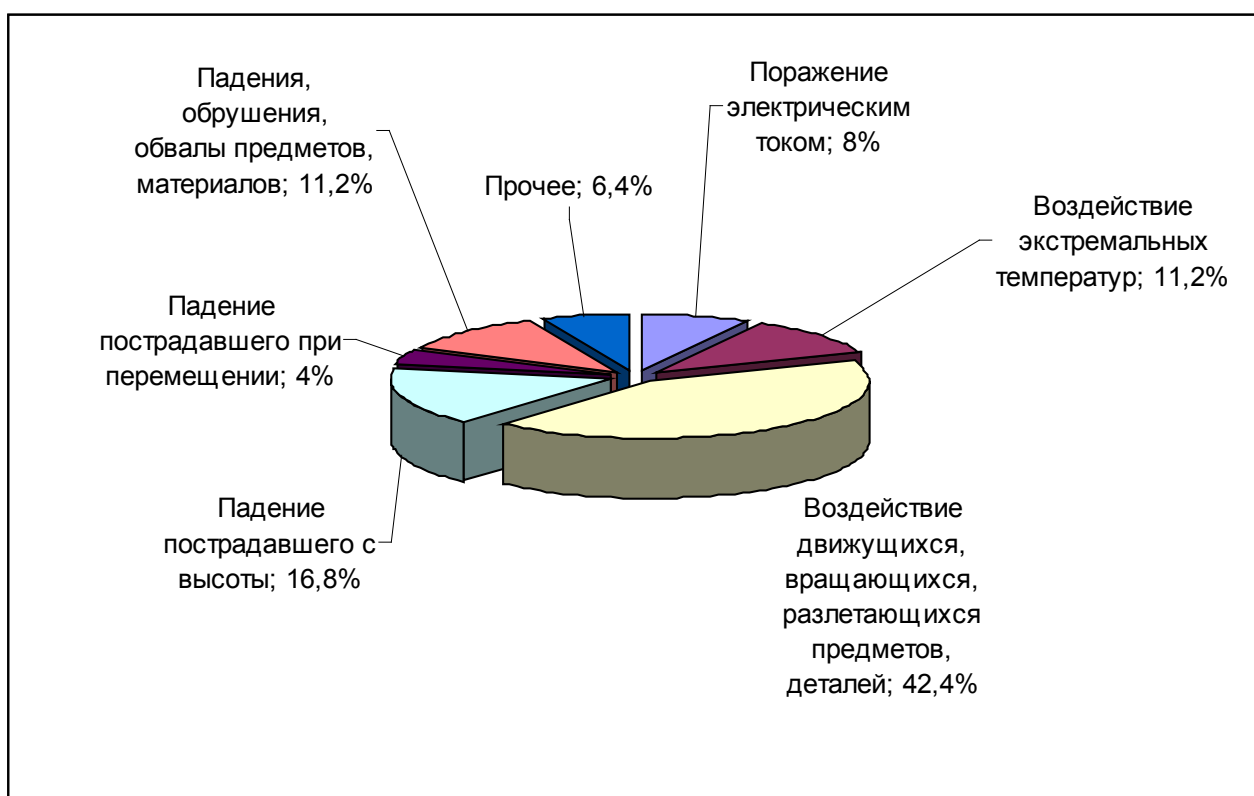


Рисунок 2.10 - Распределение несчастных случаев по видам происшествя

Воздействие движущихся, вращающихся, разлетающихся предметов и деталей составляет 43% от общего числа вида происшествя. 21% от общего – это падение пострадавшего с высоты и при перемещении по ровной площадке. Полученные данные согласуются с данными ОАО «НИИБТМЕТ» [95]. Так на металлургических предприятиях основной причиной травматизма электротехнического персонала остается – падение персонала (около 24% от общего числа пострадавших).

Количественное превышение травматизма вследствие воздействия движущихся, вращающихся, разлетающихся предметов и деталей обусловлено тем, что процесс получения стального листа от переработки агломерата до нанесения покрытия связан со сложным комплексом технологических операций, сопровождающихся перемещением и пересыпкой сырья и материалов, вращением и перемещением частей оборудования. Практически весь обслуживающий персонал при

не соблюдении правил охраны труда подвержен риску воздействия движущихся, вращающихся предметов, деталей.

Распределение травмирующих факторов зависит от специфики и сложности технологического процесса. Л.А. Резником, А.В. Фроловым, А.П. Васютиным [80, 81] при анализе риска, как критерия производственной деятельности предприятий угольной промышленности Восточного Донбасса, выявлено следующие распределение травмирующих факторов: обрушение пород, транспортные средства, машины и механизмы, электроток, падение человека и предметов.

Соотношение причин несчастных случаев представлено на рисунке 2.11.

Наибольшее количество несчастных случаев происходит вследствие неудовлетворительной организации безопасного производства работ (36%). Полученные нами данные подтверждают, что в 70% случаев производственный травматизм зависит от человеческого фактора. Как правило, либо работник не в полной мере знает свои профессиональные обязанности, или игнорирует требования техники безопасности, либо руководитель не дает соответствующих инструкций.

Полученное нами распределение причин несчастных случаев согласуется с данными о причинах смертельного травматизма на производствах в Российской Федерации [52]. Это нарушение производственной дисциплины, неосторожные действия исполнителей работ – 20,35%; нарушение технологии производства – 16,53%; неэффективность производственного контроля – 14,12%; неправильная организация производственных работ – 12,78%; несовершенство технологий или конструктивные недостатки – 12,41%; неудовлетворительное состояние технических устройств зданий, сооружений – 11,4%; низкий уровень знаний требований промышленной безопасности – 10,63%; умышленное отключение средств защиты – 2,04% [52].

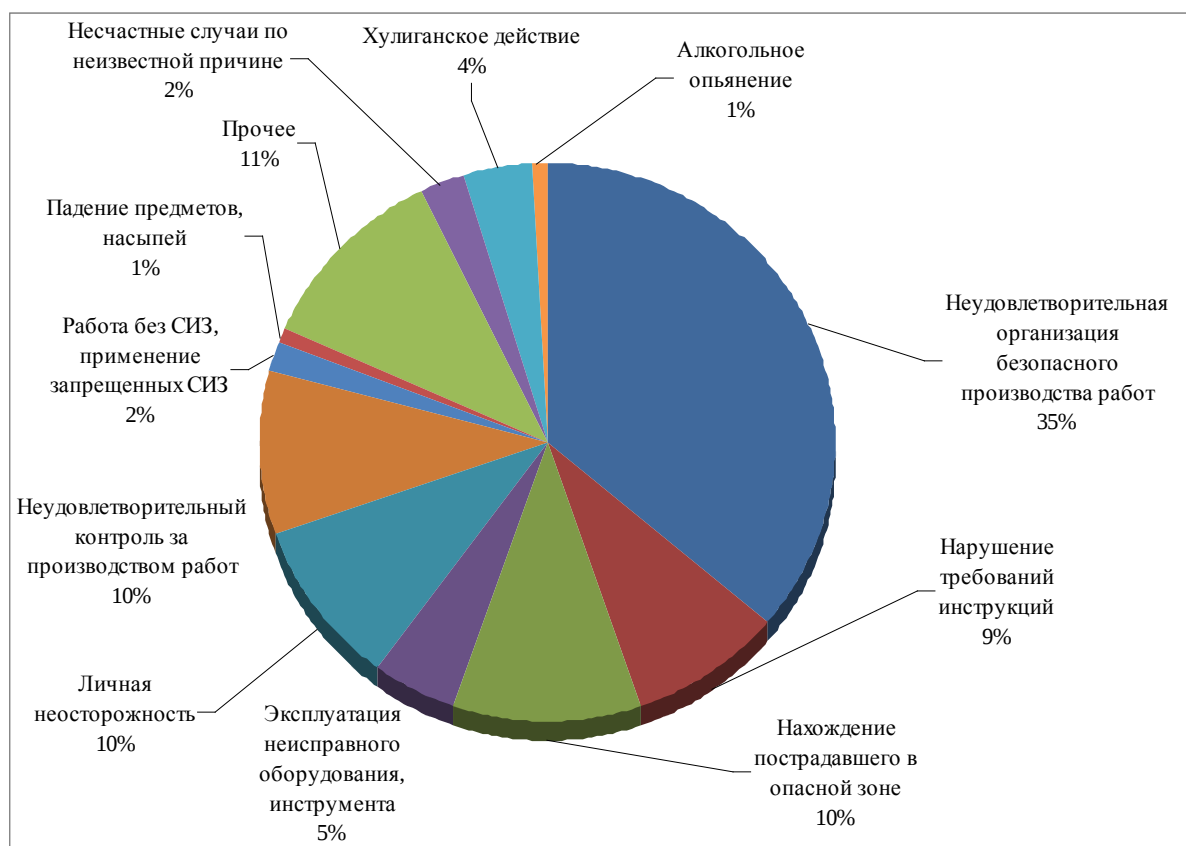


Рисунок 2.11 - Причины несчастных случаев

Ленинградский институт охраны труда [95] дал обобщенную классификацию причин несчастных случаев: проектные недостатки оборудования с точки зрения охраны труда; устаревание правил и норм по охране труда, что не соответствует новым технологическим процессам; отсутствие автоматизации опасных операций и тяжелых работ; неисправное состояние технологического оборудования, в том числе блокировочных систем, ручного инструмента, ограждения и приспособления, подъемно-транспортные средства, механизмы, устройств и приспособлений к ним, ручной или переносной механизированный инструмент; нарушение правил эксплуатации транспорта; отступление и нарушение норм и правил по охране труда и промышленной безопасности в организации; неудовлетворительное содержание рабочих мест, прилегающих территорий, зданий и помещений предприятия; отсутствие, неисправность, несоответствие условиям работы или неиспользование спецодежды, специальной обуви и индивидуальных защитных

средств; обслуживание рабочим сложных агрегатов, установок и механизмов без специального обучения; отсутствие подробного инструктирования и обучения работающих безопасным приемам работы на рабочем месте или некачественный инструктаж; отсутствие должного руководства и надзора за соблюдением работниками правил техники безопасности при выполнении работ и должной трудовой дисциплины [95].

По мнению В.Х. Хайнриха [97] 88% всех несчастных случаев происходит по вине человека - оператора, 10% - отказ (сбой) технологического процесса или оборудования, и всего 2% это «форс – мажорные» ситуации. Данная теория получила название принцип «домино». В.Х. Хайнрих рекомендовал использовать «пятифакторную последовательность» временного развития негативной ситуации (несчастного случая). Подобно падению костяшек домино, составленных в ряд, каждый элемент системы запускает в действие последующий. Последовательность элементов выглядит следующим образом:

1. Социально-экономические условия и происхождение человека;
2. Ошибочные действия персонала;
3. Неправильность действий сопряженных с вредными и (или) опасными производственными условиями;
4. Негативное событие (несчастный случай, инцидент или авария);
5. Ущерб от негативного события (повреждение, разрушение, травмы и т.д.).

Автор теории предположил, что исключение одного из элементов, поможет избежать возникновения негативного события, и как следствие ущерба, вызванного данным событием [97]. Аналогично, примеру костяшек домино, при удалении одной из костяшек падение ряда остановится. Концепция Хайнриха (Heinrich) в настоящее время практическими примерами не подтверждена, тем не менее она является началом многих теорий этиологии несчастных случаев [98].

В большинстве случаев при выявлении причин несчастных случаев выделяется главная, однако теория множества причин, являющаяся развитием «принципа

домино» декларирует наличие комбинации причин (более одной) при наступлении несчастного случая. Согласно этой теории все причины возникновения несчастного случая условно разделены на 2 группы: «Человеческий фактор» и «Условия труда» [97]. Группа «Человеческий фактор» включает в себя поведенческие аспекты: отсутствие знаний, ошибка оператора, игнорирование требований инструкций по охране труда, неудовлетворительное психическое или физическое состояние человека. К группе «Условия труда» относятся факторы окружающей среды, работа на опасном производственном оборудовании, отсутствие блокировок и отключений и т.д. [98].

Распределение несчастных случаев по времени происшествия представлено на рисунках 2.12-2.14.

Согласно рисунку 2.12 наибольшее количество случаев происходит во вторник и четверг.

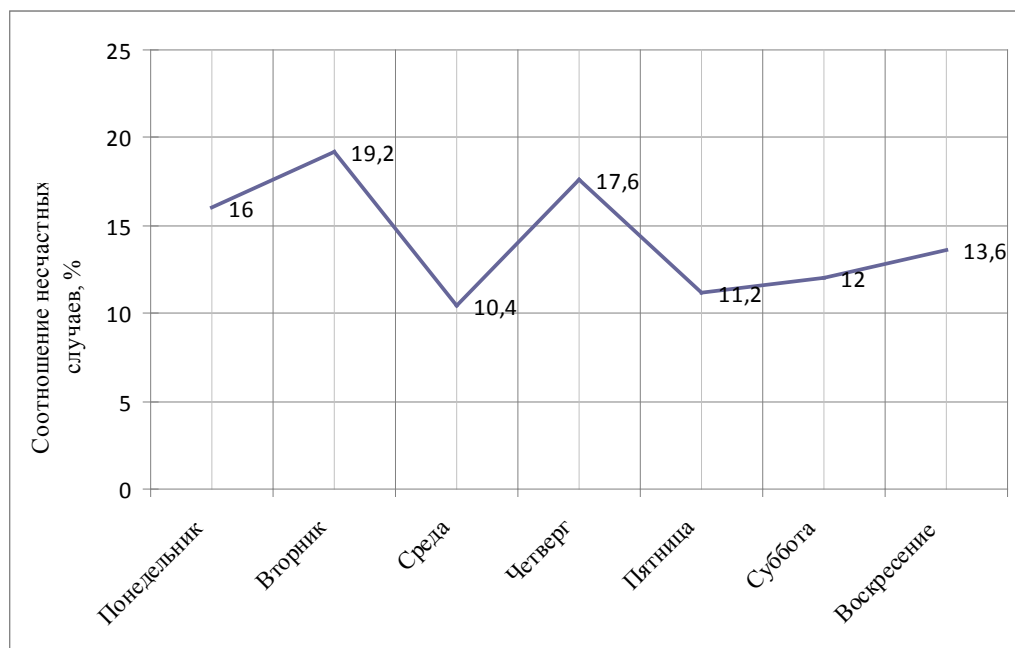


Рисунок 2.12 – Распределение несчастных случаев по дням недели

Согласно работе [99] изменение работоспособности является ключевым фактором в понимании причин травм. Так, на понедельник приходится стадия

вработывания, на вторник, среду и четверг – высокая работоспособность, а утомление и снижение производительности – на пятницу и субботу.

Высокая интенсивность работоспособности сопряжена с большей вероятностью ошибочных действий и дефицитом времени, что в свою очередь приводит к повышению процента несчастных случаев.

Из рисунка 2.13 следует, что наиболее травмоопасное время суток с 13.01 до 14.00.

Работоспособность человека в течение трудового дня изменяется последовательно. Можно выделить три этапа работоспособности человека, которые за смену повторяются дважды. I этап – вработывание – организм человека полностью настраивается на рабочий режим, длительность этапа 1-2 часа. II этап – устойчивой работоспособности – трудовая деятельность и активность максимальная, все ресурсы направлены на достижение заданной цели. Продолжительность этапа 2 – 3 ч. Далее III этап – снижение работоспособности, увеличение утомления [90].

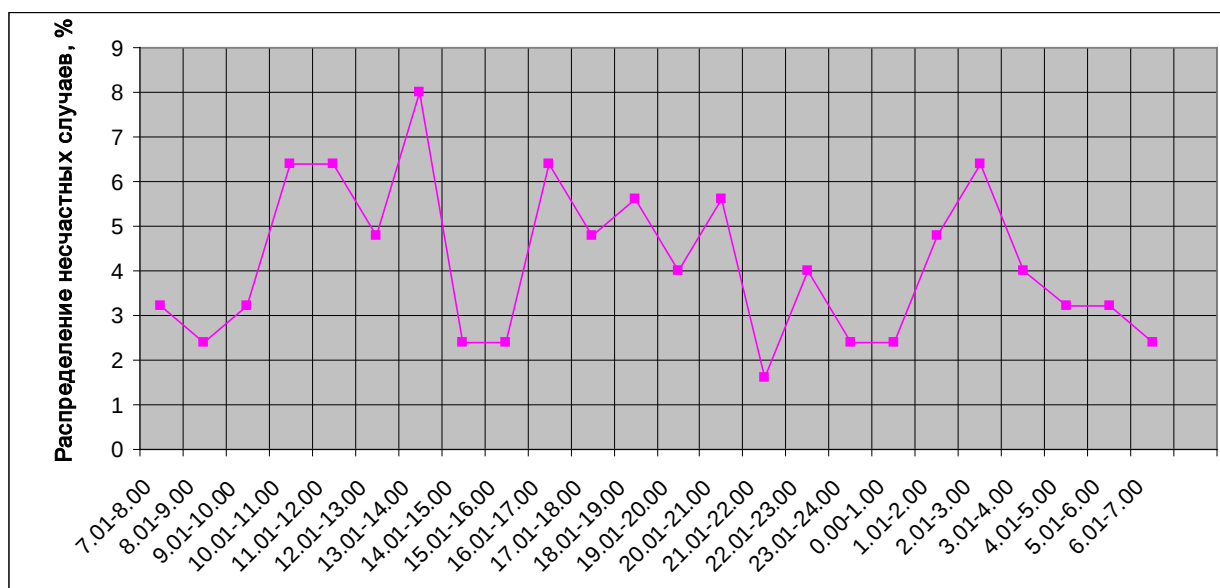


Рисунок 2.13 – Распределение несчастных случаев по времени суток

Также по результатам многолетних исследований биоритмолога кандидата медицинских наук Л. Я. Глыбина [90] можно полагать, что периоды подъема рабо-

тоспособности в 5 – 6, 11 – 12, 16 – 17, 20 – 21, 24 – 1 час чередуются с периодами ее спада в 2 – 3, 9 – 10, 14 – 15, 18 – 19, 22 – 23 часа [90].

На основе данных колебаний количественное распределение травматизма, достигает максимального значения на стадиях вработывания и спада активности.

Наибольшее количество травм приходится на январь и октябрь (рисунок 2.14). Наименьшее количество травм – в декабре. Это может быть связано с естественным циклом понижения активности работников.

Определение биоритма человека, также является одной из составляющей анализа травматизма. В данной работе рассматривались три биоритма человека с определением числовых характеристик показателей на момент наступления негативного события: физический, эмоциональный, интеллектуальный.

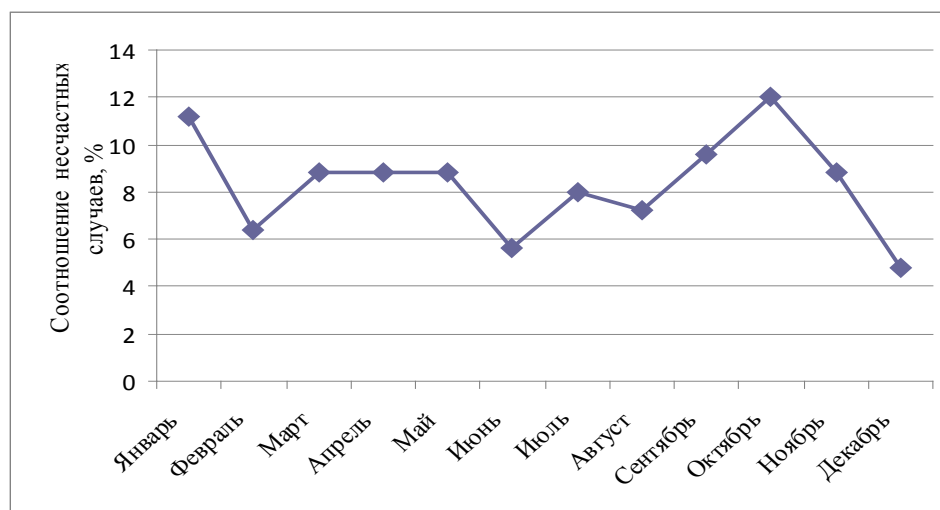


Рисунок 2.14 – Распределение несчастных случаев по месяцам

Физический биоритм человека характеризует общее (функциональное) состояние организма человека. Негативный период цикла сопровождается упадком сил, физическим истощением, усталостью. Положительная фаза определяется отличным самочувствием, физическим подъемом.

Периоды оптимизма и пессимизма (психическое состояние) характеризует эмоциональный биоритм человека. Данный биоритм определяет отношение между

людьми, а также творческие способности человека. Принято выделять «фазу разгрузки» и «фазу перезарядки». Пики циклов сопровождаются неожиданными всплесками эмоций.

Интеллектуальный биоритм человека определяет периоды активной (положительный) и пассивной (отрицательный) мозговой активности. Пики интеллектуального биоритма характеризуются отсутствием возможности правильно оценить ситуацию, большой вероятностью сделать правильный вывод и ошибочными действиями.

На рисунках 2.15, 2.16, 2.17 представлены гистограммы распределения физического, эмоционального и интеллектуального биоритма людей, соответственно на момент наступления негативного события – травматизма.

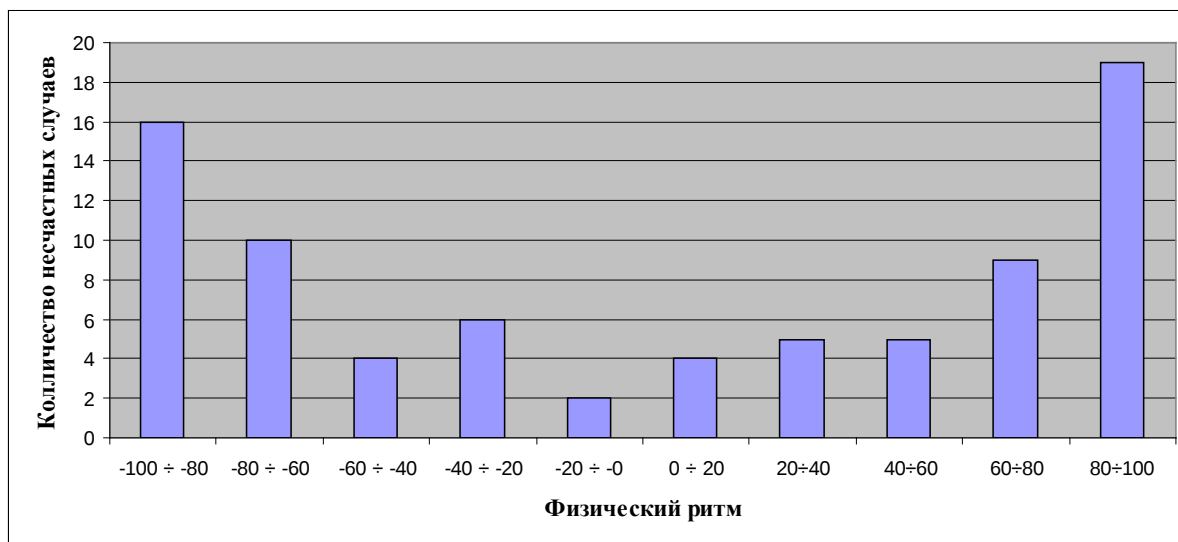


Рисунок 2.15 Гистограмма распределения физического биоритма людей на момент наступления негативного события

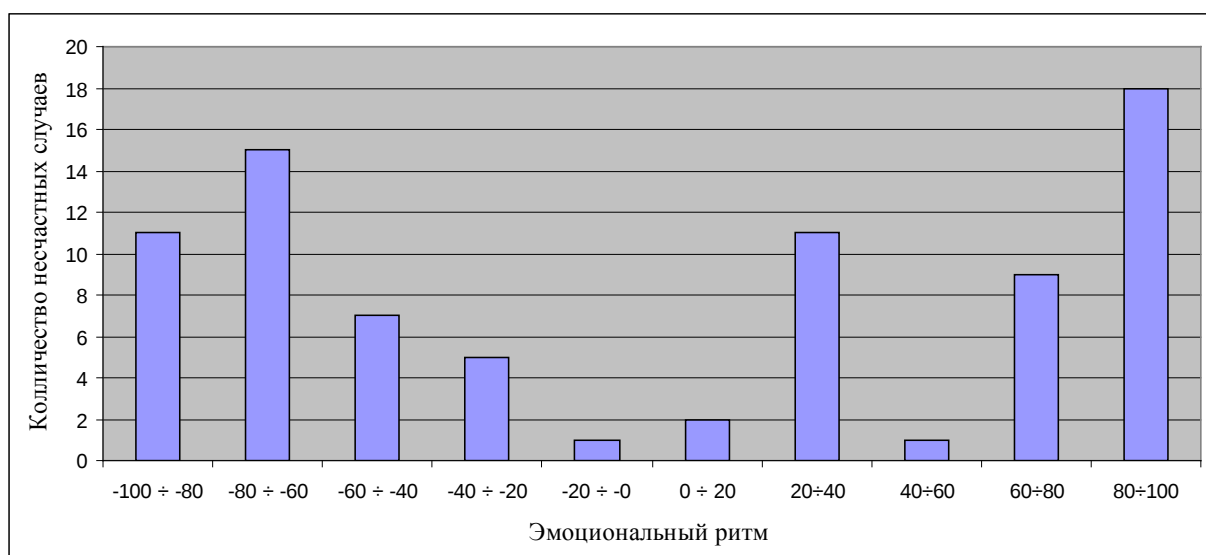


Рисунок 2.16 Гистограмма распределения эмоционального биоритма людей на момент наступления негативного события

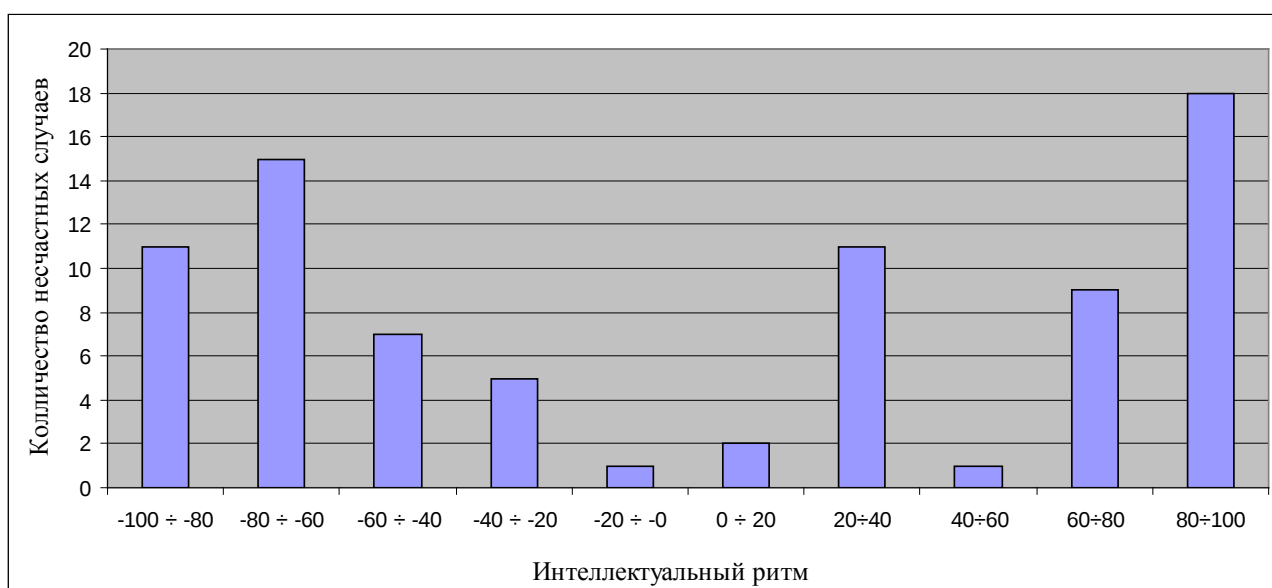


Рисунок 2.17 Гистограмма распределения интеллектуального биоритма людей на момент наступления негативного события

Распределение несчастных случаев по возрасту пострадавших представлено на рисунке 2.18.

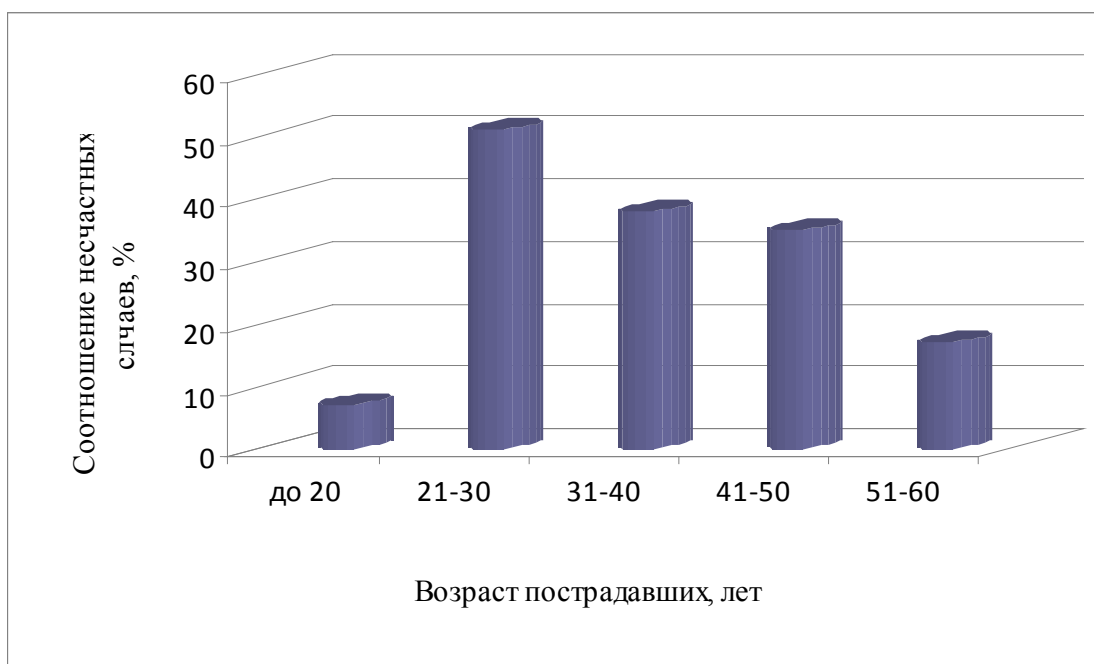


Рисунок 2.18 Распределение несчастных случаев по возрасту пострадавших

Наибольшая доля в распределении несчастных случаев приходится на возрастную группу 21-30 лет. Это объясняется более «эвристическим» мышлением и притупленным чувством страха. Характеристика электротехнического персонала ПАО «ММК» по возрасту представлена на рисунке 2.19.

Из приведенных графиков следует, что соотношение несчастных случаев по возрасту пострадавших зависит от характера распределения работников. Так коэффициент корреляции между данными показателями равен 0,83, что говорит о линейной зависимости.

Исходя из рисунка 2.20, можно утверждать, что наши данные согласуются с данными Стрелкова Ю.К. [98] и можно говорить о том, что вероятность травмирования людей со стажем работы более 10 лет меньше, чем со стажем менее 10 лет. Характер распределения работников по стажу представлен на рисунке 2.21.

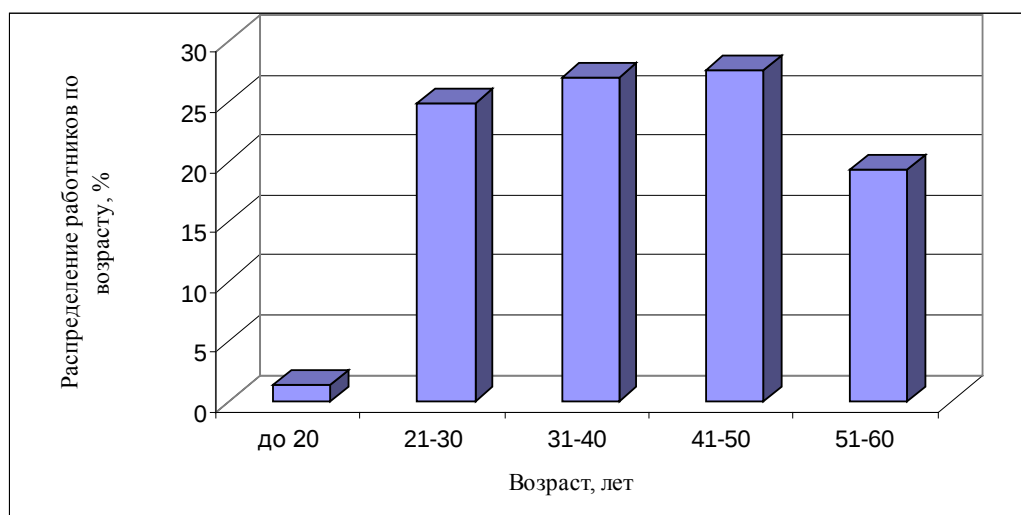


Рисунок 2.19– Характеристика электротехнического персонала
ПАО «ММК» по возрасту

Зависимость между характером распределения работников по стажу и количеством несчастных случаев незначительна (коэффициент корреляции равен минус 0,25)

Однако, ряд специалистов в области анализа травм [52, 80, 81, 90, 99, 100] утверждают, что несчастные случаи связаны с мышлением, опытом, вниманием, индивидуальными качествами субъекта и т.д. Они в общем случае определяют работоспособность, и в значительной мере влияют на травмы.

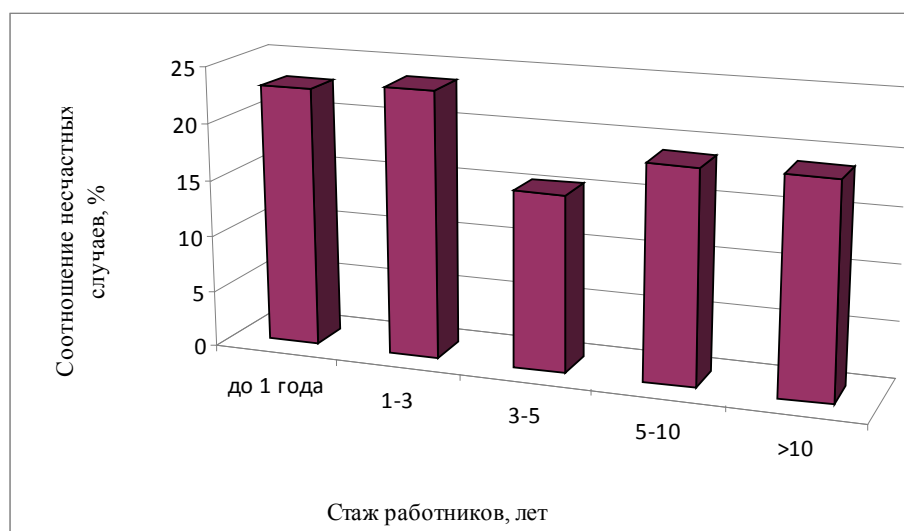


Рисунок 2.20- Распределение несчастных случаев по стажу пострадавших

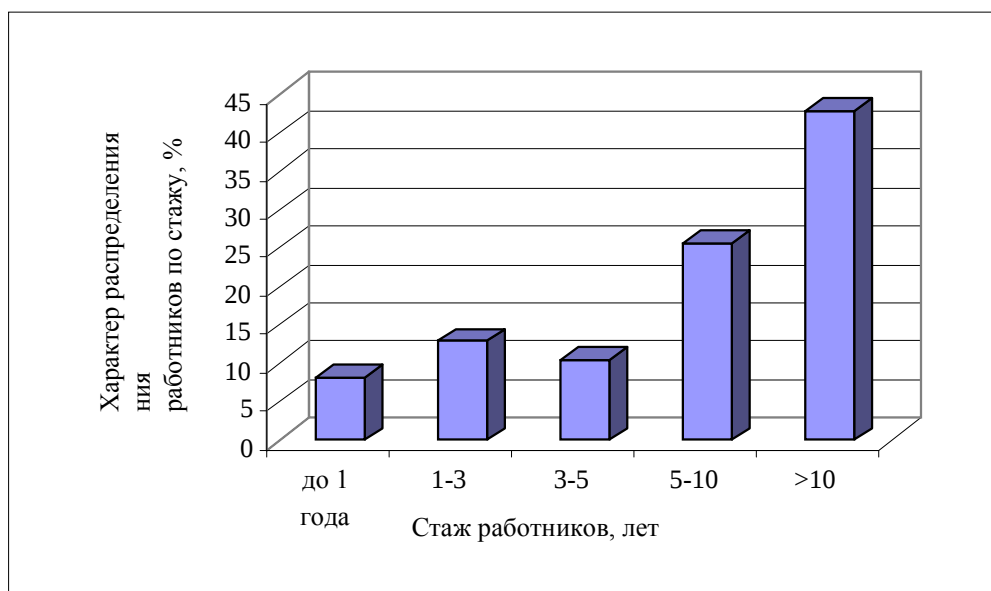


Рисунок 2.21– Характеристика работников ПАО «ММК» по стажу работы

Стрелков Ю.К. [98] утверждает, что у опытных специалистов для выполнения одной и той же операции всегда находится множество способов, кроме того его действия всегда достаточно освоены и автоматизированы, т.е. опытный специалист скорее может ошибаться вследствие заблуждения. Таким образом для новичка – больше ошибок из-за не освоенности операций, а для опытного работника – из-за проблем с пониманием (или с извращением) смысла своей работы.

2.3 ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЭЛЕКТРО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ЗАРЕГИСТРИРОВАННОЙ ЗА ПЕРИОД 2010 – 2014гг.

Поскольку период развития профзаболеваний составляет 15-35 лет, можно предположить, что вновь выявляемые профзаболевания в основном регистрируются у граждан, начавших работать в период с 1974-го по 1989г.

Распределение профбольных по дате установления диагноза и приращение профзаболеваний представлено на рисунках 2.22, 2.23.

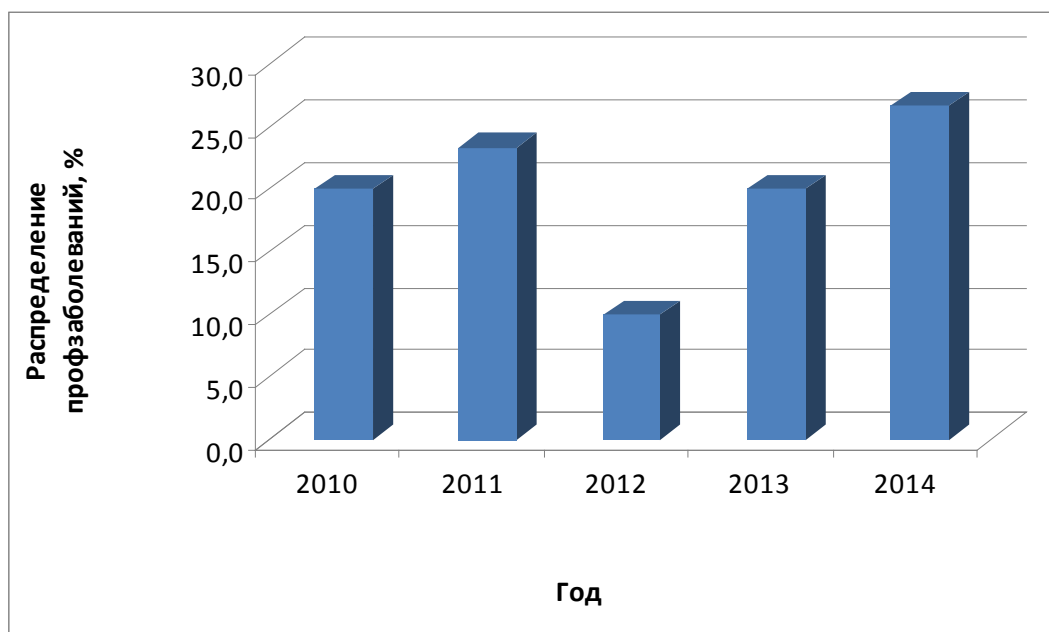


Рисунок 2.22 - Распределение профбольных по дате установления диагноза

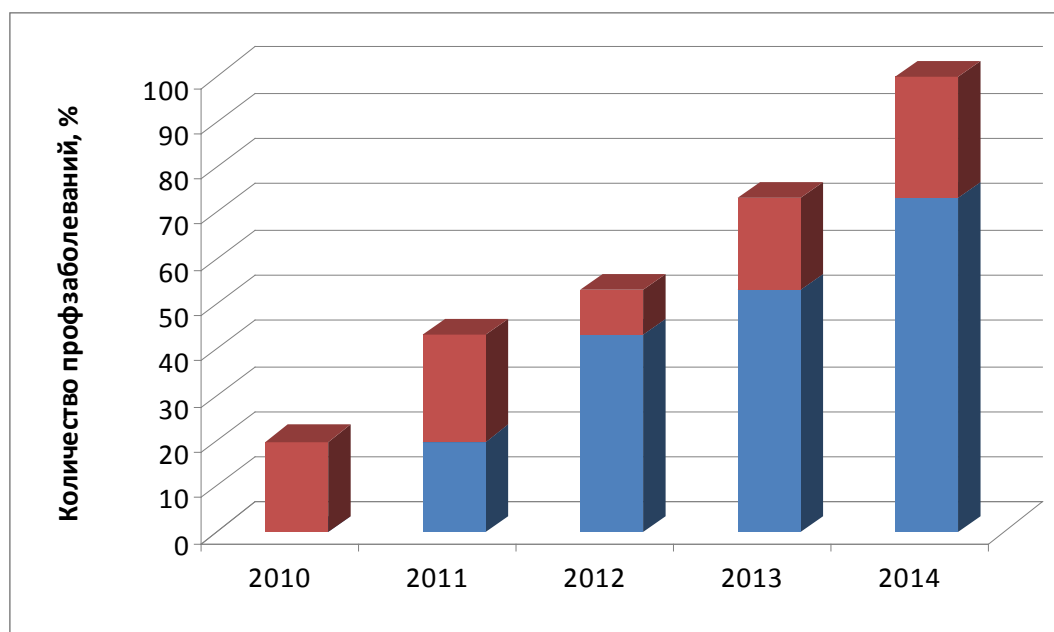


Рисунок 2.23 – Приращение профзаболеваний за анализируемый период

В последние три года намечается тенденция к увеличению числа регистраций профзаболеваний электротехнического персонала. Максимальная регистрация профзаболеваний наблюдалась в 2012 году. Оценка распределения профбольных по цехам выявления за 5 лет (рисунок 2.24) показала, что наибольшая доля профзаболеваний (пневмокониоз, тугоухость) приходится на электротехнический пер-

сонал, обслуживающий ККЦ, РОФ и Доменный цех (по 13%). Второе место - за Рудником, ЦПАШ и ПСЦ. Согласно данным специальной оценки условий труда (аттестации рабочих мест) в ККЦ, РОФ и Доменном цехе преобладают классы условий труда у работников вспомогательных подразделений 3.1, 3.2, 3.3. Данные классы обусловлены превышением предельно допустимых уровней виброакустических факторов, аэрозолей смешанного состава, кремния диоксида кристаллического с содержанием свободного кремния от 2 до 10%, хрома (VI), марганца оксида (конденсации).

Распределение профбольных (рисунок 2.25) и характеристика электротехнического персонала ПАО «ММК» (рисунок 2.26) по половой принадлежности свидетельствуют о том, что профзаболевания у мужчин регистрируются чаще, чем у женщин. Данное распределение подтверждается и результатами специальной оценки условий труда (аттестации рабочих мест). Мужчины работают в более вредных условиях труда.

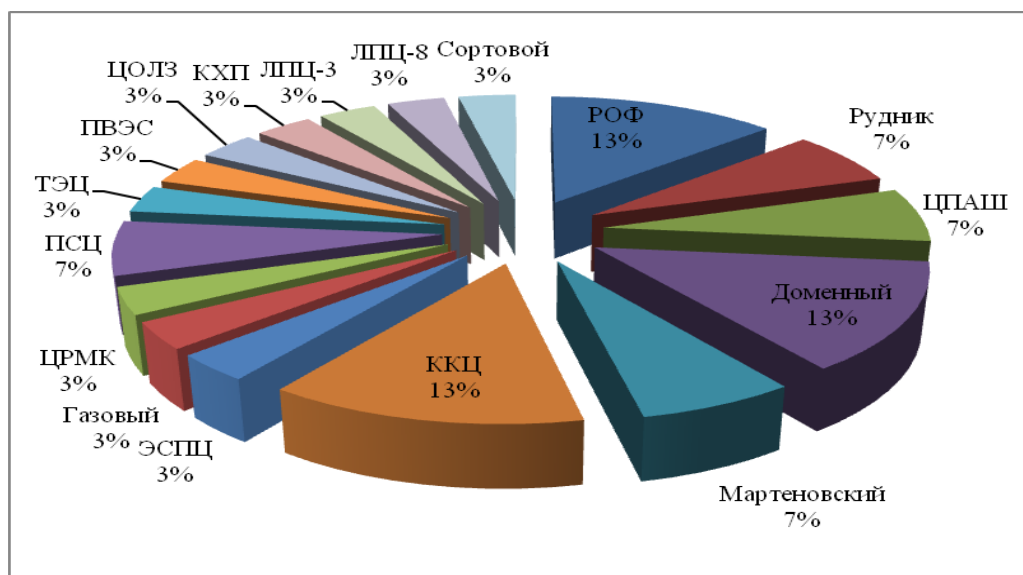


Рисунок 2.24- Распределение профбольных по цехам выявления за 5 лет

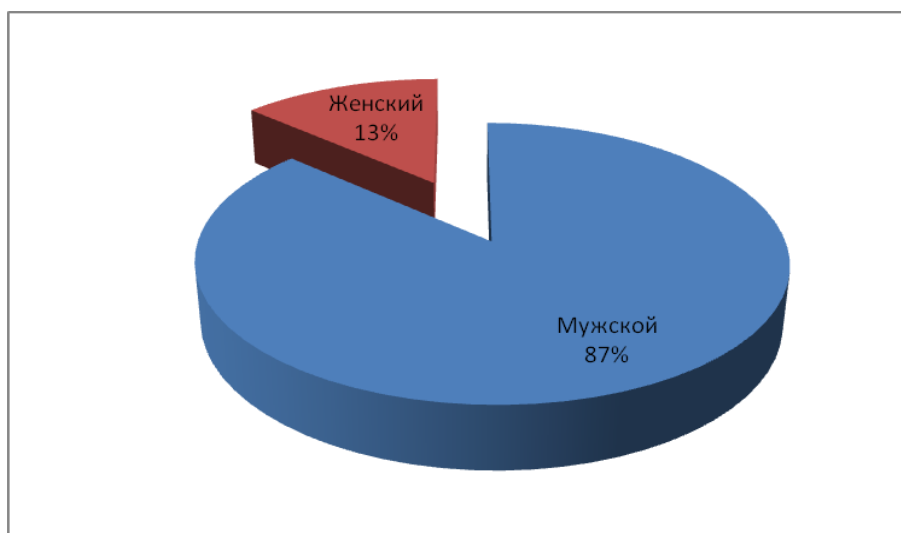


Рисунок 2.25 – Распределение профбольшных по половой принадлежности

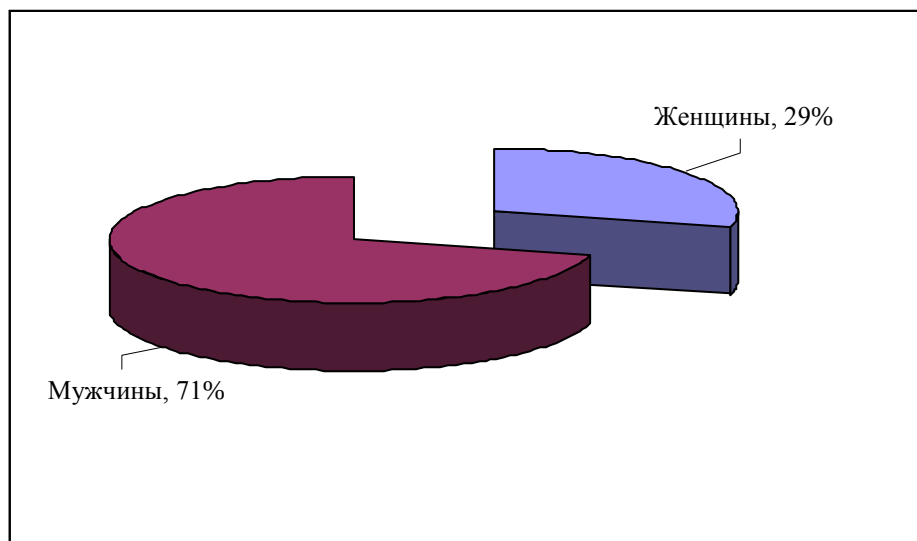


Рисунок 2.26 – Характеристика электротехнического персонала
ПАО «ММК» по половой принадлежности

Наибольшее число профессиональных заболеваний было зарегистрировано у людей со стажем работы от 10 до 40 лет (рисунок 2.27).

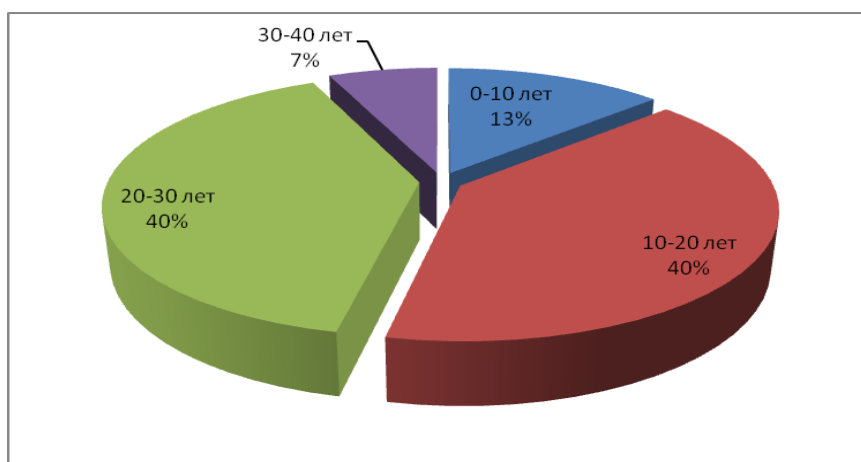


Рисунок 2.27 – Распределение профзаболеваний по стажу работы

При анализе зарегистрированных диагнозов были выявлены следующие категории профессиональных заболеваний:

1. Пневмокониоз (от греческого *pneumon* - легкие и *konia* - пыль) – группа хронических профессиональных заболеваний легких, обусловленных длительным вдыханием производственной пыли: кварцевой - силикоз, угольной - антракоз, оксида железа - сидероз и др.

1.1 Силикоз - профессиональная болезнь, вызываемая длительным вдыханием пыли, содержащей свободную двуокись кремния. Силикоз наиболее распространенное и тяжело протекающий вид пневмокониоза.

1.2 Силикатоз (от лат. *silex* - кремнь) – группа пневмокониозов, обусловленная воздействием пыли, содержащей силикаты (асбестоз, талькоз, оливиноз и др.).

1.3 Бронхит пылевой (*bronchitis*; бронх + -ит) – воспаление бронхов; встречается, как самостоятельная болезнь и как вторичный процесс при различных болезнях.

2. Тугоухость - стойкое понижение слуха при заболеваниях среднего или внутреннего уха, длительном воздействии шума, а так же возрастных изменениях.

3. Вибрационная болезнь - профессиональное заболевание, вызванное длительным воздействием на организм эквивалентных, скорректированных по час-

тоте уровней виброскорости или виброускорения. Локальная вибрация (например, при работе с ручными пневмо- и электромолотками, тромбовками, виброуплотнителями) воздействует на ограниченный участок тела; общая вибрация (например, при виброуплотнении бетона, на транспорте) влияет на весь организм.

4. Бронхиальная астма - заболевание дыхательных путей хронического воспалительного характера. Основной особенностью является сужение просвета бронхов (бронхиальная обструкция), обусловленная специфическими иммунологическими (сенсibilизация и аллергия). Бронхиальная обструкция обратима частично или полностью, спонтанно или под влиянием лечения.

Согласно данным выше определениям, все диагнозы возможно объединить в четыре группы: профессиональная бронхиальная астма, пневмокониоз, тугоухость, вибрационная болезнь (рисунок 2.28).

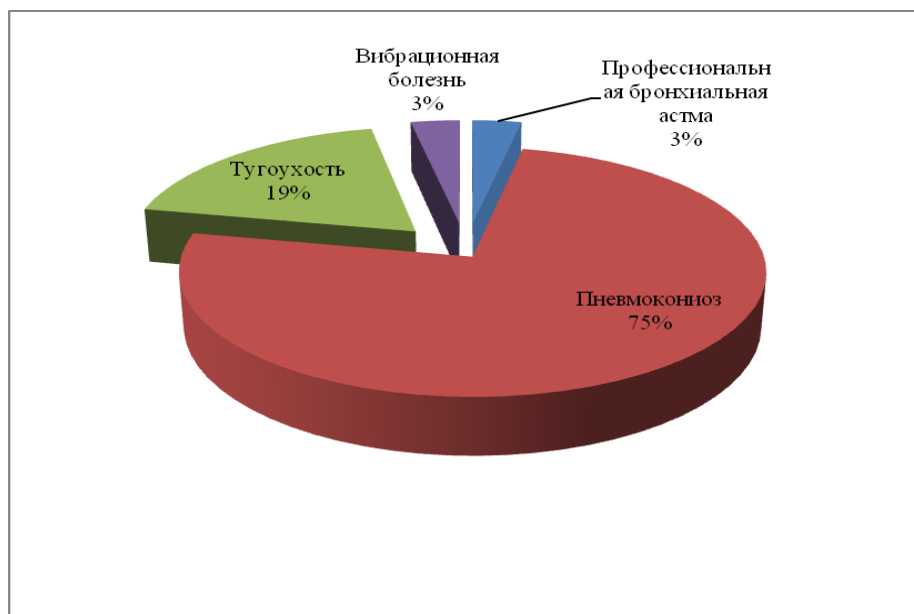


Рисунок 2.28 – Распределение профзаболеваний по диагнозам

Наибольшую долю всех зарегистрированных в ПАО «ММК» среди электротехнического персонала в течение пяти лет профзаболеваний составляют пневмокониозы различной степени тяжести (75% от общего числа диагнозов).

Выводы:

1. На сегодняшний день ПАО «ММК» - это ведущее металлургическое предприятие, включающее в себя полный производственный цикл от добычи сырья до выпуска пачек и рулонов металла с различным покрытием.
2. Развитие и сохранение человеческих производственных ресурсов – наиболее важнейший фактор социального развития и устойчивого экономического роста металлургического комплекса.
3. При снижении общего числа несчастных случаев в металлургическом производстве в среднем на 10-13% в течение 5 лет и более на 15% за 2013г., коэффициент частоты тяжелых несчастных случаев и коэффициент тяжести выросли на 23% и 44% соответственно в целом за пять лет.
4. 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 функциональные обязанности электротехнического персонала УГЭ входит выполнение работ повышенной опасности, проводимые по нарядам и распоряжениям. Работы электротехнического персонала в основных цехах в большей степени регламентируются обеспечением текущей эксплуатации электрооборудования. Высокий уровень контроля по средствам 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 профзаболевания, что влечет за собой трудовые и социально-экономические потери.
5. В группе металлургических цехов по электротехническому персоналу большее количество несчастных случаев приходится на доменный цех (8%) и цеха по прокату – ЛПЦ – 5 (9,6%).

6. Воздействие движущихся, вращающихся, разлетающихся предметов и деталей составляет 43% от общего числа вида происшествия. 21% от общего – это падение пострадавшего с высоты и при перемещении по ровной площадке.

7. Наибольшая доля в распределении несчастных случаев электротехнического персонала приходится на возрастную группу 21-30 лет.

8. Соотношение несчастных случаев по возрасту пострадавших зависит от характера распределения работников.

9. Обратная зависимость между характером распределения работников по стажу и количеством несчастных случаев незначительна (коэффициент корреляции равен -0,25)

10. Максимальная опасность травмирования присуща электротехническому персоналу в прокатных цехах.

11. В металлургических цехах на протяжении 5 лет остается высокий уровень коэффициента тяжести.

12. Оценка распределения профболевных по цехам выявления за 5 лет показала, что наибольшая доля профзаболеваний (пневмокониоз, тугоухость) приходится на электротехнический персонал ККЦ, РОФ и Доменный цех (по 13%).

13. При анализе зарегистрированных диагнозов были выявлены следующие категории профессиональных заболеваний: пневмокониоз, тугоухость, вибрационная болезнь, бронхиальная астма.

14. Выявление профессиональных заболеваний электротехнического персонала по цехам ПАО «ММК» согласуется с данными по распределению опасных и вредных производственных факторов.

3 ОЦЕНКА СВЯЗЕЙ В ТРИАДЕ «УСЛОВИЯ ТРУДА – ТРАВМАТИЗМ - ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР»

3.1 АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА

Согласно федеральному закону «О техническом регулировании» [101] учет риска повреждения здоровья проводится с определением минимальных требований, достаточных для установления безопасности. Согласно данному положению пороговые значения определены для обеспечения биологической, пожарной, химической, радиационной, ядерной, электромагнитной, виброакустической, электрической, термической, производственной, промышленной механической безопасности и т.д., в целях соблюдения пункта 1 статьи 6 настоящего Федерального закона.

Так же в настоящее время используется разработанная гигиеной труда классификация факторов производственной среды, превышение предельно допустимых уровней которых могут оказать неблагоприятное воздействие на здоровье работников, вызвать обострение хронических заболеваний, способствовать развитию профессионального заболевания, отразиться на работоспособности и т.д.. В настоящее время огромное внимание уделяется вопросу исключения или снижения уровней воздействия опасных и (или) вредных производственных факторов:

I. Вредности, связанные с организацией труда – факторы трудового процесса: 1) динамическая и физическая нагрузка; 2) увеличение продолжительности рабочей смены; 3) интенсивная работа; 4) не соблюдение режимов труда и отдыха; 5) неудобная или фиксированная поза; 6) сенсорные нагрузки.

II. Производственно обусловленные вредности:

A) Физические факторы: 1) охлаждающий и нагревающий микроклимат; 2) коротковолновое и видимое излучение, ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное, недостаточная или чрезмерная освещенность; 3) пониженное или повышенное атмосферное давление; 4) шум, вибрация, инфразвук.

Б) Физико-химические и химические вредности: 1) аллергены, вещества раздражающего действия, токсические вещества, канцерогены и т.д., используемые в технологическом процессе в качестве сырья, присадков, примесей или являющихся продуктами производства; 2) пыли различной этиологии; 3) биологические факторы.

III. Общесанитарные условия: 1) отсутствие или недостаток производственной культуры; 2) не отапливаемые помещения; 3) недостаточность освещения рабочих поверхностей; 4) не соответствие производственных помещений санитарно-гигиеническим нормам; 5) работа на открытом воздухе [102].

В соответствии с вышесказанным наиболее полная характеристика состояния рабочих мест представлена в результатах специальной оценки условий труда (аттестации рабочих мест) и производственного контроля. Так, для оценки производственного риска, кроме анализа травматизма электротехнического персонала в цехах ПАО «ММК», необходимо провести анализ условий труда на рабочих местах учетного травматизма в период с 2010 по 2014г. При обработке данных были использованы результаты специальной оценки условий труда (аттестации) 80 рабочих мест (n=80), проведенной в различных цехах предприятия на рабочих местах вспомогательного электротехнического персонала. Оценка проводилась по следующим параметрам производственной среды (Приложение В) [103 - 134]:

У1 – уровень шума;

У2 – искусственная освещенность рабочей поверхности;

У2/1 – микроклимат;

У3 – общая вибрация;

У4 – кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли от 2 до 10% (горючие кукуерситные сланцы, медносульфидные руды и др.);

У5 – железный агломерат;

У6 – кремний диоксид аморфный в смеси с оксидами марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого из них не более 10%;

У7 – 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 (в пересчете на марганец диоксид)) б) аэрозоль конденсации.

Рассмотрим более подробно воздействие факторов трудового процесса на организм человека.

Шум.

Воздействие повышенных уровней акустических факторов на организм человека достаточно разнообразно:

1. Воздействие шума (выше 80 дБА) продолжительное время может привести к частичной и (или) полной потере слуха, то есть вызвать тугоухость.

2. Направленное действие шума определено не только воздействием его на слуховой аппарат человека, но и угнетением центральной нервной системы. Раздраженный высоким уровнем звука слуховой нерв возбуждает вегетативную и нервную систему человека. В свою очередь данная система угнетает внутренние органы, изменяет психофизическое состояние организма, провоцируя раздражительность, возбужденность и беспокойство человека.

3. При тональном и импульсном шуме негативное воздействие шума усиливается. Основные симптомы, испытываемые работником при работе в таких условиях, являются: головокружение, сонливость, усталость, раздражительность, боли (в том числе головные и суставные), ухудшение памяти, невнимательность, снижение аппетита, утомление, негативное эмоциональное состояние, стресс и т.д. Данные функциональные изменения в организме человека приводят к снижению производственных показателей и увеличению вероятности ошибочных действий персонала

Освещение.

Недостаточное освещение рабочей поверхности приводит к:

1. Искажению информации.
2. Утомлению всего организма в целом и утомлению зрительного органа в частности.
3. Наличию резких теней ухудшающих или вызывающих полную потерю ориентации работающих.
4. Снижению производительности труда и увеличению брака в работе.
5. Развитию дефектов глаза: близорукость и дальнозоркость.

Микроклимат.

Микроклимат производственных помещений, определяет тепловое состояние организма и его теплообмен с окружающей средой.

Влияние высокой температуры может привести к накоплению тепла в организме и к повышению температуры тела до 38-40°C. Такое состояние может спровоцировать головокружение, головную боль, сухость во рту, изменение цветового восприятия, общую слабость, тошноту, рвоту, потовыделение. Наблюдается бледность, зрачки расширены, посинение кожи, иногда возникают судороги, потеря сознания.

При низкой температуре воздуха возникает переохлаждение организма. При продолжительном воздействии холода частота и объем вдоха растут, дыхание становится неритмичным, изменяется углеводный обмен. Появляется дрожь, при которой вся энергия сокращения мышц превращается в теплоту, а внешняя работа не выполняется.

Вибрация.

Вибрация, как санитарно-гигиенический показатель отнесен к факторам рабочей среды с высокой биологической активностью. Опасность вибрационных воздействий заключается в возможности совпадения амплитуд колебаний человеческих органов, каждый из которых имеют свою естественную частоту колебаний с колебаниями вибрирующих частей оборудования или инструмента. Биомеханические свойства организма человека определяют степень ответной реакции тела, а

также степень повреждения различных органов. Причиной отсутствия прямой зависимости между степенью повреждения организма (или его отдельных частей) и эквивалентным, скорректированным по частоте уровнем вибрации авторы исследований называют резонансный эффект. Развитие вибрационной болезни (патологий) зависит от частоты и амплитуды колебаний, вида вибрации, места и продолжительности контакта вибрирующих элементов, состояния кожных покровов (виброгашение), эмоциональное и психологическое состояние человека, параметры условий окружающей среды и т.д.

Работники, использующие в процессе своей трудовой деятельности, вибрирующий инструмент и оборудование (локальная и общая вибрация) жалуются на неустойчивость вестибулярного аппарата, дрожь в руках и ногах, головокружение, помутнение и потемнение в глазах, сужение поля зрительного восприятия, снижение остроты зрения, раздражительность, утомление, искажение координации движения, снижение болевого, тактильного и сенсорного восприятия, повышенную возбудимость.

При воздействии локальной вибрации характерны спазмы сосудов, нарушение кровообращения, солевые отложения, необратимые изменения суставных тканей, образование хрящевых наростов. Воздействие высоких уровней локальной вибрации характерно для работников, использующих в процессе своей трудовой деятельности механизированный пневмо- и электроинструмент.

Общая вибрация опасна своим воздействием на опорно-двигательный аппарат и возможностью более сложного поражения внутренних органов человека. В данном случае высокочастотные колебания вызывают спазм сосудов, а низкочастотные – снижение тонуса капилляров.

Одним из более тяжелых видов поражения организма человека таким вредным и (или) опасным фактором, как вибрация является механическое повреждение тканей.

Период развития профессионального заболевания при контакте с вибрирующими частями оборудования и инструмента в процессе трудовой деятельности

зависит больше от эквивалентного уровня (дозы) вибрации и времени контакта, чем от ее уровня. Решающее значение в степени поражения тканей организма играет время непрерывного контакта, а также общее время воздействия вибрации в течение смены [125].

Химические вещества и пыли:

а) Кремний диоксид кристаллический с различным содержанием пыли, кремний диоксид аморфный в смеси с оксидами марганца (или без такового), железный агломерат, железо и его соединения, аэрозоль смешанного состава, алюминий в виде аэрозоля конденсации или дезинтеграции, силикатсодержащие пыли, алюмосиликаты и т.д..

Воздействие пыли на организм человека может быть химическим и механическим. При химическом воздействии некоторые органические краски и другие вещества, проникая в организм, образуют химические соединения, вызывающие отравления. Механическое воздействие может проявиться в виде кожных заболеваний и повреждение слизистых оболочек.

Пыль засоряет дыхательные пути и раздражает слизистые оболочки, провоцирует развитие пневмокониозов различной степени тяжести.

В зависимости от природы пыли пневмокониозы могут быть различных видов:

- силикоз – наиболее частая и характерная форма, развивающаяся при действии пыли диоксида кремния;

- антракоз – заболевание органов дыхания при длительном воздействии угольной пыли;

- силикатоз – аккумуляция в организме пылей солей кремниевой кислоты;

- асбестоз – одна из агрессивных форм силикатоза, может привести не только ко всем вызываемым силикозом болезням, а именно: фиброзу и флакоцитозу легких, серьезным нарушением нервной и сосудистой систем, силикотуберкулезу, но и к развитию рака легких [135].

б) Углерод оксид.

Оксид углерода (угарный газ) – газ без цвета, вкуса и запаха. Ядовит. В закрытом помещении, наполненном угарным газом, снижается способность гемоглобина эритроцитов переносить кислород, из-за чего у человека замедляются реакции, ослабляется восприятие, появляется головная боль, сонливость, тошнота.

При хронических отравлениях наблюдаются более тяжелые заболевания сердечно - сосудистой системы, чем при острых, особенно у лиц, занимающихся физическим трудом. Отмечаются аритмия, учащение пульса, экстрасистолия, неустойчивость пульса и кровяного давления со склонностью к снижению последнего [135].

в) Марганец в сварочных аэрозолях при его содержании: до 20%, марганца оксиды (в пересчете на марганец диоксид)) б) аэрозоль конденсации.

Марганец оказывает токсичное действие на организм человека. Избыточное накопление марганца в организме сказывается в первую очередь на функционировании центральной нервной системы. Это проявляется в утомляемости, сонливости, ухудшении функций.

г) Кальций оксид

Вероятными последствиями при попадании оксида кальция на кожу или в организм человека являются: краснота или стекловидный отёк глаз, труднозаживающие раны на коже или тяжёлый химический ожог, а также ожог желудка и пищевода, возникновение дерматита или конъюнктивита.

д) Хром (VI) триоксид

У людей, работающих в контакте с хромом и вдыхающие хромовую пыль, возрастает в 20 -30 раз вероятность возникновения рака легочной системы.

3.2 ФАКТОРИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА

Сопоставление результатов оценки условий труда, полученных при специальной оценке условий труда (аттестации рабочих мест), трудно поддаются даль-

нейшему 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, позволит сократить многомерное пространство с минимальными потерями информации, выявить латентные переменные и продолжить анализ методом классической регрессии.

При обработке исходных данных брались не наблюдаемые значения параметров (Y_1 - Y_{13}), а их относительные величины (отношение фактических к предельно допустимым уровням) (приложение В). Обозначение параметров Y_j , $j = \overline{1, N}$, осталось неизменным.

В таблице 3.1 представлены предназначенные для анализа основные числовые характеристики значений переменных Y_j , где **Ошибка! Закладка не определена.** $j = \overline{1, N}$, $N = 13$, но с учетом дополнительных переменных, вводимых в рассмотрение из-за сильной корреляции некоторых исходных переменных, способствующих выражению (явление мультиколлинеарности) информационной матрицы корреляции (таблица 3.2).

Факторизацию признаков (см. таблицу 3.1), выявленных при специальной оценки условий труда (аттестации рабочих мест), проводим методом факторного анализа.

Модель факторного анализа в матричной форме имеет вид

$$Z = W * F_k + \varepsilon_j, \quad (3.1)$$

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

$$z_{ji} = \frac{(y_{ji} - \overline{y_j})}{S_j}, \quad (3.2)$$

y_{ji} - элементы исходной матрицы наблюдений,

$$j = \overline{1, N},$$

$$i = \overline{1, n},$$

$$n=80,$$

S_j - стандартные ошибки переменных,

$\overline{y_j}$ - 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. Факторный анализ основан на возможности извлечения латентных переменных из информационного массива.

Таблица 3.1 – Основные числовые характеристики исходных и дополнительных данных

	Среднее значение	Доверительный интервал		Минимум	Максимум	Дисперсия	Стандартное отклонение
		-95 %	+95 %				
Y1	1,045000	1,02605	1,063946	0,780000	1,2300	0,0072	0,08514
Y2	0,575375	0,49328	0,657468	0,080000	2,2100	0,1361	0,36889
Y2/1	0,947000	0,49513	0,987012	0,120000	3,5400	0,2481	0,75913
Y3	0,504900	0,40921	0,600585	0,001000	1,1300	0,1849	0,42997
Y4	2,161562	1,19813	3,124998	0,001000	19,2000	18,7427	4,32929
Y5	0,307188	-0,02316	0,637536	0,001000	8,9000	2,2036	1,48445
Y6	0,189713	-0,06791	0,447333	0,001000	9,7000	1,3401	1,15764
Y7	0,261187	0,16501	0,357361	0,001000	1,6200	0,1868	0,43216
Y8	0,185338	-0,10970	0,480372	0,001000	11,7000	1,7577	1,32577
Y9	0,059188	0,00471	0,113667	0,001000	1,5200	0,0599	0,24481
Y10	0,833662	0,63526	1,032070	0,001000	3,7710	0,7949	0,89156
Y11	0,690250	0,55276	0,827736	0,100000	3,7600	0,3817	0,61781
Y12	0,527700	0,17090	0,884497	0,001000	10,0000	2,5706	1,60330
Y13	0,700075	0,02217	1,377981	0,001000	25,6000	9,2795	3,04623
Y6*Y8	1,522438	-1,30251	4,347392	0,000001	113,4900	161,1424	12,69419
Y1*Y3*Y2/1	0,519593	0,42008	0,619110	0,001000	1,1682	0,2000	0,44719
Y5*Y9	0,310303	-0,03599	0,656594	0,000001	10,6800	2,4214	1,55609

Таблица 3.2 - Корреляционная матрица $\mathfrak{R}$ признаков, представленных в табл.1

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y6*Y8	Y1*Y3* Y2/1	Y5*Y9	T2	T4
Y1	1,00	-0,19	-0,22	-0,01	-0,01	0,01	-0,12	0,00	-0,01	-0,03	-0,01	-0,07	0,06	-0,01	-0,11	0,02	-0,02	-0,02
Y2	-0,19	1,00	0,19	-0,18	-0,08	0,10	-0,38	0,12	-0,11	-0,23	-0,40	-0,15	-0,16	0,13	0,18	-0,12	0,15	0,08
Y3	-0,22	0,19	1,00	-0,06	0,14	-0,11	0,05	-0,12	0,10	-0,03	0,06	-0,17	0,09	-0,13	0,99	0,14	-0,22	-0,01
Y4	-0,01	-0,18	-0,06	1,00	-0,10	-0,08	0,41	-0,07	-0,12	0,87	0,30	0,09	0,06	-0,06	-0,05	-0,10	-0,19	0,29
Y5	-0,01	-0,08	0,14	-0,10	1,00	-0,03	-0,13	-0,03	0,81	-0,01	-0,09	-0,07	-0,05	-0,03	0,15	0,95	-0,07	-0,11
Y6	0,01	0,10	-0,11	-0,08	-0,03	1,00	-0,08	0,98	-0,04	-0,14	-0,11	-0,05	-0,04	0,95	-0,12	-0,03	0,39	0,05
Y7	-0,12	-0,38	0,05	0,41	-0,13	-0,08	1,00	-0,08	-0,14	0,48	0,73	0,45	0,34	-0,07	0,04	-0,12	-0,13	0,22
Y8	0,00	0,12	-0,12	-0,07	-0,03	0,98	-0,08	1,00	-0,03	-0,12	-0,10	-0,05	-0,03	0,99	-0,12	-0,03	0,39	0,02
Y9	-0,01	-0,11	0,10	-0,12	0,81	-0,04	-0,14	-0,03	1,00	0,01	-0,08	-0,08	-0,06	-0,03	0,11	0,89	0,08	-0,28
Y10	-0,03	-0,23	-0,03	0,87	-0,01	-0,14	0,48	-0,12	0,01	1,00	0,41	0,20	0,16	-0,11	-0,02	0,04	-0,24	0,21
Y11	-0,01	-0,40	0,06	0,30	-0,09	-0,11	0,73	-0,10	-0,08	0,41	1,00	0,38	0,68	-0,09	0,07	-0,09	-0,15	0,09
Y12	-0,07	-0,15	-0,17	0,09	-0,07	-0,05	0,45	-0,05	-0,08	0,20	0,38	1,00	0,12	-0,04	-0,17	-0,07	0,03	0,21
Y13	0,06	-0,16	0,09	0,06	-0,05	-0,04	0,34	-0,03	-0,06	0,16	0,68	0,12	1,00	-0,03	0,11	-0,05	-0,10	-0,00
Y6*Y8	-0,01	0,13	-0,13	-0,06	-0,03	0,95	-0,07	0,99	-0,03	-0,11	-0,09	-0,04	-0,03	1,00	-0,13	-0,02	0,39	0,00
Y1*Y3* Y2/1	-0,11	0,18	0,99	-0,05	0,15	-0,12	0,04	-0,12	0,11	-0,02	0,07	-0,17	0,11	1,00	1,00	0,15	-0,23	-0,01
Y5*Y9	0,02	-0,12	0,14	-0,10	0,95	-0,03	-0,12	-0,03	0,89	0,04	-0,09	-0,07	-0,05	-0,02	0,15	1,00	-0,08	-0,17
T2	-0,02	0,15	-0,22	-0,19	-0,07	0,39	-0,13	0,39	0,08	-0,24	-0,15	0,03	-0,10	0,39	-0,23	-0,08	1,00	-0,14
T4	-0,02	0,08	-0,01	0,29	-0,11	0,05	0,22	0,02	-0,28	0,21	0,09	0,21	-0,00	0,00	-0,01	-0,17	-0,14	1,00

В качестве такого массива практически для любых методов многомерной статистики используется корреляционная матрица $\mathfrak{R} = (r_{ij})$, элементы которой r_{ij} представляют собой корреляционную связь между исходными i и j переменными.

При поиске факторов изучаемого явления уделялось внимание числовым характеристикам матрицы $\mathfrak{X}$ – это $\det \mathfrak{X}$ (определитель матрицы $\mathfrak{X}$) и ее собственным (характеристическим) числам **Ошибка! Закладка не определена.** λ_j .

Факторы F_k - представляют собой латентные (скрытые, ненаблюдаемые) переменные $k = \overline{1, m}$, выражаемые через наблюдения посредством весовых коэффициентов w_{jk} , которые в совокупности представляют собой матрицу линейного преобразования **Ошибка! Закладка не определена. Ошибка! Закладка не определена.** $W = (w_{jk})$, с помощью которой решается не только прямая, но и обратная задача:

$$F_k = W^{-1} * Y_k \quad (3.3)$$

при условии существования W^{-1} - обратная матрица к матрице W размера $N \times N$ при $\det W \neq 0$. В нашем случае при $m < N$ обращение матрицы W размера $N \times m$ не представляется возможным и поэтому матрицу факторных вкладов W^{-1} для каждого признака z_j находят приближенно методом наименьших квадратов (МНК) с заменой соответствующих матриц, $W^{-1} \approx B = (b_{kj})$, где $B = (b_{kj})$ - матрица вкладов. Тогда можно определить значение факторных вкладов для всех i - переменных и построить матрицу входных переменных в новом формате латентных признаков.

Собственные числа λ матрицы $\mathfrak{X}$ расположены в последовательности убывания $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_N$. Для исследования представляют интерес только те значения $\lambda_k, k = \overline{1, m}$ для которых $\lambda_k \geq \lambda_m$, исключая $\lambda_k \leq 1$, т.е. отбираем для анализа λ_k , имеющие значительный удельный вес в общей их сумме $\sum_{k=1}^N \lambda_k = N$.

Соответственно определять главные компоненты или факторы $F_j, j = \overline{1, N}$ имеет смысл до тех пор, пока каждый из них несет информации больше, чем любой из первичных признаков, т.к. последние при условии их стандартизации объясняют лишь $\frac{1}{N}$ часть общей дисперсии. Поэтому каждый фактор $F_j, j = \overline{1, N}$ объ-

ясняет $\frac{\lambda_j}{N}$ общей дисперсии системы первичных признаков. Откуда следует, что необходимо выделять те латентные переменные, для которых $\lambda_j > 1$. Общепринято [136], $\sum_{k=1}^m \lambda_k \geq (0,7 \div 0,8) * N$.

Трудности извлечения большого объема информации связаны со снижением качества информационной матрицы, на основании которой осуществляется поиск факторов.

Предварительная обработка исходных данных представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Последовательность поиска факторной структуры многомерного пространства

№ вари-анта	Вводимые переменные	Число пе-ременных / выделяемые факторы	Lg(det $\mathcal{R}$)	Извлекае-мые вариации, %	Распределение значимых пе-ременных по факторам					
					F01	F02	F03	F04	F05	F06
1	Y1, Y2, Y2/1, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8, Y9, Y10, Y11, Y12, Y13	14 / 6	-3,78	83,797	Y11, Y13	Y6, Y8	Y5, Y9	Y4, Y10	Y1	Y12
2	Y1, Y2, Y2/1, Y3, Y4, Y5, Y7, Y8*Y6, Y9, Y10, Y11, Y12, Y13	12 / 5	-2,33	74,60	Y7, Y11, Y13	Y5, Y9	Y4, Y10	Y1	Y3	
3	Y1*Y3* Y2/1, Y2, Y4, Y5, Y7, Y6*Y8, Y9, Y10, Y11, Y12, Y13	11 / 4	-2,27	70,19	Y7, Y11, Y13	Y5, Y9	Y4, Y10	Y1* Y3		
4	Y1* Y3* Y2/1, Y2, Y4, Y5* Y9, Y6* Y8, Y7, Y10, Y11, Y12, Y13	10 / 4	-1,79	69,84	Y7, Y11, Y13	Y4, Y10	Y1* Y3* Y2/1	Y5* Y9		

Примечание – В первом варианте поиска учтены все первичные переменные $N=13$. Несмотря на высокий процент извлекаемой вариации, матрица близка к вырождению из-за значительной мультиколлинеарности: $r_{6,8} = 0,98$ (таблица 3.2). Для устранения сильной линейной связи этих переменных на практике [137] применяют исключение одной из них, либо представляют их в качестве эффекта взаимодействия (Y_8*Y_6).

В этих условиях провели обработку данных (вариант 2) и степень вырожденности массива значительно снизилась. Однако для извлечения вариации в количестве 74,6% необходимо использовать до 5 факторов.

Согласно данным [138] вибро - акустические переменные усиливают друг друга при совместном присутствии. Поэтому для дальнейшего анализа был использован эффект взаимодействия Y_1 и Y_3 (вариант 3), что позволило снизить размерность искомого пространства, т.е. уменьшить число факторов до 4. При этом степень вырожденности матрицы практически остается неизменным ($Lg(\det \mathfrak{R}) = -2,27$).

Наиболее оптимальный вариант по количеству факторов ($k=4$), значительному улучшению качества корреляционной матрицы ($Lg(\det \mathfrak{R}) = -1,79$) и проценту извлекаемой вариации (69,84%) был достигнут при замене Y_5 и Y_9 на эффект их взаимодействия.

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 $\mathfrak{R}$ из системы (в матричной форме) уравнений

$$(\mathfrak{R} - \lambda_j * E) * P_j = 0, \quad (3.4)$$

где $j = \overline{1, N}$, E - единичная матрица. Вектор $W_k = \sqrt{\lambda_k} * \tilde{P}_k$, λ_k - собственные числа и P_k - собственные вектора, $k = \overline{1, m}$ матрицы $\mathfrak{R}$, $\tilde{P}_k$ - нормированные собственные вектора матрицы $\mathfrak{R}$.

$$\tilde{P}_k = \frac{P_k}{\sqrt{\sum_{j=1}^N P_{jk}^2}}, \quad (3.5)$$

где P_{jk}^2 - квадраты элементов матрицы $P = (p_{jk})$ собственных векторов.

На рисунке 3.1 представлены собственные числа для варианта 4. Исходя из диаграммы, очевидно, что необходимо взять 4 фактора, которые могут обеспечить вариацию около 70% исходной системы данных (см. таблицу 3.4)

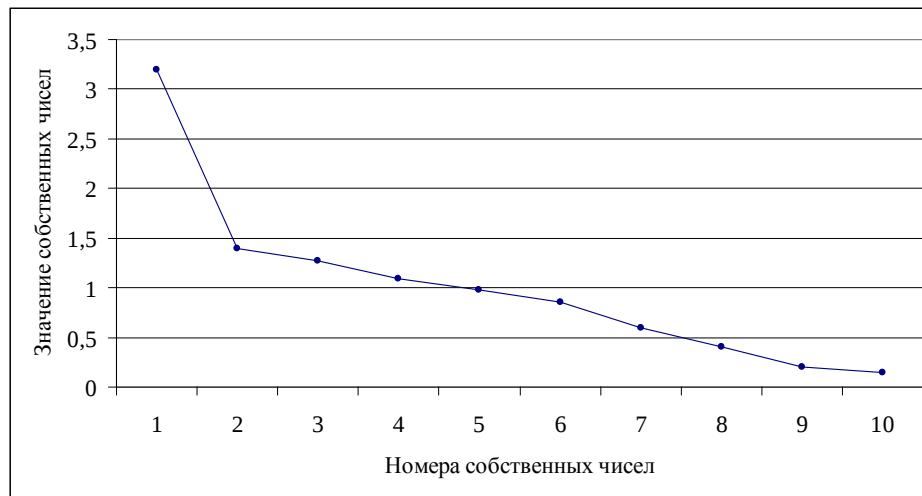


Рисунок 3.1– Собственные числа матрицы $\mathfrak{R}$ для варианта 4

Определив матрицу нагрузок (см. таблицу 3.5) $W = (w_{jk})$ можно восстановить матрицу коэффициентов корреляции

$$\hat{\mathfrak{R}} = (r_{ij}) = W * W^T, \quad (3.6)$$

где исходная матрица $\mathfrak{R} = \hat{\mathfrak{R}} + \Delta\mathfrak{R}$,

$\Delta\mathfrak{X}$ - матрица остатков, отражающая потери, допущенные в преобразованиях (см. таблицу 3.6, 3.7 соответственно),

W^T - транспонированная матрица.

Таблица 3.4 - Общие результаты факторного анализа

	Собственные числа	Процент извлеченной дисперсии из общей системы признаков	Накопленная сумма	Накопленная сумма, %
F01	3,204884	32,04884	3,204884	32,04884
F02	1,410449	14,10449	4,615333	46,15333
F03	1,275581	12,75581	5,890914	58,90914
F04	1,092820	10,92820	6,983734	69,83734

Анализируя результаты таблиц 3.6 и 3.7, отмечаем, что первичные признаки Y_j несут характерные потери в неодинаковой мере в силу различной толерантности по отношению к другим переменным, входящим в исходную систему анализируемых данных. Поэтому восстановленная матрица $\hat{\mathfrak{X}}$ имеет расхождения с первичной матрицей $\mathfrak{X}$, как на главной диагонали $(1 - \nu_j^2)$, так и вне главной диагонали $(r_{ij} \pm \Delta r_{ij})$, т.к. в факторном анализе предполагается, что для стандартизованного признака z_j дисперсия $D(Z_j) = 1$ распадается на составляющие h_j^2 (общность), где $h_j^2 = \sum_{k=1}^m w_{jk}^2$, и ν_j^2 (характерность). Коэффициенты r_{ij} также будут отличаться от восстановленных в силу того, что число факторов не равно числу учтенных переменных ($m < N$).

Если бы учесть все компоненты $m = N$ для матрицы $\mathfrak{X}$, то естественно $h_j^2 = r_{jj} = D(Z_j) = 1$, т.е. отсутствовала бы необъясненная составляющая дисперсии j -признака ν_j^2 (характерность) и тогда отсутствовала бы необходимость снижать размерность первичного информационного пространства при замене его латентными переменными в новом ортогональном базисе N факторов F_k .

Таблица 3.5 - Факторные нагрузки до вращения системы

	F1	F2	F3	F4
Y2	0,507513	0,061760	0,074488	-0,630363
Y4	-0,648469	0,677818	0,146243	-0,191428
Y7	-0,840170	-0,121858	-0,071663	-0,035926
Y10	-0,741853	0,563577	0,204340	-0,077635
Y11	-0,851942	-0,399980	0,005404	-0,067895
Y12	-0,481823	-0,161701	-0,429691	0,155908
Y13	-0,527117	-0,591512	0,110360	-0,222492
Y6*Y8	0,157894	0,019216	-0,413410	-0,269189
Y1*Y3* Y2/1	0,028435	-0,279358	0,762424*	-0,324304
Y5*Y9	0,094981	-0,017361	0,502706	0,628844

Таблица 3.6 - Воспроизведенная матрица корреляций

	Y2	Y4	Y7	Y10	Y11	Y12	Y13	Y6*Y8	Y1*Y3* Y2/1	Y5*Y9
Y2	0,66	-0,16	-0,42	-0,28	-0,41	-0,38	-0,16	0,22	0,26	-0,31
Y4	-0,16	0,94	0,46	0,91	0,30	0,11	-0,00	-0,10	-0,03	-0,12
Y7	-0,42	0,46	0,73	0,54	0,77	0,45	0,52	-0,10	-0,03	-0,14
Y10	-0,28	0,91	0,54	0,92	0,41	0,17	0,10	-0,17	0,00	-0,03
Y11	-0,41	0,30	0,77	0,41	0,89	0,46	0,70	-0,13	0,11	-0,11
Y12	-0,38	0,11	0,45	0,17	0,46	0,47	0,27	0,06	-0,35	-0,16
Y13	-0,16	-0,00	0,52	0,10	0,70	0,27	0,69	-0,08	0,31	-0,12
Y6*Y8	0,22	-0,10	-0,10	-0,17	-0,13	0,06	-0,08	0,27	-0,23	-0,36
Y1*Y3* Y2/1	0,26	-0,03	-0,03	0,00	0,11	-0,35	0,31	-0,23	0,77	0,19
Y5*Y9	-0,31	-0,12	-0,14	-0,03	-0,11	-0,16	-0,12	-0,36	0,19	0,66

Интерпретация выявленных факторов также имеет существенное значение в факторном анализе. Безусловно этому должны способствовать полученные нагрузки матрицы $W = w_{jk}$ k -фактора на j -переменную, которые имеют смысл проекции j - переменной на k - фактор или с учетом стандартизованных значений пе-

ременных нагрузки представляют собой коэффициенты корреляции. r_{ij} - это коэффициент связи j - переменной с k - фактором. Однако с учетом того, что выбор базиса в линейном пространстве осуществляется произвольно, то хотелось бы выбрать факторную систему координат таким образом, чтобы полученным факторам дать осмысленную интерпретацию. Тогда названия факторов представлялись бы 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.

Таблица 3.7 - Матрица остатков

	Y2	Y4	Y7	Y10	Y11	Y12	Y13	Y6*Y8	Y1*Y3* Y2/1	Y5*Y9
Y2	0,34	-0,03	0,04	0,05	0,01	0,24	-0,00	-0,09	-0,08	0,20
Y4	-0,03	0,06	-0,05	-0,03	0,00	-0,02	0,06	0,04	-0,02	0,02
Y7	0,04	-0,05	0,27	-0,06	-0,03	-0,00	-0,18	0,03	0,08	0,01
Y10	0,05	-0,03	-0,06	0,08	-0,00	0,04	0,06	0,06	-0,03	0,07
Y11	0,01	0,00	-0,03	-0,00	0,11	-0,08	-0,02	0,04	-0,04	0,03
Y12	0,24	-0,02	-0,00	0,04	-0,08	0,53	-0,15	-0,10	0,18	0,09
Y13	-0,00	0,06	-0,18	0,06	-0,02	-0,15	0,31	0,05	-0,19	0,08
Y6*Y8	-0,09	0,04	0,03	0,06	0,04	-0,10	0,05	0,73	0,10	0,34
Y1*Y3* Y2/1	-0,08	-0,02	0,08	-0,03	-0,04	0,18	-0,19	0,10	0,23	-0,04
Y5*Y9	0,20	0,02	0,01	0,07	0,03	0,09	0,08	0,34	-0,04	0,34

Следовательно, если получить матрицу нагрузок, так называемой «простейшей структуры» [136], $A = (a_{jk})$, у которой столбцы имеют максимально возможные элементы $a_{jk} \rightarrow 1$ (в идеальном случае), а остальные элементы этих столбцов $a_{jk} \rightarrow 0$ (в идеальном случае), то факторы при этом получают естественную интерпретацию. Для решения этой задачи был выбран Warimax метод, реализуе-

мый в программе STATISTICA® [139], в котором ортогональный оператор поворота факторной системы за несколько циклов (С) будет вращать столбцы матрицы $A = (a_{jk})$ на многомерный угол φ , приводящий к максимуму критерий

$$\nu(\varphi) = \sum_{k=1}^m \left\{ N * \sum_{j=1}^N \left(\frac{a_{jk}^2}{h_j^2} \right)^2 - \left[\sum_{j=1}^N \left(\frac{a_{jk}^2}{h_j^2} \right) \right]^2 \right\}, \quad (3.7)$$

где $j = \overline{1, N}$ - индекс переменных (исходных признаков);

$k = \overline{1, m}$ - индекс факторов (компонент);

a_{jk} - нагрузки текущие k - фактора j - признак;

h_j^2 - общность j - признака ($h_j^2 = \sum_{k=1}^m a_{jk}^2$);

$A = (a_{jk})$ - матрица текущих значений матрицы нагрузок $W = (w_{jk})$ в c -цикле.

Данный критерий $\nu(\varphi)$ позволяет максимизировать дисперсию квадратов значений нагрузок, чтобы окончательно «привязать» к данному фактору изолированную группу сильно связанных с этим k - фактором тех признаков, для которых исходные нагрузки $w_{jk} > 0,6$ (по модулю), и, следовательно, снизить нагрузку у слабых факторов, для которых $w_{jk} < 0,4$. Цель данного вращения обеспечивается Warimax – критерием, $\nu(\varphi) \rightarrow \max$ и достигается в каком либо цикле $C=1, 2, \dots$, при выполнении условия сходимости, например по умолчанию $|\nu(\varphi)^{(c)} - \nu(\varphi)^{(c-1)}| \leq 10^{-6}$. Для вращения факторов (нагрузок) используется линейный оператор поворота на плоскости, поэтому из геометрических соображений за один раз вращается только два нормализованных вектора 1 со 2, 1 с 3, , $m-1$ с m . Это составляет один цикл итерации, включающий $\frac{m * (m-1)}{2}$ парных вращений. Окончательный вариант факторных нагрузок после завершения процедуры вращения представлен в таблице 3.8.

Осуществляя вращение системы факторов F (собственно матрицы нагрузок w) Warimax – методом, мы получаем новую ортогональную систему с перераспределением извлекаемой дисперсии системы по факторам.

Таблица 3.8 - Факторные нагрузки после вращении системы

	F1	F2	F3	F4
Y2	-0,390355	0,152703	-0,406740	0,568470
Y4	0,077493	-0,963448*	0,024833	0,055921
Y7	0,732065*	-0,414822	0,136862	-0,020825
Y10	0,209231	-0,929898*	0,015292	-0,083808
Y11	0,913016*	-0,235186	-0,001384	-0,038917
Y12	0,491675	-0,061846	0,470612	0,014047
Y13	0,786769*	0,061532	-0,247628	0,072868
Y6*Y8	-0,086217	0,126524	0,213392	0,446870
Y1*Y3* Y2/1	0,124477	0,018571	-0,861865*	-0,081626
Y5*Y9	-0,141784	0,063978	-0,162155	-0,779096*

Матрицу текущих значений факторов $F = (f_{ki})$, которую можно в дальнейшем использовать для моделирования травматизма, получаем на основании матрицы вкладов $B = (b_{kj})$, вычисляемую автоматически МНК методом в системе STATISTICA® [139]. Матрица вкладов после завершения процедуры факторизации исходных признаков, представлена в таблице 3.9.

Получив матрицу текущих значений факторов, можно переходить к методу регрессии на главных компонентах. Для выявления результативности предпринятого анализа представляли интерес отклики на варьируемые переменные массива данных T (приложение Г).

Таблица 3.9 - Коэффициенты факторного вклада для каждого признака - после выполнения процедуры вращения

	F1	F2	F3	F4
Y2	-0,112496	-0,036386	-0,323593	0,494405
Y4	-0,141522	-0,533583	-0,045753	0,094248
Y7	0,262712	-0,089648	0,051433	0,026943
Y10	-0,078683	-0,484362	-0,050840	-0,023774
Y11	0,387475	0,038370	-0,055153	0,017616
Y12	0,201007	0,085020	0,348844	0,015774
Y13	0,399144	0,163158	-0,232756	0,108416
Y6*Y8	-0,006698	0,049152	0,161487	0,373883
Y1*Y3* Y2/1	0,097801	-0,015846	-0,688520	-0,027430
Y5*Y9	-0,083287	0,034380	-0,083264	-0,687324

Массив травматизм (Т) включает в себя:

Т1 – причины травмы (вероятность причин возникновения несчастного случая, вычисленная суммированием вероятностей несовместных событий - неудовлетворительная организация работ со стороны руководителей; нарушение норм, правил, инструкций; отсутствие средств коллективной защиты, неисправное оборудование, отсутствие инструкций; работа не полным штатом; ненадежный контроль со стороны персонала; не применение средств индивидуальной защиты, применение запрещенных средств индивидуальной защиты; личная неосторожность) [179];

Т2 - место происшествия (кодированное по уровням: 1 – в пределах стационарного рабочего места, 2 – в пределах не стационарного рабочего места на территории цеха, 3 – в пределах не стационарного рабочего места вне цеха) [179];

Т3 - вид происшествия (вероятность воздействия движущихся, вращающихся, разлетающихся деталей и предметов; падения при перемещении и /или с высоты;

воздействия экстремальных температур; падения предметов, обрушение, обвалы; поражения электрическим током; прочих событий) [179];

T4 - степень тяжести травм (ранжированная по уровням: 1 – смертельные; 2 – тяжелые с увечьем; 3 – тяжелые, 4 – легкие) [179].

3.3 РЕГРЕССИОННЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА В ОПРЕДЕЛЕНИИ СВЯЗИ ТРАВМАТИЗМА И УСЛОВИЙ ТРУДА

Цель предпринятого исследования: выявление максимально возможной корреляции для совокупностей условий труда и производственного травматизма. Обработка данных выполнялась в системе STATISTICA® [140]: первичная обработка – в модуле Multiple Regression, основной и завершающий этап – в модуле Canonical Analysis. Основные числовые характеристики используемых данных представлены в таблице 3.10, а матрица корреляции - в таблице 3.11.

Таблица 3.10 - Основные числовые характеристики факторных (F) и результативных (T) признаков

	Среднее значение	Доверительный интервал		Минимум	Максимум	Дисперсия	Стандартное отклонение
		-95%	+95%				
F01	0,000001	-0,222539	0,222540	-3,43827	1,360790	1,000000	1,000000
F02	-0,000001	-0,222539	0,222539	-5,22919	2,900790	0,999999	1,000000
F03	-0,000001	-0,222540	0,222538	-3,64847	3,126030	1,000000	1,000000
F04	-0,000001	-0,222539	0,222539	-2,70845	4,384380	1,000000	1,000000
T1	0,292750	0,253907	0,331593	0,08000	0,850000	0,030466	0,174544
T2	1,275000	1,163168	1,386832	1,00000	3,000000	0,252532	0,502525
T3	0,324219	0,282189	0,366249	0,01250	0,512500	0,035670	0,188865
T4	3,050000	2,812736	3,287264	1,00000	4,000000	1,136709	1,066165

Обратим внимание, что в таблице 3.10 факторизованные признаки условий труда F_i , $i = \overline{1;4}$ представлены в стандартизованном масштабе: среднее значение

$M(F_i)=0$, дисперсия $D(F_i)=1$. Это позволяет однозначно оценивать степень связи факторов с отдельными откликами травматизма T_i , $i=\overline{1,n}$ при переходе к новому базису ортогональной структуры факторов (таблица 3.11).

Таблица 3.11 - Корреляционная матрица

	T1	T2	T3	T4	F01 F1	F02 F2	F03 F3	F04 F4
T1	1,00	0,07	0,16	-0,04	0,03 0,03	-0,06 -0,12	-0,24 -0,19	-0,00 -0,12
T2	0,07	1,00	-0,05	-0,14	0,22 -0,12	-0,04 -0,22	-0,36 -0,24	-0,07 -0,25
T3	0,16	-0,05	1,00	-0,01	0,52 -0,36	-0,05 -0,34	0,03 -0,14	-0,07 -0,09
T4	-0,04	-0,14	-0,01	1,00	-0,21 0,08	0,16 0,26	-0,08 -0,05	-0,19 -0,19
F01 F1	0,03 0,03	0,22 -0,12	0,52 -0,36	-0,21 0,08	1,00	0,00	0,00	0,00
F02 F2	-0,06 -0,12	-0,04 -0,22	-0,05 -0,34	0,16 0,26	0,00	1,00	0,00	-0,00
F03 F3	-0,24 -0,19	-0,36 -0,24	0,03 -0,14	-0,08 -0,05	0,00	0,00	1,00	0,00
F04 F4	-0,00 -0,12	-0,07 -0,25	0,07 -0,09	-0,19 -0,19	0,00	-0,00	0,00	1,00

В таблице 3.11 (см. третий квадрант) отражено отсутствие корреляционной связи между факторами, что отвечает признаку их ортогональности и обеспечивает при использовании метода наименьших квадратов (МНК) вычисление независимых оценок параметров регрессии. Корреляционная связь факторов с результативными признаками представлена (см. 2 и 4 квадрант) для двух вариантов ортогонального базиса факторов, полученных в модуле Factor Analysis системы STATISTICA®, - методом главных компонент (Principal Components) и методом оптимального поворота (Varimax) исходного базиса с целью корректировки нагрузок первичных признаков на каждый фактор. При этом следует отметить, что с изменением ракурса результативных векторов в пространстве нового базиса после по-

ворота перераспределяется по факторам суммарная доля извлеченной вариации (см.таблицу 3.12).

Таблица 3.12 - Перераспределение вариаций ортогональной системы по факторам

Состояние системы	F1	F2	F3	F4
До вращения	0,320488	0,141045	0,127558	0,109282
После вращения	0,247546	0,207171	0,128246	0,115411

Приступая к регрессионному анализу, было дано обоснование необходимого объема выборки и оценка однородности используемой выборки по трём основным группам металлургического производства, где регистрировались несчастные случаи с участием электротехнического персонала: горно-обогатительное, металлургическое и прокатное. Числовые характеристики исследуемых групп представлены в таблице 3.13. Многомерный признак условий производства (случайный вектор) фиксировался для каждого несчастного случая на протяжении пяти лет, т.е. все реализации случайного вектора имели одинаковые вероятности попасть в выборку, что обеспечило ее репрезентативность.

Таблица 3.13 - Числовые характеристики степени тяжести травм по производственным группам

Группы производств	Выборка	Среднее	Оценка дисперсии	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка среднего	- 95% уровень отклонения	+ 95% уровень отклонения
Общая	80	2,97500	1,18923	1,09052	0,12192	2,73232	3,21768
Горно - обогатительное	8	2,25000	1,07142	1,03510	0,36596	1,38464	3,11536
Металлургическое	24	3,33333	1,01442	1,00722	0,20560	2,90802	3,75865
Прокатное	48	2,91667	1,18439	1,08830	0,15708	2,60066	3,23268

Необходимый объем выборки n определялся исходя из предпосылки предельного уменьшения ошибки второго рода β , зависящей от уровней тех параметров (a_0 и a_1 , $a_0 < a_1$), которые необходимо различить, предполагая нормальность распределения их средних значений в условиях заданной ошибки первого рода $\alpha < 0,05$. В задаче оценки уровней травматизма (см. таблицу 3.13), минимально различимы – это средние уровни травматизма в металлургическом и прокатном производствах ($T_M - T_{II} \approx 0,41$). При оценке выборочной дисперсий $\hat{\sigma}^2 = S^2 = 1,189$ и заданном $\alpha < 0,05$ по таблице функции Лапласа [140] $\Phi(U_\alpha) = \frac{1}{2} - \alpha$ определяем квантиль $U_\alpha = 1,65$. Придавая значение β равные 2α и α аналогично по таблице Лапласа определяем квантили $U_{\beta=2\alpha} = 1,29$ и $U_{\beta=\alpha} = 1,65$ для уровня $\Phi(U_\beta) = \frac{1}{2} - \beta$. Исходя из зависимости

$$U_\beta = \frac{(a_1 - a_0)\sqrt{n}}{\sigma} - U_\alpha \quad (3.8)$$

необходимый объем выборок равен 61 и 77 соответственно. При $n=80$ ошибка второго рода $\beta = 0,0436 < \alpha$. Откуда следует целесообразным принять объем выборки $n=80$.

Для проверки однородности исследуемой выборки использовали М-статистику Бартлетта в силу того, что количество данных в подвыборках различалось.

Гипотеза **Ошибка! Закладка не определена.** $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma^2$ основана на статистике $M = N \cdot \ln\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k \nu_i \cdot S_i^2\right) - \sum_{i=1}^k \nu_i \cdot \ln S_i^2$ при ограничении на числа степеней свободы $\nu_i > 3$, где k – число групп, $N = \sum_{i=1}^k \nu_i$. В нашем случае $M = 0,19021799 < m(\alpha)$ для любых критических значений $m(\alpha) \in (5,99; 7,22)$ при числе групп $k=3$. Следовательно, гипотеза об однородности дисперсий подтверждается на уровне значимости $\alpha=0,05$, что также явилось предпосылкой использования статистических мето-

дов для обработки данных. Кроме того, установлено на основании проведенного дисперсионного анализа (таблица 3.14), что средние уровни степеней тяжести травм для исследуемых производственных групп значимо различаются. В соответствии с данными таблицы эмпирическое значение критерия Фишера при степенях свободы 2 и 77 для соответствующих дисперсий факториальной и случайной на уровне значимости $\alpha=0,05$ больше табличного.

Таблица 3.14 - Дисперсионный анализ травматизма по факториальному признаку условий труда

Эффект	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Оценка дисперсии	Критерий Фишера	Уровень значимости
Факториальный признак	7,4500	2	3,7250	3,3159	0,041552
Ошибка	86,5000	77	1,1234	-	-
Общий	93,9500	79	-	-	-

Следуя цели данной работы для моделирования связи травматизма и условий труда обоснуем необходимость перехода от корреляционно-регрессионного метода анализа к каноническому. Как правило, качество регрессионной модели характеризуется долей объясняемой дисперсии отклика, определяемой на уровне значимости $\alpha \leq 0,05$, оценкой величины R^2 и числом значимых регрессоров для данного отклика. В таблице 3.15 сведены вычисленные оценки коэффициентов множественной корреляции R и коэффициентов детерминации R^2 по каждому отклику в зависимости от включаемых факторов при пошаговом режиме построения регрессии; результаты приведены для двух вариантов ортогонального базиса факторного пространства.

По данным таблицы 3.15, рассматривая пошаговый ввод регрессоров F_j , $j = \overline{1;4}$ в модель с откликами T_i , $i = \overline{1;4}$, отмечаем следующее.

- Включаемые в модель регрессоры располагаются по убыванию (по модулю) коэффициентов корреляции $|r_{ij}|$, что обусловлено ортогональностью фактор-

ного пространства, т.к. в этом случае другие критерии ввода (толерантность и частная корреляция) утрачивают свою силу. При этом число вводимых регрессоров (до автоматического останова) определяется лишь статистической значимостью (на уровне значимости $\rho \leq 0,05$) регрессора для конкретного отклика.

Таблица 3.15 - Изменение степени тесноты связи R и детерминации R^2 для разных вариантов моделирования регрессии

	№ шага	R	R^2	Критерий Фишера (F (k-1; N-(k-1)))	Уровень значимости (p)	Введенные факторы
Моделирование регрессии для исходного базиса (F01-F04)						
T1	1	0,241	0,058	F(1; 78)=4,80	0,031446	F03
	4	0,252	0,063	F(4; 75)=1,27	0,29033	F03, F02, F01, F04
T2	1	0,360	0,129	F(1; 78)=11,58	0,001056	F03
	2	0,421	0,177	F(2; 77)=8,28	0,000554	F03, F01
	4	0,428	0,183	F(4; 75)=4,21	0,00395	F03, F01, F04, F02
T3	1	0,516	0,266	F(1; 78)=28,28	0,000001	F01
	4	0,523	0,274	F(4; 75)=7,07	0,00007	F01, F04, F02, F03
T4	1	0,212	0,045	F(1; 78)=3,66	0,059536	F01
	2	0,286	0,082	F(2; 77)=3,42	0,037775	F01, F04
	3	0,329	0,108	F(3; 76)=3,07	0,032871	F01, F04, F02
	4	0,339	0,115	F(4; 75)=2,43	0,05462	F01, F04, F02, F03
Моделирование регрессии для повернутого базиса (F1-F4)						
T1	1	0,186	0,035	F(1; 78)= 2,79	0,099024	F3
	2	0,220	0,049	F(2; 77)=1,96	0,147226	F3, F2
	3	0,250	0,062	F(3; 76)=1,68	0,177403	F3, F2, F4
	4	0,252	0,063	F(4; 75)=1,27	0,29033	F3, F2, F4, F1
T2	1	0,252	0,064	F(1; 78)=5,30	0,024007	F4
	2	0,346	0,120	F(2; 77)=5,23	0,007444	F4, F3
	3	0,412	0,170	F(3; 76)=5,19	0,002580	F4, F3, F2
	4	0,428	0,183	F(4; 75)=4,21	0,003955	F4, F3, F2, F1
T3	1	0,363	0,132	F(1; 78)=11,83	0,000936	F1
	2	0,496	0,246	F(2; 77)=12,58	0,000019	F1, F2
	3	0,515	0,265	F(3; 76)=9,14	0,000031	F1, F2, F3
	4	0,523	0,274	F(4; 75)=7,07	0,00007	F1, F2, F3, F4
T4	1	0,264	0,069	F(1; 78)=5,83	0,018143	F2
	2	0,326	0,106	F(2; 77)=4,57	0,013330	F2, F4
	4	0,339	0,115	F(4; 75)=2,43	0,05462	F2, F4, F1, F3

- Качественные параметры модели (R и R^2) при вводе новых факторов, как правило, улучшаются. При этом эмпирический F-критерий Фишера, зависящий от числа k вводимых факторов и объема исследуемой выборки n , остается статистически значимым за исключением модели с откликом $T1$ и только в случае ввода статистически незначимых факторов для данного отклика.

- Последовательности ввода регрессоров в двух исследуемых базисах (рациональных для данной задачи) имеют некоторое различие (см. последнюю колонку таблицы 3.15). Причем базис, повернутый относительно исходного при использовании Varimax – критерия [139], оказался более эффективным для числа автоматически включенных в модели факторов.

- Одновременное включение в модель по травматизму всех исследуемых факторов незначительно улучшает характеристики качества моделей (R и R^2) по сравнению с моделями в которых включены только статистически значимые факторы. Однако в этом случае мы получаем предельно допустимую связь исследуемых факторов с конкретным откликом по травматизму.

- Очевидно, что по каждому отклику предельно допустимые параметры качества модели (R и R^2) для разных базисов ортогональной структуры факторов совпадают, изменяются лишь вклады (коэффициенты регрессии) отдельных факторов в конкретный отклик. Предельный уровень параметров R и R^2 для отдельных откликов травматизма определяется лишь количеством и качеством первичной информации об условиях труда, т.к. сами факторы (латентные переменные) определены в пространстве первичных факториальных признаков.

Таким образом, в случае корреляционно - регрессионного метода анализа при большом числе входных признаков (условий труда) и многомерном отклике (признаки травматизма) даже для регрессии на главных компонентах не представляется возможным извлечь долю объясняемой дисперсии с большим весом. Для всех случаев анализа откликов коэффициент детерминации колеблется в интервале $0,06 < R^2 < 0,27$, или иначе коэффициент множественной корреляции – $0,24 < R < 0,52$.

Результаты регрессионного анализа для откликов всех откликов по травматизму представлены в таблицы 3.16-3.19 соответственно.

В таблицах 3.16-3.19 приведены значения коэффициентов регрессии для модели со свободным членом по каждому фактору, ошибки этих коэффициентов, и оценки их значимости по t-критерию Стьюдента на соответствующем уровне значимости в последующих столбцах.

Таблица 3.16 - Итоги регрессионного анализа исходных данных с откликом T1

	Нормированный коэффициент регрессии	Стандартная ошибка нормированного коэффициента регрессии	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка коэффициента регрессии	Критерий Стьюдента (t(75))	Уровень значимости
Свободный член			0,292750	0,019384	15,10279	0,000000
F1	0,031131	0,111755	0,005434	0,019506	0,27857	0,781344
F2	-0,118496	0,111755	-0,020683	0,019506	-1,06032	0,292402
F3	-0,185746	0,111755	-0,032421	0,019506	-1,66209	0,100669
F4	-0,117503	0,111755	-0,020509	0,019506	-1,05144	0,296434

По данным таблиц 3.16-3.19 были получены уравнения регрессии на главных компонентах для 4 откликов по травматизму, которые соответственно имеют вид:

$$T1=0,29-0,032 \cdot F3 \quad (3.9)$$

$$T2=1,2750+ 0,1129 \cdot F2 +0,1188 \cdot F3+ 0,1267 \cdot F4 \quad (3.10)$$

$$T3=0,32-0,068 \cdot F1-0,064 \cdot F2 \quad (3.11)$$

$$T4=3,05 - 0,28 \cdot F2 + 0,20 \cdot F4. \quad (3.12)$$

Таблица 3.17 - Итоги регрессионного анализа исходных данных с откликом T2

	Нормированный коэффициент регрессии	Стандартная ошибка нормированного коэффициента регрессии	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка коэффициента регрессии	Критерий Стьюдента (t(75))	Уровень значимости
Свободный член			1,275000	0,052108	24,46833	0,000000
F1	-0,115636	0,104347	-0,058110	0,052437	-1,10819	0,271320
F2	0,224705	0,104347	0,112920	0,052437	2,15344	0,034498
F3	0,236436	0,104347	0,118815	0,052437	2,26587	0,026345
F4	0,252217	0,104347	0,126746	0,052437	2,41711	0,018075

Таблица 3.18 - Итоги регрессионного анализа исходных данных с откликом T3

	Нормированный коэффициент регрессии	Стандартная ошибка нормированного коэффициента регрессии	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка коэффициента регрессии	Критерий Стьюдента (t(75))	Уровень значимости
Свободный член			0,324219	0,018468	17,55556	0,000000
F1	-0,362961	0,098402	-0,068551	0,018585	-3,68855	0,000425
F2	-0,338467	0,098402	-0,063924	0,018585	-3,43963	0,000955
F3	0,137001	0,098402	0,025875	0,018585	1,39226	0,167959
F4	-0,093317	0,098402	-0,017624	0,018585	-0,94832	0,346013

Таблица 3.19 - Итоги регрессионного анализа исходных данных с откликом T4

	Нормированный коэффициент регрессии	Стандартная ошибка нормированного коэффициента регрессии	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка коэффициента регрессии	Критерий Стьюдента (t(75))	Уровень значимости
Свободный член			3,050000	0,115096	26,49955	0,000000
F1	0,080274	0,108635	0,085585	0,115822	0,73894	0,462252
F2	-0,263615	0,108635	-0,281058	0,115822	-2,42663	0,017642
F3	0,048539	0,108635	0,051751	0,115822	0,44681	0,656298
F4	0,191301	0,108635	0,203959	0,115822	1,76096	0,082321

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

Значимость коэффициентов детерминации R_j^2 для соответствующих j-откликов оценивалась по F-критерию Фишера на уровне значимости $\alpha = 0,05$,

$$F = \frac{\frac{R^2}{(k-1)}}{\frac{(1-R^2)}{(n-k)}}, \quad (3.13)$$

где $(k-1)$ и $(n-k)$ - степени свободы для детерминированной и случайной дисперсии;

k - число факторов введенных в регрессионную модель.

Так, например, для отклика Т2 эмпирическое значение $F(3;76) = 5,1890 > F_{\text{таб.}}(3;76)=2,71$ [140], степень детерминации $R^2 = 0,17$ при $\alpha = 0,026$. Аналогично и для всех остальных откликов. Следовательно, коэффициент детерминации, а также и коэффициент множественной корреляции R_j статистически значимы и регрессионные модели адекватны.

3.4 КАНОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНОЙ СВЯЗИ ТРАВМАТИЗМА И УСЛОВИЙ ТРУДА

Травматизм – многозначное понятие, в данной работе мы рассматриваем лишь 4 его характеристики, которые, как правило, протоколируются в каждом происшествии, а условия труда еще 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 [181].

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

$$U = \sum_{j=1}^k \alpha_j F_j = \alpha^T F \quad (3.14)$$

и

$$V = \sum_{j=1}^q \beta_j T_j = \beta^T T, \quad (3.15)$$

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

$$\rho_{UV} = \frac{\text{Cov}(U, V)}{\sqrt{D(U) \cdot D(V)}} = \frac{\sigma_{UV}}{\sqrt{\sigma_{UU} \cdot \sigma_{VV}}}, \quad (3.16)$$

где σ_{UV} - ковариации,

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

Для удобства рассмотрения этой связи представим полную матрицу ковариаций для массивов F и T в виде

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \Sigma_{FF} & \Sigma_{FT} \\ \Sigma_{TF} & \Sigma_{TT} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & \Sigma_{22} \end{pmatrix}, \quad (3.17)$$

где Σ_{11} - ковариационная матрица 1-группы признаков,

Σ_{22} - ковариационная матрица 2-группы признаков,

$\Sigma_{12} = \Sigma_{21}$ - ковариационная матрица, характеризующая связь признаков 1 и 2 групп.

Тогда

$$\rho_{UV} = \frac{\alpha^T \Sigma_{12} \beta}{\sqrt{(\alpha^T \Sigma_{11} \alpha) \cdot (\beta^T \Sigma_{22} \beta)}}, \quad (3.18)$$

причем для стандартизованных систем U и V , когда математическое ожидание $M(U) = M(V) = 0$, а дисперсия $\sigma_U^2 = \alpha^T \Sigma_{11} \alpha = 1$ и $\sigma_V^2 = \beta^T \Sigma_{22} \beta = 1$, откуда $\rho_{UV} = \alpha^T \Sigma_{12} \beta$ и в виду симметрии матрицы Σ получим $\alpha^T \Sigma_{12} \beta = \beta^T \Sigma_{21} \alpha$. Задача поиска $\max \rho_{UV}$ является задачей на условный экстремум функции нескольких переменных и решается с помощью метода множителей Лагранжа, исходя из которого определяется первичная система уравнений

$$\begin{cases} -\lambda \Sigma_{11} \alpha + \Sigma_{12} \beta = 0 \\ \Sigma_{21} \alpha - \lambda \Sigma_{22} \beta = 0 \end{cases} \quad (3.19)$$

или в матричном виде

$$\begin{pmatrix} -\lambda \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & -\lambda \Sigma_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = 0, \quad (3.20)$$

где α и β - искомые векторы,

λ - множители Лагранжа.

В алгоритме численного решения данной задачи, реализованного в программе STATISTICA, используется не первичная, а преобразованная система вида

$$\begin{cases} (\Sigma_{11}^{-1} \Sigma_{12} \Sigma_{22}^{-1} \Sigma_{21} - \lambda^2 E) \cdot \alpha = 0 \\ (\Sigma_{22}^{-1} \Sigma_{21} \Sigma_{11}^{-1} \Sigma_{12} - \lambda^2 E) \cdot \beta = 0 \end{cases}, \quad (3.21)$$

где E – единичные матрицы соответствующих размеров $k \times k$ при вычислении вектора α и $q \times q$ при вычислении вектора β , λ^2 – собственные числа (корни) характеристических уравнений преобразованной матричной системы.

Корни $\lambda_1^2, \lambda_2^2, \dots, \lambda_q^2$ определяются из характеристических уравнений $\det(\Sigma_{11}^{-1}\Sigma_{12}\Sigma_{22}^{-1}\Sigma_{21} - \lambda^2 E) = 0$ или $\det(\Sigma_{22}^{-1}\Sigma_{21}\Sigma_{11}^{-1}\Sigma_{12} - \lambda^2 E) = 0$, где индекс $q = \min\{\text{rank}(\Sigma_{11}, \Sigma_{22})\}$.

Из приведенного ранее определения линейной связи канонических переменных ρ_{UV} и ограничений на дисперсию этих переменных, а также из первичной системы уравнений, полученных методом Лагранжа, устанавливается смысл $\lambda_i = \sqrt{\lambda_i^2}$ – это коэффициент корреляции i – пары канонических переменных U_i и V_i . Значения величин канонической корреляции по каждому корню решений представлены на рисунок 3.2

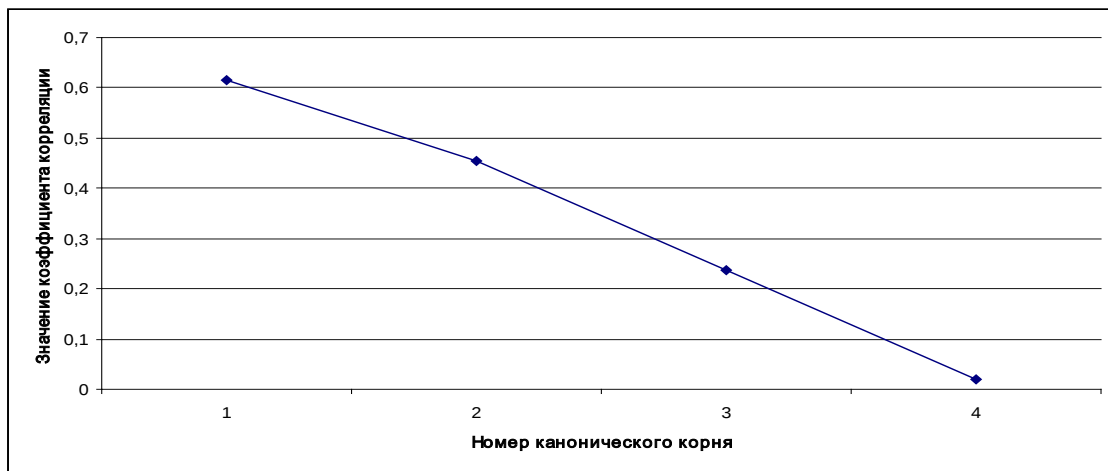


Рисунок 3.2 - Коэффициенты канонической корреляции

Статистические достоверности вычисленных значений собственных чисел приведены в таблице 3.20.

Из таблице 3.20 следует, что только 2 линейно независимых решения оказались статистически значимы: эмпирический χ^2 -критерий $> \chi_{табл}^2$ на уровне значимости $p < 0,05$ [140]. Каждому собственному числу λ_i^2 , $i = \overline{1; q}$ соответствует пара

собственных векторов α_i и β_i , вычисляемых из соответствующих уравнений преобразованной системы.

Таблица 3.20 - Оценка статистически значимых определяемых корней λ_i^2 по χ^2 критерию

Номер корня	Коэффициент корреляции R	Квадрат коэффи- циента корреля- ции R^2	Критерий Ошибка! Закладка не опре- делена. χ^2	Число сте- пеней сво- боды df	Уровень значимости p
1	0,615631	0,379001	57,07287	16	0,000002
2	0,454442	0,206518	21,57910	9	0,010331
3	0,237287	0,056305	4,34545	4	0,361288
4	0,019388	0,000376	0,02801	1	0,867086

Канонические веса для соответствующих наборов переменных по каждому корню приведены в таблице 3.21.

Таблица 3.21 - Канонические веса по двум массивам F и T для всех определяемых корней

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

Данные таблицы 3.21 показывают, какие конкретно исходные признаки определяют в большей степени ту или иную i -пару канонических переменных U_i и V_i исходя из абсолютных весов вычисленных координат векторов α_i и β_i .

Таким образом, установлено, что максимальная связь между условиями труда и травматизмом принимает значение $\max \rho_{UV} = 0,6156$ и обусловлена в основном признаками F1 и T3, T2. При этом 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. Для наглядности максимальная корреляционная связь многомерных массивов F (факторизованных условий труда) и T (травматизма) показана на рисунке 3.3

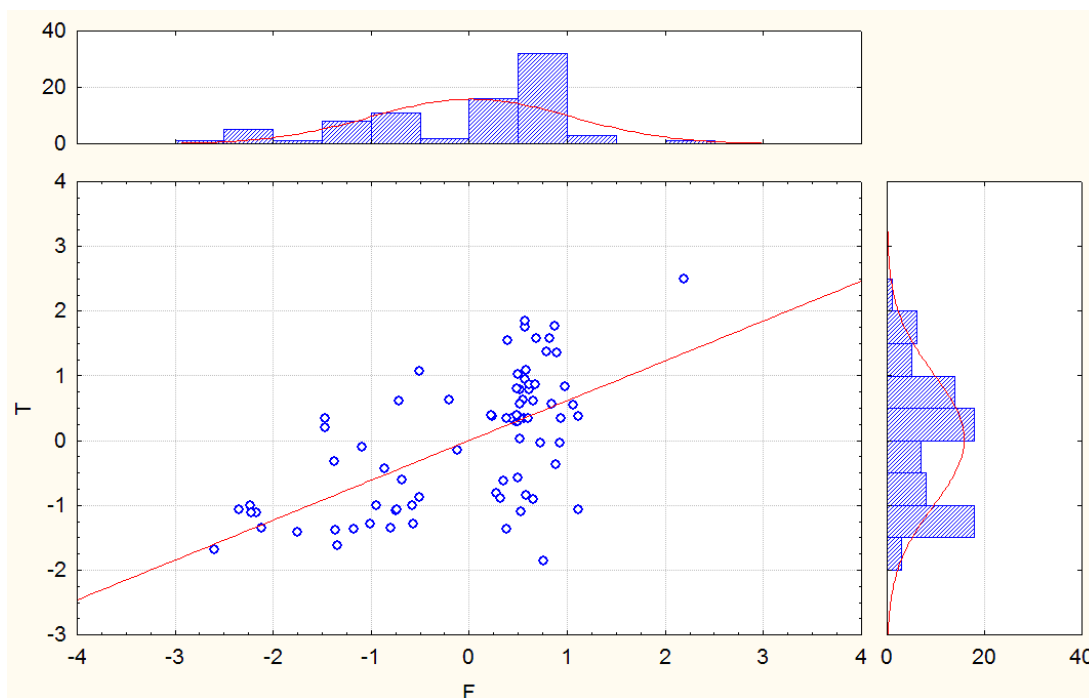


Рисунок 3.3 - Корреляционное поле канонических переменных, совмещенное с гистограммой распределения данных по ним [179]

При завершении целевого исследования обращаем также внимание на практически одинаковую информационную ценность исследуемых массивов F и T. В силу принятых в каноническом анализе ограничений на дисперсию $\sigma_U^2 = \sigma_V^2 = 1$ видим, что весьма трудно установить какая часть дисперсии переменной U объясняется переменной V, и наоборот. Иными словами величина ρ^2 не позволяет установить долю дисперсии извлеченной каждой канонической переменной в отдельности в силу равенства их дисперсий. Однако установить это можно косвенным путем, используя коэффициенты факторной структуры. Учитывая, что ρ_{UV}^2 - это сте-

пень детерминации совокупностей признаков двух массивов данных F и T , можно предположить, что

$$U = W_U F \text{ и } V = W_V F, \quad (3.22)$$

где $F = (F_1, \dots, F_c)$ - вектор общих факторов, $c \leq q$,

W_U и W_V - матрицы нагрузочных коэффициентов.

Тогда ковариационные матрицы

$$\Sigma_{11} = W_U W_U^T, \quad (3.23)$$

$$\Sigma_{22} = W_V W_V^T \quad (3.24)$$

и

$$\text{Cov}(U, V) = \Sigma_{12} = W_U W_V^T, \quad (3.25)$$

т.е. связь U и V возникает лишь под влиянием общих факторов (или главных компонент) в обоих массивах. Принимая во внимание, что $c \leq \min(\text{rank} W_U, W_V)$, заключаем, что целесообразно оставить число $c \leq \text{rank} \Sigma_{12}$. Тогда можно сопоставлять искомые факторные нагрузки с соответствующими каноническими весами по всем вычисляемым корням для содержательной интерпретации связи массивов F и T . Матрицы нагрузочных коэффициентов W_U и W_V по всем 4 корням представлены в таблице 3.22.

Известно [141], что коэффициенты факторной структуры ω_{ij} представляют собой коэффициенты корреляции между i – канонической переменной и j – исходной переменной в соответствующем множестве данных. Поэтому возведенная в квадрат нагрузка есть доля дисперсии, объясняемая каждой переменной в канонической переменной соответствующего множества. Тогда для каждого корня λ_i^2

можно определить среднее значение $\overline{\sigma_i^2}$, т.е. среднее значение объясняемой дисперсии в соответствующем множестве исходных переменных, отражаемых каноническими переменными U_i и V_i :

$$\overline{\sigma^2(U_i)} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \omega_{ij}^2 \quad (3.26)$$

и

$$\overline{\sigma^2(V_i)} = \frac{1}{q} \sum_{j=1}^q \omega_{ij}^2, \quad (3.27)$$

где ω_{ij} - нагрузочные коэффициенты i – фактора на j – признак в соответствующей группе данных;

k и q – число переменных в этих группах.

Таблица 3.22 - Факторная структура массивов F и T по всем определяемым корням

Номер корня	F01	F02	F03	F04	T1	T2	T3	T4
1	0,964085	-0,160135	-0,199874	-0,070330	0,148673	0,476499	0,819478	-0,324899
2	0,197583	-0,100344	0,927554	0,300891	-0,464262	-0,677814	0,249152	-0,423862
3	-0,102320	-0,589332	-0,284935	0,749020	0,425849	0,204049	-0,336732	-0,818952
4	0,145021	0,785478	-0,136036	0,586078	-0,762240	0,521422	-0,391140	-0,209999

В программе STATISTICA® для каждого корня $\lambda_i^2 = \rho_i^2$ автоматически вычисляются функции $Redund(\alpha_i^T F) = \overline{\sigma^2 U_i} \cdot \lambda_i^2$ и $Redund(\beta_i^T T) = \overline{\sigma^2 V_i} \cdot \lambda_i^2$ (см. таблицу 3.23), устанавливающие меру «избыточности» (от англ. Redundancy), одного массива данных в сравнении с другим.

Данные таблицы 3.23 показывают, что используемые в пассивном эксперименте массивы F и T по информационной ценности оказались равнозначными.

Таблица 3.23 - Доли извлеченной дисперсии и мера избыточности по всем найденным корням массивов F и T

Номер корня	Массив F				Массив T			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Извлеченная дисперсия	0,25000	0,25000	0,25000	0,25000	0,25657	0,22918	0,25176	0,26250
Избыточность	0,09475	0,05163	0,01408	0,00009	0,09724	0,04733	0,01418	0,00010

3.5 КАНОНИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ ТРАВМАТИЗМА И ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

Проблемы взаимоотношений человеческого общества и окружающей среды в обозримом будущем являются самыми острыми. Поэтому экологический подход становится необходимым при решении производственных, демографических и других задач, которые связаны с деятельностью людей, с так называемым «человеческим фактором» [179].

Проведенная выше работа по факторизации условий труда на основе результатов специальной оценки условий труда (аттестации рабочих мест) электротехнического персонала в цехах предприятий металлургического комплекса, позволила установить, что регрессионные и канонические модели для отдельных откликов травматизма на условия труда не в полной мере отражает все аспекты производственного травматизма. При этом необходимо обратить внимание на человеческий фактор, т.к. в момент происшествия обычно фиксируется некоторое количество индивидуальных характеристик пострадавшего. В этой связи была предпринята попытка выявить, какова роль человеческого фактора в негативных событиях с признаками травматизма и потерь здоровья, и какова степень детерминированности системы человека в производственной среде [179].

Для решения поставленной задачи предстояло выяснить, какова корреляция ρ и степень детерминации ρ^2 между человеческим фактором и производственным травматизмом [179].

Массив «Человеческий фактор (М)» включает в себя:

М1 - временная характеристика (представлена, как эффект взаимодействия дня недели (M_w), оцифрованных в последовательности 1 – 7, т.е. $M1 = M_t \cdot M_w$), и времени суток (M_t),

М2 - профессия (кодированная по уровням обслуживаемого производства: 1 – прокатное, 2 – металлургическое, 3 – персонал, обслуживающий вспомогательные цеха и производства, 4 – горно-обогатительное производство),

М3 - возрастная характеристика (определена, как отношение возраста пострадавшего к его стажу работы на данной профессии (ввиду наличия корреляционных связей (0,4966) между показателями: возраст пострадавшего и стаж)) [179].

Результаты первичной обработки исходных данных приведены в таблицах 3.24 и 3.25.

Таблица 3.24 - Основные числовые характеристики используемых признаков

	Среднее значение	Доверительный интервал		Минимум	Максимум	Дисперсия	Стандартное отклонение
		-95%	+95%				
М1	45,5406	36,9348	54,1464	1,190000	166,250	1495,43960	38,6709
М2	1,7875	1,5789	1,9961	1,000000	4,000	0,87832	0,9372
М3	170,3598	-21,9823	362,7020	1,708738	6000,000	747027,20137	864,3074
Т1	0,2928	0,2539	0,3316	0,080000	0,850	0,03047	0,1745
Т2	1,2750	1,1632	1,3868	1,000000	3,000	0,25253	0,5025
Т3	0,3242	0,2822	0,3662	0,012500	0,512	0,03567	0,1889
Т4	3,0500	2,8127	3,2873	1,000000	4,000	1,13671	1,0662

Полный целевой анализ многомерного массива данных объемом $n=80$, объединяющего два блока данных М и Т был выполнен в системе STATISTIKA® [139]. В основу положен метод многомерной статистики – канонический анализ [179].

Таблица 3.25 - Корреляционная матрица

	M1	M2	M3	T1	T2	T3	T4
M1	1,00	-0,13	-0,13	0,06	-0,22	0,26	-0,07
M2	-0,13	1,00	-0,14	-0,21	-0,01	-0,28	0,07
M3	-0,13	-0,14	1,00	0,21	0,23	-0,16	-0,31
T1	0,06	-0,21	0,21	1,00	0,07	0,16	-0,04
T2	-0,22	-0,01	0,23	0,07	1,00	-0,05	-0,14
T3	0,26	-0,28	-0,16	0,16	-0,05	1,00	-0,01
T4	-0,07	0,07	-0,31	-0,04	-0,14	-0,01	1,00

Поиск корней характеристических уравнений с помощью системы

$$\begin{cases} -\lambda \Sigma_{11} \alpha + \Sigma_{12} \beta = 0 \\ \Sigma_{21} \alpha - \lambda \Sigma_{22} \beta = 0 \end{cases} \quad (3.28)$$

или

$$\text{Ошибка! Закладка не определена.} \begin{pmatrix} -\lambda \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & -\lambda \Sigma_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = 0 \quad (3.29)$$

затруднителен, т.к. матричные коэффициенты, вошедшие в данную систему, в нашем случае имеют неодинаковую размерность, **Ошибка! Закладка не определена.** **Ошибка! Закладка не определена.** $k \neq q$, где $k = 3$, $q = 4$. Поэтому в алгоритме поиска решений используется преобразованная система: **Ошибка! Закладка не определена.**

$$\begin{cases} (\Sigma_{11}^{-1} \Sigma_{12} \Sigma_{22}^{-1} \Sigma_{21} - \lambda^2 E) \alpha = 0 \\ (\Sigma_{22}^{-1} \Sigma_{21} \Sigma_{11}^{-1} \Sigma_{12} - \lambda^2 E) \beta = 0 \end{cases}, \quad (3.30)$$

где **Ошибка! Закладка не определена.** E -единицы матрицы размера $k \times k$ и $q \times q$ в соответствующих уравнениях преобразованной системы.

При этом определяются собственные числа λ^2 , а не λ , как это было в исходной системе.

Совокупность всех определяемых коэффициентов корреляции ρ_i , $i=1,2,3$ представлена на рисунке 3.4. Каждый из определяемых корней $\lambda_i^2 = \rho_i^2$ был проверен на статистическую значимость, исходя из χ^2 - статистики, представленной в таблице 3.26 [179].

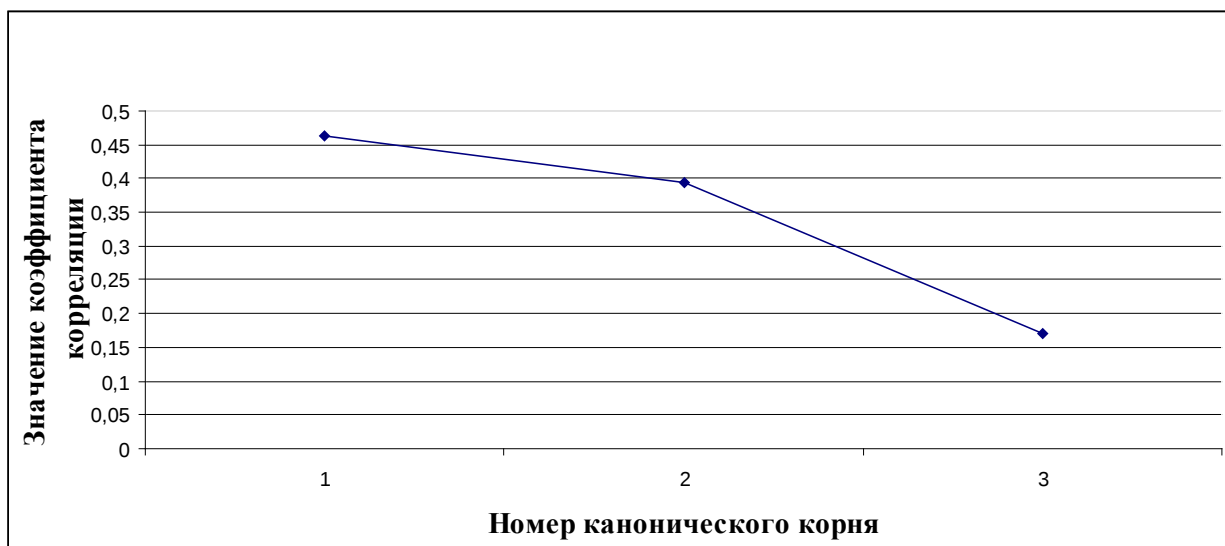


Рисунок 3.4 - Коэффициенты канонической корреляции для массивов М и Т

Таблица 3.26 - 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
---	----------	----------	---------	---	----------	----------

В таблице 3.26 приведены также значения Λ – статистики, используемой в алгоритме Бартлетта для проверки значимости [140] вычисляемых λ_i^2 корней на основе χ^2 -статистики:

$$\chi^2[(k-p)(q-p)] = -\left[n-1-p-\frac{1}{2}(k+q+1)\right] \ln \Lambda_p, \quad (3.31)$$

где $p = 0, 1, 2$; $\Lambda_p = \prod_{i=p+1}^k (1 - \hat{\lambda}_i^2)$.

Сравнивая расчеты χ^2 -статистики, представленные в таблице 3.26, с критическими $\chi_{\alpha}^2 = \chi_{\alpha}^2$ при $\alpha = 0,05$ и заданном числе степеней свободы $(k-p)(q-p)$ для первого корня $\chi^2(12) = 33,10434$ $\chi_{\alpha}^2(12) = 21,026$, для второго корня $\chi^2(6) = 14,92781$ $\chi_{\alpha}^2(6) = 12,59$, а для третьего корня $\chi^2(2) = 2,21832$ $\chi_{\alpha}^2(2) = 5,991$. Таким образом, первые два корня обладают статистической значимостью.

В таблице 3.27 для всех корней (собственных чисел) представлены соответствующие им координаты собственных векторов (канонические веса).

Таблица 3.27 - Канонические веса каждого признака массивов М и Т, вычисленные для каждого корня

Номер корня	М1	М2	М3	Т1	Т2	Т3	Т4
1	0,407705	-0,318713	-0,827300	-0,231588	-0,494810	0,715919	0,369796
2	-0,513518	0,603489	-0,525775	-0,586573	0,076818	-0,446642	0,589400
3	0,780894	0,759094	0,286777	-0,245713	-0,761950	-0,330682	-0,610783

Интерпретация весовых коэффициентов, вычисленных для стандартизованных переменных U и V , может быть схожа с интерпретацией коэффициентов множественной регрессии, чем больше абсолют-

ное значение канонического веса, предписываемого признаку (регрессору), тем больше его абсолютный вклад в каноническую переменную [179].

Возможна также интерпретация схожая с той, как в факторном анализе интерпретируют нагрузки, - чем больше абсолютное значение канонического веса, тем больше теснота связи данной переменной (исходного признака) с канонической переменной. Однако последнюю интерпретацию следует уточнить [179].

Векторы факторных нагрузок w_u и w_v (факторная структура) в системе STATISTIKA® [139] вычисляется автоматически для всех определяемых корней λ_i^2 , результаты приведены в таблице 3.28.

Сравнивая статистические данные таблиц 3.27 и 3.28 наблюдаем, их идентичность по распределению канонических весов и факторных нагрузок, определяемых для обоих массивов. Распределение этих характеристик (вкладов) по убыванию их модулей следующее. Для первого корня: (М3, М1, М2) и (Т3, Т2, Т4, Т1). Для второго корня: (М2, М3, М1) и (Т4, Т1, Т3, Т2) [179].

Таблица 3.28 - Факторная структура для определяемых корней по массивам М и Т

Номер корня	М1	М2	М3	Т1	Т2	Т3	Т4
1	0,555750	-0,255749	-0,836344	-0,168353	-0,602020	0,698760	0,440432
2	-0,521191	0,741046	-0,542334	-0,676377	-0,029298	-0,553169	0,608139
3	0,647690	0,620840	0,080015	-0,331493	-0,675463	-0,322798	-0,486482

Таким образом максимально возможная корреляция $\rho_1 = 0,4639$ между двумя многомерными признаками М (человеческий фактор) и Т (производственный травматизм) определяется в основном вкладами М3 (отношение возраста пострадавшего к его стажу на данном рабочем месте) и Т3 (вероятность возникновения негативного события), а другой статистически значимый уровень связи $\rho_2 = 0,3948$ обеспечивается в основном вкладами признаков М2 (профессия, ранжированная по

уровням обслуживаемого производства) и Т4 (степень тяжести травм, ранжированная по уровням снижения потерь здоровья), а также Т1 (суммарная вероятность причин возникновения несчастного случая) [179].

Для наглядности график канонической связи переменных $U(M)$ и $V(T)$ при $\rho_2 = 0,3948$ представлен на рисунке 3.5.

Очевидно, что корреляционное поле (см. рисунок 3.5) канонических переменных U_2 и V_2 «вытянуто» вдоль предполагаемой линии регрессии, $V(T) = 0,3948U(M)$. В центре этого поля имеется «сгусток» двумерных точек, «излишки» которых образуют небольшой положительный эксцесс на обеих гистограммах [179].

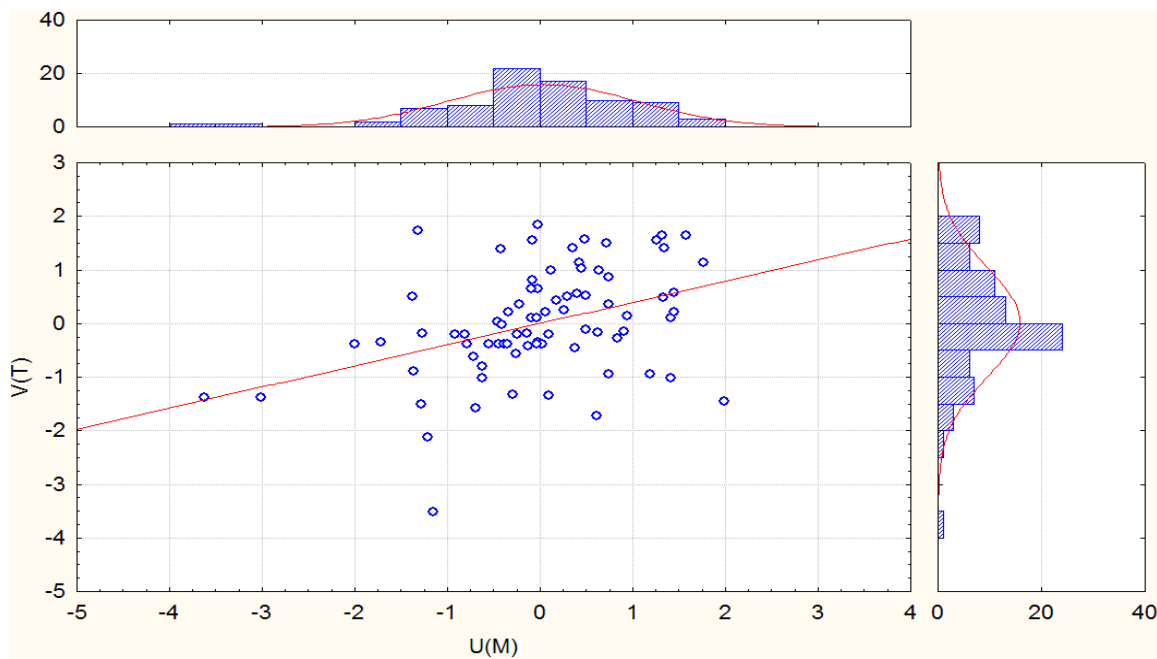


Рисунок – 3.5 - Корреляционное поле канонических переменных, совмещенное с гистограммой распределения данных по ним.

Принимая во внимания, что найденные варианты значимых решений $\rho_1 = 0,4639$ и $\rho_2 = 0,3948$ практически мало различаются и с учетом независимости этих решений можно использовать полученные канонические связи для упрежде-

ния признаков травматизма T_j , $j = \overline{1, q}$ по признакам человеческого фактора M_i , $i = \overline{1, k}$ [179].

На основании приведенных выше формул были получены числовые характеристики, которые показывают, что массив М имеет преимущества по суммарной величине извлеченной дисперсии и суммарной мерой избыточности по сравнению с массивом данных Т, что выражается в процентном соотношении как 100:77,8 и 14,28:10,85 соответственно. Это может означать, что статистические данные по производственному травматизму в большей мере подвергнуты «шумовому» эффекту по сравнению с индивидуальными данными пострадавшего [179].

ВЫВОДЫ:

1. Установлено, что из-за очень 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.

2. Из первичного многомерного массива данных (учтено 13 переменных) выявлено 4 латентных переменных (факторов), позволяющих существенно снизить (в 3 раза) размерность исследуемого пространства, сохранив до 70% его информационной ценности. При этом факторы, используемые в дальнейшем, как регрессоры, фактически будут отражать влияние на отклики всей совокупности переменных.

3. На базе ортогональных переменных (факторов) построены регрессионные модели.

4. С помощью регрессии на главных компонентах определена степень детерминации (5,8%, 18%, 26% и 11% соответственно) для отклика по травматизму на производственных объектах в черной металлургии.

5. Оценка степени влияния условий труда на многомерный отклик по травматизму, полученная методом канонического анализа более эффективна, чем аналогичные оценки, получаемые методом множественной регрессии. Из 4 исследуемых откликов в моделях регрессии на главных компонентах (4 фактора) наибольший коэффициент множественной корреляции $R=0,52$ имела модель для отклика Т3 (вид происшествия), даже такой важный отклик как Т4 (степень тяжести травмы) определился при $R=0,33$, а в многомерном случае – совокупная связь 4 факторов с 4 откликами определилась при $R=0,6156$.

6. Взаимосвязь многомерных признаков травматизма (Т) и человеческого фактора (М) наиболее полно определяется методом канонического анализа по сравнению с методом корреляционно-регрессионного анализа.

7. Влияние 3 признаков массива М на 4 признака массива Т подтверждено на уровне значимости 0,05 и получены два независимых решения $\rho_1 = 0,4639$ и $\rho_2 = 0,3948$, характеризующих два варианта связи, которые можно использовать для упреждения травматизма [179].

8. Установлено также превышение информационной ценности массива М по отношению к массиву Т – это отношение 100:77,8 по извлекаемой дисперсии и 14,3:10,8 по избыточности соответственно, что предполагает наличие случайных возмущений при учете и контроле совокупности признаков производственного травматизма и снижает эффективность его упреждения [179].

4 ПРОФИЛАКТИКА ТРАВМАТИЗМА

4.1 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКА НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КАНОНИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ

На сегодняшний день одним из основных документов, используемым предприятиями различных отраслей по оценке риска повреждения здоровья работников, является Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке риска для здоровья работника. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» [191].

В соответствии с приложением 1 Р 2.2.1766-03 показатели и критерии оценки профессионального риска определяются на основе классов условий труда по руководству Р 2.2.755-99 «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» (табл.4.1).

Федеральный закон №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», вступивший в силу с 1 января 2014 года, определяет степень вредности условий труда по методике отличной от методики представленной в Р 2.2.755-99. Все это разоблачает и усложняет подсчет показателей и критериев оценки риска, ввиду исключения ряда опасных и (или) вредных производственных факторов из оценки условий труда, а также отсутствия в комплексе оценочных параметров фактора травматизма.

Применение выявленных взаимосвязей в системах «Травматизм – Условия труда» и «Травматизм – Человеческий фактор с применением канонического анализа позволит усовершенствовать методику оценки профессионального риска. Предлагаемый подход опирается на использование реальных данных конкретного работника, а также его условий труда (определяемые фактические уровни опасных и (или) вредных производственных факторов) для оценки риска повреждения здоровья производственного персонала.

Таблица 4.1 – Классы (подклассы) условий труда, уровень риска, срочность мер по коррекции уровня риска

Класс условий труда по руководству Р 2.2.755	Индекс профзаболеваний Ипз	Уровень риска	Срочность мер по коррекции уровня риска
Оптимальный - 1	-	Риск отсутствует	Коррекция уровня риска не требуется
Допустимый - 2	< 0,05	Пренебрежимо малый (переносимый) риск	Меры не требуются, но уязвимые лица нуждаются в дополнительной защите
Вредный - 3.1	0,05 - 0,11	Малый (умеренный) риск	Требуется меры по снижению риска
Вредный - 3.2	0,12 - 0,24	Средний (существенный) риск	Требуется меры по снижению риска в определенные сроки
Вредный - 3.3	0,25 - 0,49	Высокий (непереносимый) риск	Требуется неотложные мероприятия для коррекции уровня риска
Вредный - 3.4	0,5 - 1,0	Очень высокий (непереносимый) риск	Запрет осуществления каких-либо видов работ без принятия мер для снижения уровня риска
Опасный (экстремальный)	> 1,0	Сверхвысокий риск и риск для жизни, присущий данной профессии	Работы должны проводиться только по специальным регламентам

Вероятность травмирования на определенном рабочем месте может быть вычислена по формулам:

$$T1 = (0,964085 * F01 - 0,160135 * F02 - 0,199874 * F03 - 0,070330 * F04 - 0,476499 * T2 - 0,819478 * T3 + 0,3248998 * T4) / 0,148679 \quad (4.1)$$

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

или

$$T1 = (0,197583 * F01 - 0,100344 * F02 + 0,927554 * F03 + 0,300891 * F04 + 0,677814 * T2 - 0,249152 * T3 + 0,423862 * T4) / -0,464262 \quad (4.2)$$

при корреляционной связи между условиями труда и травматизмом $\rho_{UV} = 0,4544$.

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

$$T1 = (0,55575 * M1 - 0,255749 * M2 - 0,836344 * M3 + 0,60202 * T2 - 0,69876 * T3 - 0,440432 * T4) / -0,168353 \quad (4.3)$$

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

или

$$T1 = (-0,521991 * M1 + 0,741046 * M2 - 0,542334 * M3 + 0,029298 * T2 + 0,553169 * T3 - 0,608139 * T4) / -0,676377 \quad (4.4)$$

при корреляционной связи между условиями труда и человеческим фактором $\rho_{UV} = 0,3948$.

Исходя из вышесказанного, оценку профессионального риска корректнее проводить исходя из фактических значений вредных и (или) опасных производственных факторов, полученных при проведении специальной оценки условий труда и (или) производственного контроля. Показатели и критерии профессионального риска представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Категории профессионального риска и срочность мер профилактики

Вероятность травмирования	Индекс профзаболеваний ИПЗ	Уровень риска	Срочность мер по коррекции уровня риска
<0,05	-	Риск отсутствует	Коррекция уровня риска не требуется
0,05÷0,1	< 0,05	Пренебрежимо малый (переносимый) риск	Меры не требуются, но уязвимые лица нуждаются в дополнительной защите
0,11 ÷0,2	0,05 - 0,11	Малый (умеренный) риск	Требуются меры по снижению риска
0,21÷0,3	0,12 - 0,24	Средний (существенный) риск	Требуются меры по снижению риска в определенные сроки
0,31÷0,5	0,25 - 0,49	Высокий (непереносимый) риск	Требуются неотложные мероприятия для коррекции уровня риска
0,51÷0,7	0,5 - 1,0	Очень высокий (непереносимый) риск	Запрет осуществления каких-либо видов работ без принятия мер для снижения уровня риска
0,7÷1	> 1,0	Сверхвысокий риск и риск для жизни, присущий данной профессии	Работы должны проводиться только по специальным регламентам

4.2 ВЫБОР ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ РИСКА

В настоящее время существуют два фундаментальных принципа обеспечения безопасности труда:

1. Принцип профилактики (принцип предотвращения), основанный на постоянном (систематическом) выполнении предупреждающих мер, нацеленные на ми-

нимизацию вероятности возникновения негативного события, риска повреждения здоровья, а также профилактику травматизма, аварии, инцидентов.

2. Принцип минимизации последствий от реализации негативного события, при его реализации. Данный принцип основан на соблюдении условий постоянной готовности к ликвидации ущерба при появлении опасности и минимизации ее последствий.

Первым практическим шагом, реализуемым на предприятиях металлургического комплекса, основным на требованиях законодательства Российской Федерации, собственных обязательствах в сфере обеспечения безопасных условий труда задекларированных предприятиям является проведение превентивных мероприятий, направленных на предупреждение вероятности наступления риска повреждения здоровья.

Предупредительные и регулирующие меры осуществляются в соответствии с степенью их приоритетности:

- a) исключение, устранение риска наступления негативного события;
- b) использование организационных и технических мер (применение средств коллективной защиты) для ограничения риска в источнике его зарождения;
- c) применение административных мер для установления ограничения по времени контакта с вредными и (или) опасными производственными факторами, снижение риска повреждения здоровья на этапе проектирования, путем рационального размещения оборудования, оптимизация производственных систем, применение безопасного технологического процесса;
- d) Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, смывающими и защитными кремами и пастами, проведение инструктажей и тренировок по использованию данных средств.

Также для профилактических травматизма и профессиональных заболеваний на металлургических предприятиях внедряют инновационных инженерно-технические решения [165].

Преимущественным направлением работы отдела охраны труда на ПАО «ММК» является упреждение травматизма. Проведенный анализ показал устойчивую связь в триаде «Условия труда – Травматизм – Человеческий фактор». Полученные в пассивном эксперименте модели являются адекватными, статистически значимыми и могут быть использованы в разработке мероприятий по уменьшению травматизма.

Для повышения уровня промышленной безопасности и уменьшения риска травмирования электротехнического персонала в цехах ПАО «ММК» на основе выявленных корреляционных связей необходимо провести выбор методов направленных на снижения частоты и тяжести несчастных случаев. Меры предупреждения травматизма сводятся к устранению непосредственных или способствующих причин его возникновения. Поэтому таких мер также много, как и самих причин.

В соответствии с понятием «стратегическое управление», компоненты которого представлены на рисунке 4.1 для определения основных направлений деятельности в области охраны труда необходимо провести стратегическое планирование, включающее в себя анализ возможностей уменьшения риска (рисунок 4.2) травмирования электротехнического персонала в металлургических цехах.

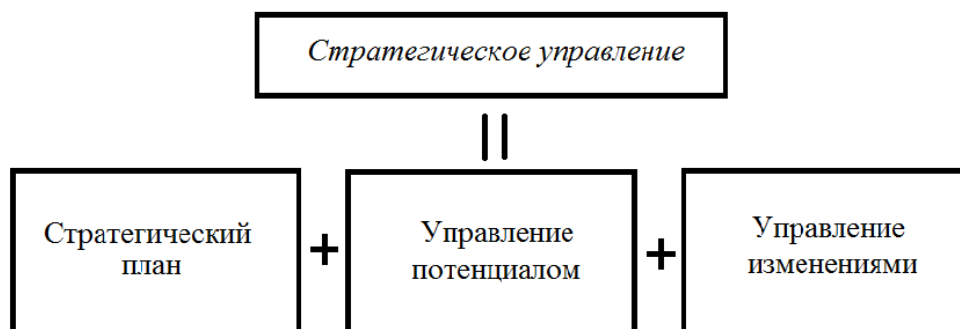


Рисунок 4.1 - Принципы стратегического управления



Рисунок 4.2 – Блок – схема анализа возможности уменьшения риска травмирования

Проведенный анализ компонент (рисунок 4.2) и выявленные корреляционные модели позволяют разработать основные направления деятельности для упреждения травматизма (таблица 4.1).

Рассмотрим более подробно выбранные направления.

Таблица 4.3 – Стратегический план

Направление воздействия	Механизм	Ожидаемый эффект
Улучшение условий труда	Периодическое проведение производственного контроля и специальной оценки условий труда с разработкой плана мероприятий, направленного на уменьшение уровней опасных и вредных производственных факторов	Снижение травматизма
Работа с персоналом	Улучшение качества подготовки персонала, повышение квалификации	Уменьшение риска травмирования за счет повышения квалификации и ответственности работников
	Разработка мотивационных стратегий, повышение мотивации работников	
	Проведение периодического технического обучения	
Добровольное страхование	Если, исходя из технико-экономических ресурсов не возможны улучшения условий труда на рабочих местах, вести добровольное страхование работников с использованием повышающих и/или понижающих коэффициентов, основанных на результатах специальной оценки условий труда (аттестации рабочих мест)	Уменьшение ущерба при инциденте
		Мотивация работодателя на улучшение условий труда с использованием инновационных разработок в области охраны труда

4.3 УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ

В работе были получены уравнения регрессии на главных компонентах «условий труда» для 4 откликов по травматизму, которые соответственно имеют вид:

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

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

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

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

Факторы F_k - представляют собой латентные (скрытые, ненаблюдаемые) переменные, выражаемые через наблюдения (условия труда) посредством весовых коэффициентов w_{jk} . Учитывая данную интерпретацию полученных факторов возможно уменьшение показателей травматизма за счет улучшения условий труда, которое оценивается по средствам результатов специальной оценки условий труда (аттестации рабочих мест) и производственного контроля.

Также, используя результаты канонического анализа, возможна коррекция травматизма с учетом того, что чем больше абсолютное значение канонического веса, предписываемого признаку – регрессору (условия труда), тем больше его абсолютный вклад в каноническую переменную (травматизм) [179] в соответствии с таблицей 3.21. Стоит отметить, что оценка степени влияния условий труда на многомерный отклик по травматизму, полученная методом канонического анализа, более эффективна, чем аналогичные оценки, получаемые методом множественной регрессии (совокупная связь 4 факторов с 4 откликами определилась при $R=0,6156$).

Специальная оценка условий труда [167], производственный контроль [168, 169] - направление в сфере охраны труда, основная задача которого заключается в оценке фактических уровней различных производственных факторов на рабочих местах, сопоставление их с действующими санитарными правилами и нормами, гигиеническими нормативами (предельно допустимой концентрацией, предельно допустимым уровнем) в целях:

- выявления вредных факторов производственной среды, оказывающих негативное воздействие на здоровье работников, определения их количественных характеристик и продолжительности действия на организм человека;

- установления первостепенности осуществления предупредительных мер и оценки их эффективности.

Основными принципами разработки плана мероприятий на основе результатов специальной оценки условий труда являются: принцип активной защиты, связанный с уменьшением уровня и времени негативного воздействия источника опасности, и принцип пассивной защиты, основанный на снижении негативного воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов на организм работника без изменения фактического уровня опасности. К методам обеспечения безопасности относятся:

1) Улучшение условий труда (метод нормализации). Метод представляет собой проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение уровня факторов риска (уменьшение уровней опасных и вредных факторов), включающий в себя следующие мероприятия:

- ✓ усовершенствование технологий производства для уменьшения воздействия на окружающую среду и человека, путем снижения уровней воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- ✓ использование новейшего оборудования, модернизация основных фондов, частичная замена производственных групп с целью соблюдения современных требований нормативно-технической документации;
- ✓ использование передовых разработок в сфере производства средств коллективной защиты для обеспечения оптимальных условий труда и сохранения жизни и здоровья работников;
- ✓ проведение ремонтных и восстановительных работ средств коллективной защиты, используемых на предприятии для повышения эффективности их применения.

2) Защита расстоянием. Идея метода защиты расстоянием состоит в устранении работника из потенциально опасной зоны производства работ. Цель достигается с помощью:

- ✓ устранение возможности попадания человека в опасную зону: ограждение, блокировка, исключение вероятности захвата специальной одежды или частей тела работника движущимися, вращающимися механизмами и элементами оборудования и т.п.;
- ✓ автоматизация производственного процесса, внедрения систем дистанционного управления технологическим оборудованием, замена ручного труда на роботов или манипуляторы;
- ✓ установление минимально возможных расстояний от источника риска повреждения здоровья до оператора.

3) Защита временем. Метод применим при невозможности осуществления по техническим, экономическим или социальным причинам двух предыдущих. Также возможно применение данного метода при не эффективности использования метода нормализации или защиты расстоянием. Принцип «Защита временем» устанавливает максимально возможное время контакта с вредными и (или) опасными производственными факторам, работы в зоне повышенной опасности. К основным методам можно отнести: установление сокращенной продолжительности недели, увеличение межсменных перерывов, уменьшение времени рабочей смены, установление дополнительных технологических перерывов для уменьшения времени воздействия вредных и опасных производственных факторов [105].

4) Разделение гомосферы и ноксосферы. Пересечение гомосферы и ноксосферы в ходе производственного процесса недопустимо. Безопасность согласно данного метода может быть достигнуто 3-мя способами:

- Временное и территориальное разделение гомосферы и ноксосферы.
- Устранение опасности в ноксосферы путем ее нормализации. Это выражается в проведении мер, направленных на защиту человека от опасных и вредных условий труда.
- Выработка рефлекторных реакции человека на опасность при работе на опасном производственном объекте. Способ применяется по средствам проведения профессионального отбора, психологического тестирования, проведение медицин-

ских осмотров, обучение персонала безопасными приемам выполнения работ и т.д.).

4.4 РАБОТА С ПЕРСОНАЛОМ

Исходя из полученных результатов максимально возможная корреляция $\rho_1 = 0,4639$ между двумя многомерными признаками М (человеческий фактор) и Т (производственный травматизм) определяется в основном вкладами М3 (отношение возраста пострадавшего к его стажу на данном рабочем месте) и Т3 (вероятность возникновения негативного события), а другой статистически значимый уровень связи $\rho_2 = 0,3948$ обеспечивается в основном вкладами признаков М2 (профессия, ранжированная по уровням обслуживаемого оборудования) и Т4 (степень тяжести травм, ранжированная по уровням снижения потерь здоровья), а также Т1 (суммарная вероятность причин возникновения несчастного случая) (таблица 3.27). Выявленные зависимости дают возможность разработки мероприятий, направленных на снижение травматизма с применением психологических приемов анализа личности, профессиональных отборов, определение оптимальных значений показателя «отношение возраста пострадавшего к его стажу на данном рабочем месте» для каждого конкретного типа личности и профессии и т.д. [179].

Все многообразие факторов, связанных с профессиональной адаптацией и интеграцией личности в рабочий процесс, можно разделить на три группы:

1. Определяемые социальной и профессиональной средой (объективные): социальное происхождение, экономическое (финансовое) состояние, характером и имиджем профессии, производственной дисциплиной, коллективной атмосферой;
2. Порождаемые условия производства (объективно – субъективные) - организацией производственного процесса, профессионализмом руководителей, качеством управления;

3. Субъективные, обусловленные особенностями личности и характером профессиональных взаимоотношений.

Адаптация работника к выполнению своих обязанностей в условиях повышенной опасности достигается следующими превентивными мероприятиями:

- ✓ проведение предварительных и периодических медицинских осмотров работников;
- ✓ осуществления профессионального отбора работников для определения способности работать в условиях риска;
- ✓ проведение периодического обучения работников безопасным приемам выполнения работ;
- ✓ обеспечение работников средствами индивидуальной защиты [142].

Наряду со знаниями по рискам, при проведении тестирования возможна оценка умственных характеристик работника. В список определяемых свойств человека (при анкетных и тестовых методах) входят оценка знаний по техническим вопросам; организации и нормированию труда; современных достижений науки, техники и технологии; практической работы по умению планировать работу, соблюдению дисциплины и порядка. Оценивается отношение к работе, работоспособность, умение видеть перспективу, целеустремленность, организаторские способности, умение решать сложные задачи, уровень культуры, коммуникабельность, стремление к новому, способность отстаивать свою точку зрения, наличие собственного мнения, умение найти выход в стрессовой ситуации, самообладание и выдержка в аварийных ситуациях, настойчивость и упорство, решительность, ответственность за решение и его выполнение, самостоятельность, выполнение своих обещаний, требовательность к себе, устойчивость морали, вежливость и тактичность, исполнительность, дисциплинированность, самооценка, лидерские способности, справедливость, умение воспринимать критику, взаимопомощь [142].

В ходе проведения тестирования определяется необходимость проведения внеплановых инструктажей, технического обучения, повышения квалификации работника.

Стимулирование работника направлено на:

- повышение эффективности производства работ;
- удовлетворение первичных потребностей человека;
- социально-психологическую поддержку;
- осуществление воспитательной функции.

Различают следующие виды стимулов:

- Материальные, включающие в себя неденежные (улучшение жилищных условий, предоставление путевок, талонов на дополнительное медицинское обслуживание и т.д.) и денежные (заработная плата, компенсационные выплаты, доплаты, премирование, и т.д.)
- Нематериальные (или социальные) (карьерный рост, участие в различных видах соревнований, интегрированность в процессы управления производством, охраной труда, награждение грамотами, похвала, причастность к коллективным делам, обучение менее опытных специалистов, обозначение на доске почета, информация о заслугах работника в средствах массовой информации, повышение сложности производственных задач, присвоение званий и чинов и т.д.

При стимулировании труда необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- 1) дифференцированность (учет индивидуальных особенностей);
- 2) комплексность (применение всевозможных рычагов поощрения);
- 3) гибкость (изменение системы стимулирования);
- 4) гласность;
- 5) оперативность;
- 6) участие производственного персонала в оценке качества работы сотрудника, предложенного на поощрение.

Стимулирование материальными ресурсами на безопасное выполнение трудовых операций должно осуществляться по принципу поощрения и наказания (кнута и пряника). Если применяется лишь «кнул», как средство стимулирования, то со

временем работник искажает истинные цели данного метода. Это приводит к сокрытию недостатков, лжи, нежеланию работать безопасно, искажению истинной информации и т.д. В противном случае, поощрение вырабатывает в работнике стремление к дисциплине.

4.5 ДОБРОВОЛЬНОЕ СТРАХОВАНИЕ

Наиболее важным и самым распространенным приемом снижения ущерба при инциденте является страхование работника [143-163]. Страхование от несчастных случаев один из основных, типичных видов страхования. Основная цель страхования от несчастных случаев – это возмещение вреда, возникшего в результате наступления несчастного случая. Формы осуществления страхования существенно различаются, но социально-экономическая направленность в них не измена. Любое страхование, в том числе и страхование от несчастных случаев существует в форме обязательного и (или) добровольного. Согласно законодательству Российской Федерации обязательное страхование от несчастных случаев – это элемент государственной системы, распространяющийся на риски производственных травм и профессиональных заболеваний [143].

Обязательное социальное страхование регламентируется в федеральном законе от 21 июля 2007 г. № 183-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». На основании этого закона основными принципами являются [164]:

- гарантия получения возмещения по страхованию при наступлении страхового случая;
- финансово-экономическая заинтересованность страхователя в модернизации основных фондов, применение безопасных машин и механизмов, в улучшении условий труда и повышении безопасности работ, уменьшении производственного травматизма и профессиональной заболеваемости;

- суммы уплаты страхователями страховых взносов; дифференцированность в зависимости от класса профессионального риска.
- обязательность всех юридических лиц (не зависимо от форм собственности) уплачивать страховые взносы по обязательному социальному страхованию по принимаемым на работу гражданам, т.е. страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

Добровольное страхование – элемент достаточно новый. Страховые компании на сегодняшний день предлагают несколько моделей страхования: коллективное и индивидуальное. Данные виды страхования обеспечивают экономическую защиту от ущерба, причиненного вследствие пожара, наводнения, наступления смерти, повреждения здоровья, отравления и т.д.

В настоящее время в страховых российских компаниях размер выплат страхового обеспечения по случаю присвоения определенной группы инвалидности рассчитывается путем умножения страховой суммы, установленной в договоре страхования, на коэффициент согласно группе инвалидности. Этот метод основывается на данных о проценте общей инвалидности, который рассчитывается медицинскими учреждениями или медико-экспертными комиссиями (МСЭК). Согласно тому, как МСЭК присваивает страхователю (застрахованному лицу) ту или иную группу инвалидности, страховая компания рассчитывает размер страхового обеспечения, подлежащий выплате [160].

Второй метод основывается на категории «утраты трудоспособности». При различных категориях утраты трудоспособности, также используют таблицы размеров страховых выплат [162].

Размер выплаты страхового обеспечения, как правило, устанавливается в виде процентного ограничения (лимита ответственности) от страховой суммы, установленной по договору страхования [158].

Страховые взносы по всем видам личного страхования персонала относятся на себестоимость. Взносы и выплаты по добровольному медицинскому страхова-

нию и страхованию от несчастных случаев и болезней освобождены от Единого социального налога (ЕСН) и Налога на доходы физических лиц (НДФЛ).

Поэтому в настоящее время для более достоверной оценки риска предлагается использовать методику присвоения страховых коэффициентов при добровольном страховании от несчастных случаев, которая позволит определять вероятность происхождения несчастного случая и профессиональных заболеваний от различных факторов для заключения договоров страхования риска исходя из корреляционной модели, устанавливающую максимальную связь между травматизмом и условиями труда на уровне 61,5%.

Основные выводы

В диссертации дано новое решение актуальной научно технической задачи – выявление связей в триаде показателей «Условия труда - Травматизм - Человеческий фактор». Результаты работы, основаны на анализе материалов расследования несчастных случаев и профессиональных заболеваний, а также условий труда электротехнического персонала в ПАО «ММК», полученные путем проведения специальной оценки условий труда (аттестации рабочих мест) и производственного контроля. На основе представленных данных были разработаны мероприятия для снижения риска повреждения здоровья.

Основные результаты проведенных исследований:

1. Выполнен анализ существующих методик оценки риска травмирования персонала, а так же оценен уровень травматизма и условия труда электротехнического персонала на металлургических предприятиях.

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».

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

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

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

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

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 на уровне значимости 0,05 влияние 3 признаков массива «Человеческий фактор» на 4 признака массива «Травматизм». Получены два независимых решения $\rho_1 = 0,4639$ и $\rho_2 = 0,3948$, характеризующих два варианта связи человеческого фактора и травматизма, которые можно использовать для упреждения травматизма [179].

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 ПАО «ММК» на основе выявленных корреляционных связей разработана и внедрена модель управления риском травмирования, предложены основные направления работы, в частности для снижения частоты и тяжести несчастных случаев.

Библиографический список

- 1 Методика оценки пожарного риска для производственных объектов [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 2 Технический регламент о безопасности машин и оборудования [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 3 ГОСТ Р 51344-99 Безопасность машин. Принципы оценки и определения риска. Утв. Постановлением Госстандарта РФ от 22.11.1999 №421-СТ [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 4 ГОСТ Р 51901-2002 Управление надежностью. Анализ риска технологических систем [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 5 Човушян Э.О., Сидоров М.А. Управление риском и устойчивое развитие: Учеб. пособие для экономических вузов / Э.О. Човушян, М.А. Сидоров – М.: Изд. РЭА имени Г.В. Плеханова. – 1999. – 528 с.
- 6 Приказ от 30 июня 2009г. №381 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 7 Чернова Г.В. Практика управления рисками на уровне предприятия / Г.В. Чернова. – СПб.: Санкт – Петербург. – 2000. – 176 с.
- 8 Гисматулина Д.Р. Страхование ответственности опасных промышленных объектов / Д.Р. Гисматулина // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность» . – 1997. – №2. – С.59-61.
- 9 Владимиров В.А., Воробьев Ю.Л., Солов С.С. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / В.А. Владимиров, Ю.Л. Воробьев, С.С.Солов. – М.: Наука . – 2000 . – 431с.
- 10 Мастрюков Б.С., Овчинникова Т.И. Страхование ответственности за нанесение

- ущерба при техногенных авариях на производстве / Б.С. Матрюков, Т.И. Овчинникова // *Металлург.* – 2001. – №9. – С.30-33.
- 11 Гальченко С.А., Матвиенко Ю.Г. Проблемы анализа и управления риском аварийных ситуаций на объектах нефтегазодобычи/ С.А. Гальченко, Ю.Г. Матвиенко // *Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях.* – М.: ВИНТИ. – 2005. – №4. – С.25-37.
 - 12 Проект стандарта МЭК «Руководство по анализу риска технологических систем» (Guidelines for the Risk Analysis of Technological Systems). Committee Draft, IEC/TC 56, 27.1., 1993-09-30 [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
 - 13 Кукин П.П. Анализ и оценка риска производственной деятельности [Электронный ресурс] / П.П. Кукин // *Электрон.б-ки.* – 2012. – Режим доступа: <http://uchebniki.ws/bzhd/> (дата обращения: 02.02.2013)
 - 14 BS 8800: 1996 Руководство по системам управления охраной здоровья и безопасностью на производстве [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
 - 15 Белешева М. В. Нечеткое управление профессиональным риском повреждения здоровья (на примере персонала магистральных электрических сетей): автореф. дис. канд.техн.наук: 05.26.01 / М. В. Белешева. – Челябинск. –2008. – 19 с.
 - 16 Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / Под ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк. – 1999. – 448 с.
 - 17 Проценко А.Н. Об основных принципах и механизмах управления региональной безопасностью / А.Н. Проценко // *Проблемы анализа риска.* –2006. – №3. – Том 3. – С. 12-15.
 - 18 Рагозин А.Л. Общие закономерности формирования и количественная оценка природных рисков на территории России / А.Л. Рагозин // *Проблемы анализа риска.* – 2006. – №2. – Том 3. – С. 8-13.
 - 19 Шалаек В.К. Об учете риска в технических регламентах / Шалаек В.К. // *Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-*

- производственный журнал широкого профиля. – М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2006. – №12. – С. 5-9.
- 20 Буйко К.В., Пантюхова Ю.В. Подходы к оценке уровня промышленной безопасности в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты / К.В. Буйко, Ю.В. Пантюхова // Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд. Новые технологии. – 2010. – №10. – С.42-46.
 - 21 Курков Ю.Б. Анализ производственного травматизма на предприятиях Амурской области / Ю.Б. Курков // Безопасность в техносфере. – 2010. – №1. – С.25-27.
 - 22 Гражданкин А.И., Дектярев Д.В., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Основные показатели риска в теории вероятностей / А.И. Гражданкин, Д.В. Дектярев, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2002. – №7. – С.35-39.
 - 23 Мастрюков Б.С. Оценка риска в системах управления промышленной безопасностью и охраной труда / Б.С. Мастрюков // Сб. «Пожаро-взрывобезопасность и системы управления промышленной безопасностью и охраной труда в металлургии». – Череповец. – 2001. – С. 5 – 8.
 - 24 Егорова Е.Е. Еще раз о сущности риска в системном подходе / Е.Е. Егорова // Управление риском. – 2002. – №2. – С. 9 – 12.
 - 25 Стрельцов А., Цамутали О. Оценка риска при обновлении производственного аппарата / А. Стрельцов, О. Цамутали // Управление риском. – 2000. – № 2. – С.12 – 14
 - 26 Ларионов Е.Д., Сизоненко В.В., Рожков С.И. и др. Анализ причин аварий оборудования и элементов сталеплавильных агрегатов / Е.Д. Ларионов, В.В. Сизоненко, С.И. Рожков и др. – М.: Черметинформация. – 1985. – 17 с.
 - 27 Агапов А.А., Лисанов М.В., Лыков С.М., Печеркин А.С., Фурсенко В.И. Анализ опасностей при разработке декларации безопасности / А.А. Агапов, М.В. Лисанов, С.М. Лыков, А.С. Печеркин, В.И. Фурсенко // Безопасность труда в про-

- мышленности. – 1995. – № 10. – С.26 – 31.
- 28 Бабокин И.А. Управление безопасностью труда на горном предприятии / И.А.Бабокин. – М.: Недра. – 1989. – 251 с.
 - 29 Карабанов Ю.Ф., Сидоров В.И., Ткаченко В.А. Оценка уровня промышленной безопасности в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты / Ю.Ф.Карабанов, В.И. Сидоров, В.А.Ткаченко //Безопасность труда в промышленности. – 2001. – № 6. – С. 2 – 4.
 - 30 Абросимов А.А., Коломийцев В.М., Костерин В.Н., Бородаев Г.С. Совершенствование системы безопасности / А.А. Абросимов, В.М. Коломийцев, В.Н. Костерин, Г.С. Бородаев // Безопасность труда в промышленности. – 2000. – № 10. – С. 2 – 8.
 - 31 Кловач Е.В., Мартынюк В.Ф., Лисанов М.М., Сидоров В.И. Анализ риска и его нормативное обеспечение / Е.В. Кловач, В.Ф. Мартынюк, М.М. Лисанов, В.И. Сидоров // Безопасность труда в промышленности. – 1995. – № 11. – С. 55 – 62.
 - 32 Ефанов П.Д., Карнаух Н.Н. Безопасность труда в основных производствах черной металлургии: Справочник / П.Д. Ефанов, Н.Н. Карнаух. – М.: Металлургия. – 1982. – 248 с.
 - 33 Гражданкин А.И., Белов П.Г. Экспертная система оценки техногенного риска опасных производственных объектов / А.И. Гражданкин, П.Г. Белов // Безопасность труда в промышленности. – 2000. – № 11. – С. 6 – 10.
 - 34 Аварийность и травматизм на опасных производственных объектах: Монография. 1-2 т. – М.: ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям науки и техники гражданского назначения». – 1998. – 968 с.
 - 35 Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: учебн. пособие. – 2 изд., перераб. и доп. / В.М. Гранатуров. – М.: Издательство «Дело и сервис». – 2002. – 160 с.
 - 36 Хохлов И.В. Управление риском. Экономические и финансовые риски / И.В. Хохлов. – М.: ЮНИТИ. – 2001. – 239 с.
 - 37 Акимов В.А. Решение проблем безопасности жизнедеятельности как междисци-

- плинарное исследование. Часть 2. Физика и математика науки. Часть 3. Биологические, химические и медицинские науки / В.А. Акимов // Проблемы анализа риска. – Том 1. – 2006. – №2. – С.118-124.
- 38 Смирнова Е. Производственный риск: Сущность и управление / Е. Смирнова // Управление риском. – 2001. – №1, – С.3-5.
 - 39 Лапуста М.Г., Шаршукова Л.Г. Риски в предпринимательской деятельности / М.Г. Лапуста, Л.Г. Шаршукова. – М.: ИНФРА – М. – 1998. – 224 с.
 - 40 Лобанов А., Филин С., Чугунов А. Риск- менеджмент / А. Лобанов, С. Филин, А. Чугунов // Риск.– 1999. – №4. – С.43-52.
 - 41 Сердюкова И.Д. Методы анализа финансовых рисков / И.Д. Сердюкова // Бухгалтерский учет. – 1996. – №6. – С.54-57.
 - 42 Демкин И.В. Управление инновационным риском на основе имитационного моделирования. Часть 2. Основные методы управления инновационным риском / И.В. Демкин // Проблемы анализа риска. – Том 3. – 2006. – №3. – С.53-67.
 - 43 Онищенко В.В. Методы риск – менеджмента на предприятии / В.В. Онищенко // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2004. – №12. – С.35-38.
 - 44 Станиславчик Е.Н. Риск – менеджмент на предприятии. Теория и практика / Е.Н. Станиславчик. – М.: Ось-89. – 2002. – 80 с.
 - 45 Быков А.А., Фалеев М.И. К проблеме оценки социально-экономического ущерба с использованием показателя цены риска / А.А. Быков, М.И. Фалеев // Проблемы анализа риска. – Том 2.– 2005. – №2. – С.114-132.
 - 46 Осипов В.И. Управление природными рисками / В.И. Осипов // Вестник Российской Академии Наук. – том 72. – 2002. – №8. – С.678-685.
 - 47 Мاستрюков Б.С. Риск в промышленной безопасности и охране труда / Б.С. Мастрюков // Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд. Новые технологии. – 2004. – №5. – С.2-7.
 - 48 Шлыков В.Н. Риск как показатель производственного травматизма / В.Н. Шлы-

- ков // Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд. Новые технологии. – 2008. – №5. – С.8-14.
- 49 Асаенко И.С., Кучеренко Е.Е. Количественная оценка риска как основы повышения безопасности труда работников химических предприятий / И.С. Асаенко, Е.Е. Кучеренко // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2008. – №7. – С.50-53.
 - 50 Аронов И.З., Бобровников Г.Н. Общая методология оценки риска причинения вреда и основные модели анализа риска / И.З. Аронов, Г.Н. Бобровников // Научно-технический журнал. – М. – 2008. – № 2. – С.5-10.
 - 51 Ежов В.В., Шахотіна Н.В. Методика визначення показника прогнозованного професійного ризику працівників підприємств за результатами їх навчання з питань охорони праці / В.В. Ежов, Н.В. Шахотіна // Металлургическая и горнорудная промышленность, научно-технический и производственный журнал. - Днепропетровск.: Изд. ООО «Укрметаллургинформ «НТЦ». – 2008. – №1. – С.143-146.
 - 52 Мамаев В.И. Добровольная сертификация объектов защиты как инструмент реализации системы независимой оценки рисков / В.И. Мамаев // Страховое дело, ежемесячный аналитический журнал. – М. – 2000. – №8. – С.24-34.
 - 53 Ковалевич О.Н. Система оценки риска и закон о техническом регулировании / О.Н. Ковалевич // Проблема безопасности и ЧС. – 2006. – №1. – С.13-23.
 - 54 Москвин В.А. Управление рисками при реализации инвестиционных проектов / В.А. Москвин. – М.: Финансы и статистика. – 2004. – 352 с.
 - 55 Сулейманов М.Г., Уржумцев В.В., Черчинцев В.Д., Бикмухаметов М.Г. Анализ факторов и оценка риска возникновения аварийных ситуаций в доменном производстве ОАО «ММК» / М.Г. Сулейманов, В.В. Уржумцев, В.Д. Черчинцев, М.Г. Бикмухаметов // Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд. Новые технологии. – 2006. – №9. – С.16-21.
 - 56 Смирнова Е.А. Производственный риск: сущность и управление / Е.А. Смирно-

ва // Управление риском. – 2001. – №1. – С. 3-5.

- 57 Портнов В.А. Энергоинформационная основа метода оценки риска сложных технических систем / В.А. Портнов // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.:ВИНИТИ. – вып.3. – 2003. – С.68-71.
- 58 Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А. К вопросу о вычислении рисков / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.:ВИНИТИ. – вып.1. – 2004. – С.71-72.
- 59 Махутов Н.А., Петров В.П., Ахметханов Р.С. Природо-техногенно-социальные системы и риски / Н.А. Махутов, В.П.Петров, Р.С. Ахметханов // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.:ВИНИТИ. – вып.3. – 2004. – С.8-14.
- 60 Безопасность производственных процессов: Справочник / С.В. Белов, В.Н. Бринза, Б.С. Векшин и др.; под общей ред. С.В. Белова. – М.: Машиностроение. – 1985. – 448 с.
- 61 Каньшин В.Б. Механизм управления рисками возникновения несчастных случаев на производстве / В.Б. Каньшин // Бюллетень национального информационного центра по безопасности и гигиене труда. Серия: зарубежная информация, выпуск 4. – М. – 2005. – С. 12-23.
- 62 Гольдберг Н. Внедрение стандартов управления производственными рисками / Н. Гольдберг // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. – М.: Издательский дом «Панорама». – 2008. – №3. – С.52-56.
- 63 РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 64 Гражданкин А.И. Экспертная система оценки техногенного риска опасных производственных объектов / А.И. Гражданкин // Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд. Новые технологии. – 2000. – №2. – С.6-10.
- 65 Сулейманов М.Г., Тимиргалиева Л.Ш. Отчет по научно-исследовательской работе: Разработка методов оценки риска аварийных ситуаций в коксовом цехе

- №2 и цехе улавливания №1 КХП / М.Г. Сулейманов, Л.Ш. Тимиргалиева // ОАО «ММК».: Магнитогорск. – 2007г. – 188 с.
- 66 Кукин П.П., Шлыков В.Н., Пономарев Н.Л., Сердюк Н.И. Анализ и оценка производственной деятельности: Учеб. пособие / П.П. Кукин, В.Н. Шлыков, Н.Л. Пономарев, Н.И. Сердюк. – М.: Высшая школа. – 2007. – 328 с.
- 67 Загвоздкин В.К., Заикин И.А., Быков А.А. и др. Методика оценки эколого-экономических последствий загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами / В.К. Загвоздкин, И.А. Заикин, А.А. Быков и др.// Проблемы анализа риска. – Том 2.– 2002. – №1 . – С.7-32.
- 68 ГОСТ Р 22.1.01-2002 «Оценка ущерба. Термины и определения» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 69 Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С., Сидоров В.И. Показатели и критерии опасности промышленных аварий / А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин, В.И. Сидоров // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2003. – №3. – С.30-32.
- 70 Лесных А.В., Лесных В.В. Оценка ущерба и регулирования ответственности за перерывы электроснабжения: зарубежный опыт / А.В. Лесных, В.В. Лесных // Проблемы анализа риска. – Том 2. – 2005. – №1. – С.33-35.
- 71 Иванов А.В. Классификация рисков / А.В. Иванов // Риск. – 1996 . – №6-7. – С.39-42.
- 72 Ильин А.И. Планирование на предприятии. Ч.1. Стратегическое планирование / Ильин А.И. – МН.: ООО «Мисанта». – 1998. – 130 с.
- 73 Тэпман Л.Н. Риски в экономике: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В.А. Швандера. – М.: ЮНИТИ-ДАНА. – 2002. – 380 с.
- 74 Воробьев Ю.Л. Государственная политика в области регулирования природной и техногенной безопасности / Ю.Л. Воробьев // Проблемы анализа риска. – Том 2. – 2005. – №2. – С.104-113.
- 75 Шлыков В.Н. Оценка риска производственного травматизма / В.Н. Шлыков //

- Справочник специалиста по охране труда. – 2002. – №1. – С.62-66.
- 76 Тудос А.Г. Цивилизационная защита от рисков / А.Г. Тудос // Охрана труда и социальное страхование. – М.: 2005. – №1. – С.78-81.
 - 77 Махутов Н.А. Развитие и применение методов управления риском в задачах обеспечения техногенной безопасности и технического регулирования / Н.А. Махутов // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВНИИ-ТИ. – 2006. – №1. – С.35-49.
 - 78 Невский А.В. Методики определения профессионального риска / А.В. Невский // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 1997. – №12. – С.39-43.
 - 79 Соколов Э.М., Ветров В.В., Захаров Е.И., Панферова И.В. Совершенствование системы охраны труда на основе концепции профессионального риска / Э.М. Соколов, В.В. Ветров, Е.И. Захаров, И.В. Панферова. – Тула ТГПУ. – 1999. – 112 с.
 - 80 Резник Л.А., Фролов А.В., Васютин А.П. Статистика профзаболеваний и оценка профессионального риска на объектах угольной промышленности Восточного Донбасса / Л.А. Резник, А.В. Фролов, А.П. Васютин // Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд. Новые технологии. – 2007. – №10. – С.9-13.
 - 81 Резник Л.А., Фролов А.В., Васютин А.П. Статистика травматизма и профессиональный риск как критерий производственной деятельности предприятий угольной промышленности Восточного Донбасса / Л.А. Резник, А.В. Фролов, А.П. Васютин // Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд. Новые технологии. – 2007. – №10. – С.13-18.
 - 82 Резчиков Е. Концепция безопасности / Е. Резчиков // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. – М.: Издательский дом «Панорама». – 2008. – №1. – С.4-7.
 - 83 Кравчук И.Л. Выбор стратегии обеспечения безопасности предприятия / И.Л. Кравчук И.Л. // Проблемы адаптации предприятий: Тр. НИИОГР. Вып.4 – Ека-

- теринбург: УрО РАН. – 1999. – С.44-48.
- 84 Кравчук И.Л., Галкин А.В. Производственные источники риска в угольных шахтах / И.Л. Кравчук, А.В. Галкин // Проблемы адаптации предприятий: Тр. НИИ-ОГР. Вып.4 – Екатеринбург: УрО РАН. – 1998. – С.57-59.
 - 85 Кравчук И.Л., Сковородкин В.Ю., Шлимович Ю.Б., Гусев А.И., Паршаков Ю.П., Голубев М.Г. Методические рекомендации по оценке и прогнозу состояния промышленной безопасности / И.Л. Кравчук, В.Ю. Сковородкин, Ю.Б. Шлимович, А.И. Гусев, Ю.П. Паршаков, М.Г. Голубев // Управление Челябинского округа ГГТН РФ, НТЦ-НИОГР. – Челябинск. – 2001. – 8 с.
 - 86 Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А. К вопросу о вычислении рисков / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ. – 2004. – №1. – С.71-80.
 - 87 Козьяков А.Ф., Онищенко В.Я. Некоторые подходы к анализу и оценке рисков / А.Ф. Козьяков, В.Я. Онищенко // Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд. Новые технологии. – 2005. – №3. – С.2-5.
 - 88 Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов / А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2001. – №5. – С.33-35.
 - 89 РД. 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
 - 90 Колычев С.Ю. Утомление [Электронный ресурс] / С.Ю. Колычев . – Режим доступа: <http://works.tarefer.ru/51/101764/index.html> (дата обращения: 17.08.2010)
 - 91 Воробьева О.В. Влияние человеческого фактора на риск аварий и травм в горнодобывающей промышленности / О.В. Воробьева // Безопасность жизнедеятельности.

- тельности. – М.: Изд. Новые технологии. – 2010. – №8. – С.67-70.
- 92 Информационное агентство Metaltorg.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.metaltorg.ru/news/> (дата обращения: 20.05.2011)
 - 93 OHSAS 18001:2007 Система менеджмента профессиональной безопасности и охраны здоровья [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
 - 94 Старожук И.А., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В., Цейтлина Г.С. Профессиональный риск для здоровья работников на основе достоверной оценки условий труда при проведении аттестации рабочих мест / И.А. Старожук, Н.Н. Курьеров, А.В. Лагутина, Г.С. Цейтлина // Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд. Новые технологии. – 2006. – №2. – С.39-41.
 - 95 Отчеты ОАО «НИИБТМЕТ», г. Челябинск, за период 2004-2010г. – 30 т.
 - 96 Техника безопасности и промышленная санитария [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://delta-grup.ru/bibliot/19/3.htm> (дата обращения: 18.06.2009)
 - 97 Abdul Raouf Теория причин возникновения несчастных случаев / Abdul Raouf // Охрана труда, экспресс-информация, зарубежный опыт, выпуск 1. – М.: 2006 . – С.17-23.
 - 98 Теория причин возникновения несчастных случаев [Электронный ресурс]/ Матвеев А. – Режим доступа: <http://otipb.ucoz.ru/publ/3-1-0-113> (дата обращения: 23.02.2011)
 - 99 Зеер Э.Ф. Психология профессий / Э.Ф. Зеер. – Екатеринбург: Изд. Урал. Гос. проф. - пед. Ун-та. – 1997. – 268 с.
 - 100 Дубровских С.Ю. Снизить производственный травматизм можно / С.Ю. Дубровских // Охрана труда и социальное страхование. – М.: 2008. – №7. – Июль. – С.65-69.
 - 101 Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002г. №184-ФЗ [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
 - 102 Платонов К.К., Голубев Г.Г. Психология / К.К. Платонов, Г.Г. Голубев. – Высшая школа. М.: 1977. – 460 с.

- 103 Постановление правительства от 14 марта 1997 г. №12 «О проведении аттестации рабочих мест по условиям труда» [Электронный ресурс] : Доступ из справ. - правовой системы «Техэксперт».
- 104 Приказ от 31 августа 2007 года №569 «Об утверждении порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда» [Электронный ресурс] : Доступ из справ. - правовой системы «Техэксперт».
- 105 Федеральный закон от 30.12.2006г. №197 «Трудовой кодекс РФ» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 106 Постановление правительства №387 «Об утверждении типового положения об оценке условия труда на рабочих местах и порядке применения отраслевых перечней работ, на которых могут устанавливаться доплаты рабочим за условия труда» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 107 МУ ОТ РМ 01-98 "Оценка освещения рабочих мест" [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 108 СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 109 ГОСТ 24940-96 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 110 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 111 ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 112 Левашов С.П. Классификация производственных опасностей / С.П. Левашов // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2007. – №11. – С.64-66.

- 113 Карнаух Н.Н., Карнаух М.Н. Выбор систем управления промышленной безопасностью и охраной труда / Н.Н. Карнаух, М.Н. Карнаух // Сб. «Пожаровзрывобезопасность и системы управления промышленной безопасностью и охраной труда в металлургии». – Череповец. – 2001. – С. 9 – 10.
- 114 BS 8800 : 1996. Руководство по системам управления охраной здоровья и безопасностью на производстве [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 115 Забегаев А.В. Безопасность жизнедеятельности / А.В. Забегаев. – М.: АСВ. – 2001. – 140 с.
- 116 Чигрин В.Д., Щлимович Ю.Б., Кравчук И.Л. Методическое обеспечение производственного контроля промышленной безопасности на предприятиях угледобывающей отрасли / В.Д. Чигрин, Ю.Б. Щлимович, И.Л. Кравчук // Безопасность труда в промышленности. – 2001. – № 8. – С. 2 – 4.
- 117 Клебанов Ф.С. О современной концепции безопасности / Ф.С. Клебанов // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 6. – С. 33 – 38.
- 118 ГОСТ 26824-86 «Здания и сооружения. Методы измерения яркости» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 119 Авраменко Ф.Д., Карнаух Н.Н., Хорошев Т.Н. Управление охраной труда на металлургическом предприятии / Ф.Д. Авраменко, Н.Н. Карнаух, Т.Н. Хорошев. – М.: Металлургия. – 1985. – 192 с.
- 120 ГОСТ 12.1.050-86 ССБТ «Методы измерения шума на рабочих местах» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 121 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 122 СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 123 МУ 3911-85 «Методические указания по проведению измерений и гигиениче-

ской оценки производственных вибраций» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».

- 124 ГОСТ 12.1.012-2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 125 ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997) «Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 126 ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) «Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 127 ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 128 ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Требования к проведению измерений на рабочих местах» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 129 Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 130 МУК 4.1.2468-09 «Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 131 ГОСТ 12.1.014-84 «Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентрации вредных веществ индикаторными трубками» [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 132 Вишнякова Н. Аттестация рабочих мест: с сентября по-новому [Электронный ресурс] / Н. Вишнякова // Журнал «Кадровое дело». – 2008. – № 8. – Июль. –

Режим доступа: <http://www.audit-it.ru/articles/personnel/a112/161185.html> (дата обращения: 04.10.2010).

- 133 Федорец А. Аттестация рабочих мест - мина замедленного действия? [Электронный ресурс] / А. Федорец // Кадровик. Трудовое право для кадровика. – 2010. – №8. – Режим доступа: <http://hr-portal.ru/article/attestaciya-rabochih-mest-mina-zamedlennogo-deystviya> (дата обращения: 11.11.2011).
- 134 Сокольникова Т.В. Аттестация рабочих мест по-новому [Электронный ресурс] / Т.В. Сокольникова // Отдел кадров. – 2008. – №5. – ноябрь. – Режим доступа: <http://ivniiot.narod.ru/attestac.html> (дата обращения: 02.02.2013)
- 135 Забегаев А.В. Безопасность жизнедеятельности / А.В. Забегаев. – М.: АСВ. – 2001. – 140 с.
- 136 Девятченко Л.Д. Главные компоненты информационных матриц. Введение в факторный анализ / Л.Д. Девятченко. – Магнитогорск. – МГТУ. – 2000. – 95 с.
- 137 Девятченко Л.Д. Линейная модель. Введение в классический регрессионный анализ / Л.Д. Девятченко. – Магнитогорск. – МГТУ. – 2004. – 128 с.
- 138 Санитарные нормы. Полный справочник. – М.: Изд. «Эксо». – 2006. – 767с .
- 139 Боровиков В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В.П. Боровиков // 2-е изд. – СПб.: Питер. – 2003. – 688 с.
- 140 Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов // 3-е изд. – М.: Наука. – 1983. – 416 с.
- 141 Девятченко Л.Д. Линейная корреляция. Введение в канонический анализ / Л.Д. Девятченко. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2002. – 87 с.
- 142 Леевик Г.Е. Руководство по применению методики экспертных оценок при аттестации и подборе кадров / Г.Е. Леевик. – С.Пб.: СПбГАУ. – 1991. – 50 с.
- 143 Федеральный закон от 24 июля 1998г. №125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний», с изменениями [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».

- 144 Смирнов И.Е. Организация продаж страховых продуктов / И.Е. Смирнов // Издательский дом «регламент». – 2008. – №4. – май – июнь. – С.12-16.
- 145 Социальное страхование в РФ. Выплаты за счет средств ФСС РФ. О формировании и выплатах больничного листа. – Издательство шестое переработанное. – Екатеринбург: Правовед. – 2001. – 176 с.
- 146 Збышко Б. Совершенствование страхования профессиональных рисков и центры охраны труда / Б. Збышко // Бюллетень национального информационного центра по безопасности и гигиене труда. Серия: отечественная информация, выпуск 3. – М.: 2004. – С.14-19.
- 147 Тудос А. Цивилизованная защита от рисков / А. Тудос // Охрана труда и социальное страхование. – М.: 2005. – №1. – январь. – С.78-81.
- 148 Май И. Дополнительная социальная защита работников / И. Май // Охрана труда и социальное страхование. – М.: 2008. – №5. – май. – С.55-58.
- 149 Межва З. Добровольно-обязательные проблемы / Межва З. // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. – М.: Издательский дом «Панорама». – 2009. – №2. – С.71-73.
- 150 Галимов А. Страхование жизни персонала – элемент социально-экономической политики организации / А. Галимов // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. – М.: Издательский дом «Панорама». – 2009. – №2. – С.77-81.
- 151 Кузнецова О. Добровольное страхование / О. Кузнецова // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. – М.: Издательский дом «Панорама». – 2009. – №4. – С. 46-69.
- 152 Кондратьев С.Ю. Социальный аспект вопросов обеспечения безопасности на опасном производственном объекте / С.Ю. Кондратьев // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2005. – №7. – С. 60-63.
- 153 Крохина Н.Б. Добровольное страхование имущества и работников. Оптималь-

- ные способы учета / Н.Б. Крохина // Главбух, практический журнал для бухгалтера. – М.: 2006. – №4. – С. 58-63.
- 154 Коняева А. Корпоративное страхование жизни и здоровья работников: Мода или жизненная необходимость / А. Коняева // Человек и труд, ежемесячный научно-практический журнал. – М.: 2007. – №8. – С.33-35.
- 155 Шихов А.К. О формах и видах обязательного и добровольного социального страхования / А.К. Шихов // Страховое дело, ежемесячный аналитический журнал. – М.: 2004. – №10. – С.13-26.
- 156 Хопра Ш. Ханнес, Иванов С.С., Голубев С.Д. Алгоритм расчета страховых тарифов при страховании от несчастных случаев на производстве в условиях кумулирующих рисков, описываемых в терминах двойного распределения Пуассона / Ш. Хопра Ханнес, С.С. Иванов, С.Д. Голубев // Страховое дело, ежемесячный аналитический журнал. – М.: 2008. – №3. – С.51-64.
- 157 РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 158 Симакин В.В. Об опыте декларирования промышленной безопасности и страхование ответственности. Развитие методики риска аварии на опасных производственных объектах / В.В. Симакин // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2003. – №12. – С.50-51.
- 159 Белов П.Г. Страхование техногенного риска / П.Г. Белов // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2000. – №5. – С.45-48.
- 160 Май И. Система защиты: плюсы и минусы / И. Май // Охрана труда и социальное страхование. – М.: 2008. – №8. – Август. – С.73-76.
- 161 Адамчук Н., Алешин Д. Управление риском на предприятии и страхование /

- Н. Адамчук, Д. Алешин // Управление риском. – 2001. – № 1. – С. 32 – 39.
- 162 Добровольский А.И., Золотарев Н.П., Лисовский В.В., Галкин А.В. Картирование рисков – оценка эффективности производственного контроля / А.И. Добровольский, Н.П. Золотарев, В.В. Лисовский, А.В. Галкин // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. – М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2011. – №10. – С.68-71.
- 163 Имашева А.О., Нургалиева А.Д., Алпысбаева Ж.Т. Ранжирование неблагоприятных производственных факторов / А.О. Имашева, А.Д. Нургалиева, Ж.Т. Алпысбаева // Безопасность труда в промышленности, ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля. - М.: Изд. ИТЦ «Промышленная безопасность». – 2011. – №4. – С.70-71.
- 164 Федеральный закон №183-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваниях [Электронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 165 Хайрулин К.Л. Лекции – основы безопасности труда [Электронный ресурс] / К.Л. Хайрулин // Режим доступа: http://gendocs.ru/v4603/лекции_-_основы_безопасности_труда (дата обращения: 04.10.2013)
- 166 Якушев А.М. Проектирование сталеплавильных и доменных цехов. - М.: Металлургия, 1984. — 216 с. [Электронный ресурс] / А.М. Якушев // Режим доступа: http://emchezgia.ru/domennye_pechi/45_Tehnologiya_domennogo_proizvodstva.php (дата обращения: 12.10.2013)
- 167 Федеральный закон №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [Электронный ресурс] : Доступ из справ. - правовой системы «Техэксперт»
- 168 Федеральный закон №52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт»
- 169 Постановление Правительства РФ от 15.09.2005 №569 «О положении об осуществлении государственного санитарно-эпидемиологического надзора» [Элек-

тронный ресурс] : Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт»

- 170 Юдина Э.И. Анализ и оценка вероятности возникновения производственного травматизма на ОАО «ММК» / Э.И. Юдина // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – №11. – С. 11-14.
- 171 Соколова Э.И., Девятченко Л.Д. Факторизация условий труда, сопутствующих травматизму / Э.И. Соколова, Л.Д. Девятченко // Безопасность жизнедеятельности. – 2012. – №9. – С. 2-9.
- 172 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.
- 173 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.
- 174 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.
- 175 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 охраны труда. – М.: ООО «ИТЕП». – 2011. – С.28-31.
- 176 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.
- 177 Дьяконова А.А., Тимиргалеева Л.Ш., Соколова Э.И. Анализ металлургического 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.
 - 178 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
 - 179 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.
 - 180 Приказ Минтруда России №33н от 24 января 2014 г. «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
 - 181 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.
 - 182 Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 421-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации

в связи с принятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда" [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».

- 183 Постановление правительства РФ №290 от 14 апреля 2014г. «Об утверждении перечня рабочих мест в организациях, осуществляющих отдельные виды деятельности, в отношении которых специальная оценка условий труда проводится с учетом устанавливаемых уполномоченным федеральным органом исполнительной власти особенностей» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 184 Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ №882н от 14 ноября 2014г. «Об утверждении особенностей проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах работников, перечень профессий и должностей которых утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2007 г. №252» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 185 Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ №24н от 20 января 2015г. «О внесении изменений в Методику проведения специальной оценки условий труда и Классификатор вредных и (или) опасных производственных факторов, утвержденные приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 января 2014 г. № 33н» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 186 Приказ Минтруда России от 05.12.2014 N 976н «Об утверждении методики снижения класса (подкласса) условий труда при применении работниками, занятыми на рабочих местах с вредными условиями труда, эффективных средств индивидуальной защиты, прошедших обязательную сертификацию в порядке, установленном соответствующим техническим регламентом» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 187 Приказ Минтруда России от 09.12.2014 N 996н «Об утверждении особенностей проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах работников, занятых на подземных работах» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-

правовой системы «Техэксперт».

- 188 Приказ Минтруда России от 27.01.2015 N 46н «Об утверждении особенностей проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах работников радиационно опасных и ядерно опасных производств и объектов, занятых на работах с техногенными источниками ионизирующих излучений» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 189 Приказ Минтруда России от 18.02.2015 N 96н «Об утверждении особенностей проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах водолазов, а также работников, непосредственно осуществляющих кессонные работы» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 190 Приказ Минтруда России от 19.02.2015 N 102н «Об утверждении особенностей проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах, на которых предусматривается пребывание работников в условиях повышенного давления газовой и воздушной среды» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 191 Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке риска для здоровья работника. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 192 ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 193 ГОСТ Р 12.0.010-2009 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда, определение опасностей и оценка рисков» [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 194 Приказ Минэнерго РФ от 13 января 2003 г. N 6т "Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей" [Электронный ресурс]: Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
- 195 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.

- 196 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.

Приложение А (справочное)

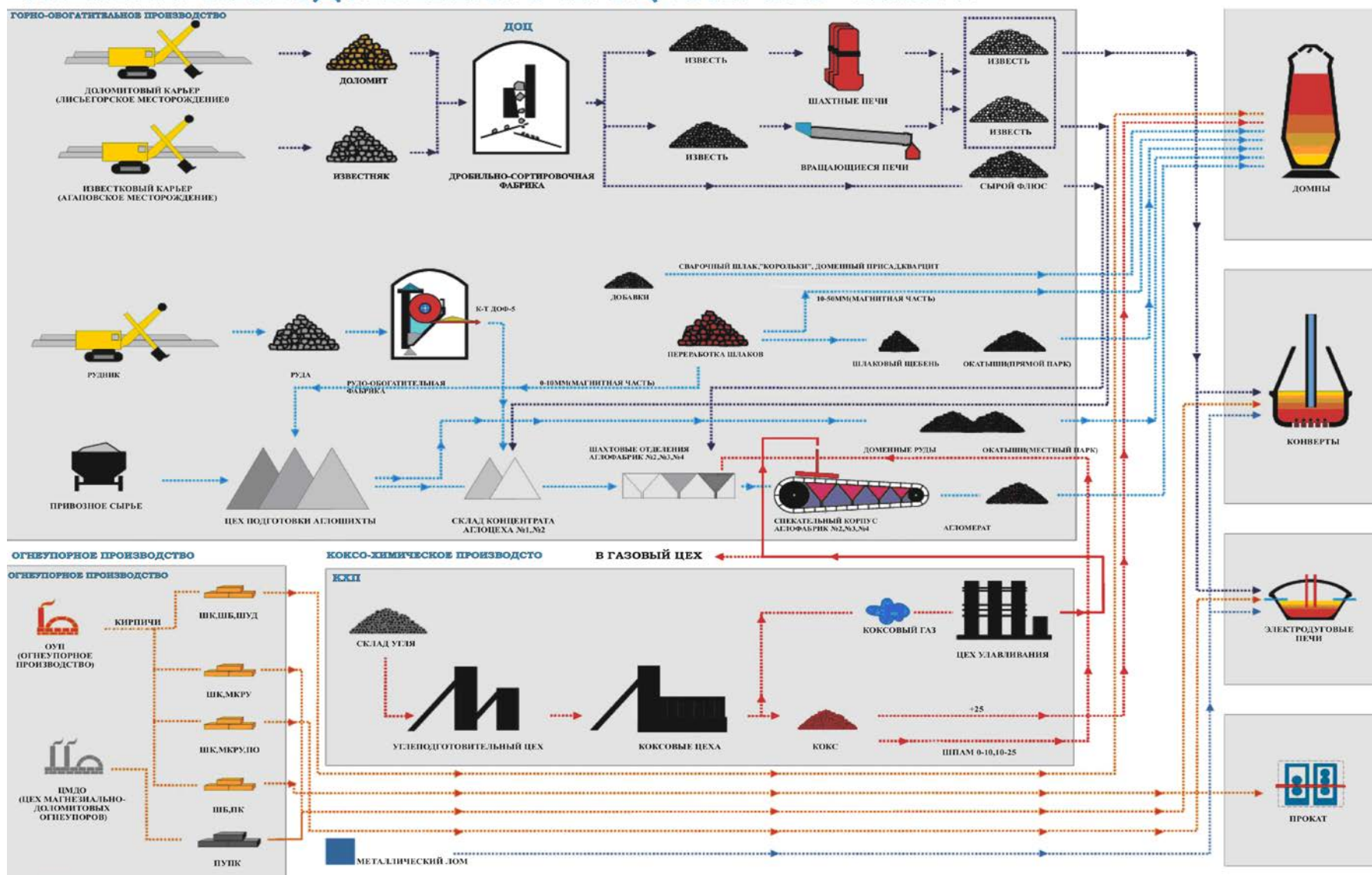


Рисунок А1 - Схема горно-обогащающего производства



Приложение Б
(обязательное)

Таблица Б1 - Исходные данные по травматизму

Год	№ п/п	Цех	День недели	Время	Возраст	Стаж, год	Место происшествия	Вид происшествия	Причины	Степень тяжести	Инвалидность
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010	1	ЛПЦ-3	пятница	21.00	34	1,75	Непрерывный тра- вильный агрегат №1	Воздействие движущихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безо- пасного производства работ со стороны РСС; Работа не полным штатом	Смертельный	
2010	2	ККЦ	воскресение	03.45	34	13,42	Отделение подготов- ки стальной	Падение контователя	Неудовлетворительная организация безо- пасного производства работ со стороны РСС; Работа не полным штатом	Смертельный	
2010	3	Цех по- крытий	среда	18.30	38	2	Механическая мас- терская	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безо- пасного производства работ со стороны РСС	Тяжелый	
2010	4	Сортовой цех	четверг	16.45	39	8,92	Стан - 250 - 1	Воздействие движущихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безо- пасного производства работ со стороны РСС; Работа не полным штатом	Тяжелый с увечьем	инв. II группы
2010	5	Домен- ный цех	четверг	01.30	41	8,67	Литейный двор	Падение предметов	Неудовлетворительная организация безо- пасного производства работ	Тяжелый	
2010	6	ККЦ	пятница	11.15	50	12,08	МНЛЗ №3	Воздействие разлетающих- ся предметов	Применение запрещенных СИЗ	Тяжелый	
2010	7	Цех по- крытий	суббота	13.30	19	0,33	Участок упаковки рулонов горячецин- кового проката	Воздействие движущихся предметов	Работа без СИЗ	Тяжелый	

Продолжение таблицы Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010	8	ККЦ	вторник	16.40	41	18,83	Отделение непрерывной разливки	Падение кусковых материалов с высоты	Нарушение норм заполнения тары	Тяжелый	инв. III группы
2010	9	ЛПЦ-5	вторник	03.15	29	8,17	Отделочное отделение АПР №4	Падение предметов	Обрыв упаковочной ленты	Тяжелый	
2010	10	ЛПЦ-5	воскресение	02.30	33	15,08	Травильное отделение НТА №2	Падение при перемещении	Отсутствие ограждения приямка кислых стоков	Легкий	
2010	11	ЛПЦ-5	суббота	17.30	25	0,08		Воздействие движущихся предметов	Недоработка инструкции	Тяжелый	
2010	12	ЛПЦ-7	понедельник	02.30	36	1,67	Трубоэлектросварочный стан	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Нарушение требований инструкции	Легкий	
2010	13	Цех покрытий	пятница	22.20	22	0,17	Агрегат полимерных покрытий	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Необученность пострадавшего	Тяжелый с увечьем	перевод на другую работу
2011	14	ЛПЦ-5	понедельник	11.35	50	0	ж.д. тупик №12	Падение предметов	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС; Отсутствие предохранительного замка на крюке крана	Смертельный	
2011	15	ЛПЦ-5	понедельник	11.35	60	0	ж.д. тупик №12	Падение предметов	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС; Отсутствие предохранительного замка на крюке крана	Смертельный	

Продолжение таблицы Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2011	16	ЛПЦ-5	среда	11.30	49	14,67	Травильное отделение, отгрузочная рампа ж.д. тупик №12	Падение крюковой подвески большого подъема	Нарушение требований инструкции (ввод в работу крана, находящегося на реконструкции)	Смертельный	
2011	17	ЛПЦ-4	четверг	13.30	27	1,25	Ремонтная площадка электрослужбы	Падение пострадавшего	Неадекватный контроль за действием подчиненного персонала; Нарушение требований инструкций	Тяжелый	инв. III группы
2011	18	ЛПЦ-5	вторник	18.25	43	9,83	Дрессировочный стан "2500"	Воздействие движущихся механизмов	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС; Нахождение пострадавшего в опасной зоне	Тяжелый	
2011	19	ЛПЦ	среда	22.45	22	3	Аварийная стана - 2350	Падение предметов	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Тяжелый с увечием	инв. II группы
2011	20	Доменный цех	вторник	04.00	46	5,92	Доменная печь №2, Главный горновой желоб	Контакт с расплавленным металлом	Нарушение требований инструкции; Неудовлетворительный контроль за безопасным производством работ со стороны РСС	Легкий	
2011	21	ГОП	понедельник	12.30	44	11,67	Рудник "Малый Куйбас"	Поражение техническим электротоком	Не отключенное электрооборудование	Смертельный	
2011	22	ЛПЦ	вторник	12.15	43	7,42	Стан 4500, газопровод коксового газа камерной печи	Воздействие экстремальных температур	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Тяжелый с увечием	инв. II группы
2011	23	ГОП	вторник	13.40	21	1	Аглофабрика №2	Воздействие экстремальных температур	Нарушение требований инструкции	Легкий	

Продолжение таблицы Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2011	24	ГОП	пятница	13.15	40	18,42	Аглофабрика №2, корпус спекального отделения	Воздействие движущихся, вращающихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ	Тяжелый с увечием	инв. III группы
2011	25	ЛПЦ-7	вторник	07.45	24	0,67	Агрегат продольной резки	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Отсутствие в инструкции по профессии порядка безопасной установки опоры	Легкий	
2011	26	Цех от- делки литых заготовок	пятница	22.40	29	8,58	ЦОЗЛ	Воздействие экстремальных температур	Личная неосторожность	Легкий	
2011	27	ККЦ	вторник	18.10	26	1	Конверторное отделение	Падение при перемещении	Личная неосторожность	Легкий	
2011	28	Сортовой цех	суббота	18.30	25	5,92	Стан - 370	Воздействие вращающихся предметов	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Тяжелый с увечием	инв. III группы
2012	29	Сортовой цех	воскресение	23.30	36	5,5	Стан - 500, Стенд для сборки крышек станины	Воздействие движущихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Легкий	
2012	30	ГОП	четверг	01.30	26	7	Рудник "Малый Куйбас"	Воздействие движущихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ; Не контролируемое движение ковша	Тяжелый	
2012	31	Цех по- крытый	воскресение	00.10	25	1,75	АНГЦ, выходная секция	Воздействие движущихся, вращающихся предметов, деталей	Отсутствие захвата полосы подающим роликом из-за попадания на нее остатков масла; Нахождение в опасной зоне	Легкий	

Продолжение таблицы Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2012	32	Сортовой цех	суббота	16.45	41	4	Стан - 370	Воздействие движущихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС; Неудовлетворительный контроль за безопасным производством работ со стороны РСС; Установка не предусмотренных конструкций; Нахождение в опасной зоне	Смертельный	
2012	33	ЛПЦ-4	вторник	22.30	25	0,25	ж.д. тупик №1	Воздействие движущихся предметов, в т.ч. контактные удары при столкновении с движущимися предметами	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Тяжелый с увечием	инв. III группы
2012	34	Доменный цех	вторник	05.00	40	9,17	Доменная печь №4	Падение пострадавшего с высоты	Неудовлетворительный контроль за безопасным производством работ со стороны РСС	Легкий	
2012	35	УПНМ	понедельник	10.50	22	0,33	апр.08	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Легкий	
2012	36	ЛПЦ-3	четверг	18.45	23	2,42	Агрегат продольной резки	Воздействие движущихся предметов, деталей	Неудовлетворительный контроль за безопасным производством работ со стороны РСС	Тяжелый с увечием	инв. II группы
2012	37	Сортовой цех	среда	16.00	55	7,75	Сталеразделительная секция	Воздействие движущихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Легкий	
2012	38	ГОП	вторник	05.50	25	2,67	Аглоцех, участок усреднения концентрации	Воздействие движущихся предметов, деталей	Нахождение рабочего на конвейере	Смертельный	

Продолжение таблицы Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2012	39	ГОП	среда	17.15	44	6,5	Аглофабрика №2	Воздействие экстремальных температур	Неудовлетворительный контроль за состоянием бункера	Тяжелый с увечием	инв. III группы
2012	40	ЛПЦ	среда	04.05	23	0,25	Склад готовой продукции	Прочее	Личная неосторожность	Легкий	
2012	41	ЛПЦ-5	воскресение	05.50	39	13,92	Дрессировочный стан "2500"	Воздействие движущихся механизмов	Нарушение требований инструкции	легкий	
2012	42	ККЦ	вторник	20.40	49	9,58	Конверторное отделение	Падение с высоты	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ	Легкий	
2012	43	Доменный цех	понедельник	11.20	45	15		Падение пострадавшего с высоты	Личная неосторожность	Легкий	
2013	44	Доменный цех	понедельник	01.15	31	9,83	Доменная печь №4	Падение пострадавшего с высоты	Падение в главный горновой желоб на горячие продукты плавки по неустановленным причинам	Смертельный	
2013	45	Цех покрытий	пятница	01.25	24	1,5	Агрегат полимерных покрытий	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Тяжелый с увечием	инв. III группы
2013	46	ЛПЦ-3	вторник	08.15	52	4,83		Воздействие движущихся предметов, деталей	Неудовлетворительный контроль за безопасным производством работ со стороны РСС	Тяжелый с увечием	перевод на другую работу
2013	47	Сортовой цех	четверг	11.00	44	25,75		Воздействие движущихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Легкий	
2013	48	ЛПЦ-4	суббота	03.45	27	2,25		Воздействие движущихся предметов	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Тяжелый	

Продолжение таблицы Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2013	49	Доменный цех	пятница	17.50	21	1,75	Доменная печь №6	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Легкий	
2013	50	ЛПЦ-5	понедельник	09.15	30	0,92	апр.09	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Нарушение требований инструкции	Легкий	
2013	51	ЛПЦ-5	воскресение	20.30	23	4,08		Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Неудовлетворительный контроль со стороны РСС	Тяжелый с увечием	инв. II группы
2013	52	Доменный цех	понедельник	10.50	50	0,42	Доменная печь №2	Падение пострадавшего с высоты	Личная неосторожность	Тяжелый	
2013	53	УПНМ	среда	04.30	29	5	апр.08	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Легкий	
2013	54	Доменный цех	воскресение	12.10	18	0,08	Доменная печь №4	Прочее (столкновение с перемещающимися предметами)	Неудовлетворительны контроль за безопасным проведением стажировки	Тяжелый	
2013	55	Цех покрытий	понедельник	20.40	26	2	Участок отгрузки горячего проката	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов	Использование в работе ударного инструмента без осмотра ее инженерно-техническим работником	Легкий	
2013	56	ЛПЦ-5	суббота	17.00	31	0,17	цех покрытий, агрегат полимерных покрытий	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Нахождение пострадавшего в опасной зоне	Тяжелый	
2013	57	Цех покрытий	понедельник	17.00	31	0,17	Агрегат полимерных покрытий	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Нахождение в опасной зоне	Тяжелый	
2013	58	ЛПЦ-5	воскресение	02.30	46	0,58	ж.д. тупик №15	Падение с высоты	Личная неосторожность	Легкий	

Продолжение таблицы Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	59	Доменный цех	вторник	13.15	22	6,83	Доменная печь №9	Воздействие экстремальных температур	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Легкий	
2014	60	ЭСПЦ	воскресение	06.15	48	9,08	Ковшовое отделение	Воздействие экстремальных температур	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ	Тяжелый	
2014	61	Цех покрытий	пятница	12.20	48	12,33	Агрегат электролужения	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Неудовлетворительное состояние оборудования агрегата электролитического лужения	Смертельный	
2014	62	ГОП	четверг	10.30	52	7,5	ЦПАШ, здание вагоноопрокидывателя	Падение, обрушения, обвалы предметов	Неудовлетворительный контроль за производством работ	Легкий	
2014	63	Сортовой цех	пятница	11.00	43	1,75	Мастерская подготовки клетей стана 450	Воздействие движущихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Легкий	
2014	64	Доменный цех	воскресение	23.45	53	5,75	Доменная печь №7	Падение, обрушения, обвалы предметов	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Легкий	
2014	65	ЭСПЦ	пятница	01.25	22	1,33	ДСП №2	Падение пострадавшего с высоты	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ	Легкий	
2014	66	ЭСПЦ	суббота	05.20	24	3,25	Литейный кран	Воздействие экстремальных температур	Нарушение технологического процесса	Легкий	
2014	67	Цех покрытий	вторник	19.30	21	0,17	Электромостовой кран	Падение пострадавшего с высоты	Недостатки в организации проведения подготовки работников по ОТ	Тяжелый с увечием	инв. III группы
2014	68	ГОП	суббота	10.00	30	0,83	РОФ, галерея конвейера №6 бис	Падение, обрушения, обвалы предметов	Неудовлетворительный контроль за производством работ	Легкий	

Продолжение таблицы Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	69	ЭСПЦ	вторник	17.05	36	1,83	ДСП №2	Падение пострадавшего с высоты	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ; Неудовлетворительное содержание рабочего места	Легкий	
2014	70	ЛПЦ-10	среда	20.30	56	13,75	ЛПЦ-10	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Тяжелый	
2014	71	ЭСПЦ	воскресение	03.55	26	0,5	ДСП №1	Воздействие экстремальных температур	Выброс шлака на рабочую площадку через рабочее окно	Тяжелый	
2014	72	ЭСПЦ	воскресение	03.55	51	9,25	ДСП №1	Воздействие экстремальных температур	Выброс шлака на рабочую площадку через рабочее окно	Легкий	
2014	73	ККЦ	воскресение	08.20	57	18,5	Участок внепечной обработки	Падение предметов	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ; Неудовлетворительное содержание рабочего места	Легкий	
2014	74	Цех покрытий	пятница	08.35	37	0,58	АНГЦ 2	Падение пострадавшего	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС; Личная неосторожность	Легкий	
2014	75	ЛПЦ-8	вторник	14.35	26	0,25	ЛПЦ-8	Падение с высоты	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Тяжелый	
2014	76	ЛПЦ-10	понедельник	18.00	40	12,58	Участок приемки и отгрузки горячекатаных рулонов	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов, деталей	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Легкий	
2014	77	ЭСПЦ	четверг	19.45	38	1,75	МНЛЗ №1	Падение пострадавшего с высоты	Неудовлетворительная организация безопасного производства работ со стороны РСС	Легкий	

Окончание таблицы Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014	78	ЭСПЦ	четверг	16.20	50	3,83		Воздействие движущихся, вращающихся предметов, деталей	Неисправность электрооборудования оперативных цепей управления движения крана	Тяжелый	
2014	79	ЛПЦ	суббота	19.45	26	4	Участок листоотделки стана 2350	Воздействие движущихся, разлетающихся предметов	Личная неосторожность	Легкий	
2014	80	ЛПЦ-3	четверг	17.10	21	0,17	Агрегат электролужения	Воздействие движущихся предметов, деталей	Неудовлетворительный контроль за безопасным производством работ со стороны РСС	Легкий	

Приложение В
(обязательное)

Таблица В1 - Относительные параметры исследуемых условий труда

№п/п	Шум	Освещение	Микроклимат	Вибрация общая	Кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли от 2 до 10% (горючие кулеритные сланцы, медно-сульфидные руды и др.)	Железный агломерат	Кремний диоксид аморфный в смеси с оксидами марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого из них не более 10%	Углерод оксид	Марганец в сварочных аэрозолях при его содержании: до 20%	Кальций оксид+	Железо и его соединения	Аэрозоль смешанного состава	Хром (VI) триоксид+	Марганца оксиды (в перечислении на марганец диоксид) б) аэрозоль конденсации
	Y1	Y2	Y2/1	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,08	0,34	0,78	0,560	0,300	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,320	0,300	0,001	0,001
2	1,04	0,25	0,95	0,001	0,520	0,001	0,001	0,980	0,001	0,001	1,100	1,160	0,001	3,800
3	1,04	0,80	0,38	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,260	0,280	0,001	0,001
4	1,05	0,68	1,03	0,890	0,290	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,570	0,320	0,001	0,001
5	1,03	0,73	0,8	0,001	1,260	0,001	0,001	0,970	0,001	0,001	0,760	0,500	1,160	0,990
6	1,10	0,08	0,92	0,660	0,520	0,001	0,001	0,390	0,001	0,001	1,130	1,630	1,650	1,340
7	1,00	0,39	0,97	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,200	0,310	0,001	0,001
8	0,92	0,75	0,15	0,670	0,550	0,001	0,001	0,650	0,001	0,001	0,990	1,790	1,210	9,200
9	0,78	2,21	0,99	0,980	0,970	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,680	0,540	0,001	0,001
10	0,89	1,40	1,06	0,590	0,860	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,530	0,230	0,001	0,001
11	1,05	0,50	1,21	0,560	0,390	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,320	0,370	0,001	0,001
12	0,95	0,38	0,54	1,130	0,460	0,001	2,900	0,250	1,700	0,001	0,420	0,570	0,001	0,001
13	1,03	1,00	1,20	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,310	0,100	0,001	0,001
14	1,18	0,46	0,87	0,001	0,760	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,590	0,380	0,001	0,001
15	1,18	0,46	0,74	0,001	0,590	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,570	0,380	0,001	0,001
16	1,10	0,09	0,65	0,001	0,470	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,490	0,400	0,001	0,001

Продолжение таблицы В1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17	1,04	0,53	1,2	0,001	0,550	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,240	1,480	0,001	0,001
18	1,18	1,67	1,56	0,990	0,260	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,370	0,230	0,001	0,001
19	1,08	0,34	1,24	0,001	0,370	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,730	0,620	0,001	0,001
20	1,01	0,26	0,97	1,100	6,180	0,001	0,001	1,130	0,001	0,001	1,351	1,160	2,130	0,970
21	1,04	0,68	0,12	0,001	0,001	0,670	0,001	0,001	0,001	0,720	0,012	0,960	0,001	0,001
22	0,91	0,78	1,92	0,640	0,240	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,510	0,670	0,001	0,001
23	0,99	0,70	0,74	0,890	0,001	8,800	0,001	0,001	0,001	0,640	0,090	0,390	0,001	0,001
24	0,96	0,42	0,53	0,710	0,001	1,370	0,001	0,001	0,001	0,580	0,260	0,160	0,001	0,001
25	1,20	0,38	0,46	0,880	0,580	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,620	0,620	0,001	0,001
26	1,21	0,53	1,01	0,001	0,160	0,001	2,500	0,001	1,350	0,001	0,001	0,130	0,001	0,001
27	1,01	0,49	1,06	0,001	0,520	0,001	0,001	0,860	0,001	0,001	0,980	1,560	10,000	0,920
28	1,03	0,40	1,00	0,810	0,340	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,290	0,340	0,001	0,001
29	1,03	0,40	0,65	0,001	0,460	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,380	0,330	0,001	0,001
30	1,04	1,00	0,54	0,001	0,001	0,001	9,700	0,001	11,700	0,001	0,001	0,230	0,001	0,001
31	0,95	0,87	0,12	0,670	0,120	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,090	0,120	0,001	0,001
32	0,99	0,62	1,94	0,730	0,350	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,240	0,510	0,001	0,001
33	1,04	0,46	0,35	0,001	0,260	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,160	0,410	0,001	0,001
34	1,01	0,26	0,46	0,960	10,880	0,001	0,001	1,620	0,001	0,001	1,761	1,760	0,950	1,610
35	1,23	0,42	0,58	0,001	0,110	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,700	0,001	0,001
36	0,91	0,78	0,77	0,910	0,370	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,480	0,420	0,001	0,001
37	1,01	1,15	0,81	0,950	0,160	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,160	0,200	0,001	0,001
38	1,06	0,33	0,41	0,880	0,001	4,760	0,001	0,001	0,001	1,520	1,651	0,560	0,001	0,001
39	1,09	0,19	0,52	0,750	0,001	8,900	0,001	0,001	0,001	1,200	1,160	0,350	0,001	0,001
40	1,06	0,94	1,30	0,001	0,490	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,650	0,230	0,001	0,001
41	1,18	1,67	0,97	0,950	0,620	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,130	0,270	0,001	0,001
42	1,15	0,11	0,84	0,001	0,300	0,001	0,001	1,100	0,001	0,001	1,680	1,580	1,130	0,390
43	1,04	0,67	1,36	0,850	1,160	0,001	0,001	0,980	0,001	0,001	1,340	0,970	0,670	0,240
44	1,01	0,26	1,05	0,960	1,390	0,001	0,001	0,960	0,001	0,001	1,761	2,160	1,130	0,590

Продолжение таблицы В1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
45	0,95	0,87	1,09	0,690	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,130	0,170	0,001	0,001
46	1,06	0,94	3,54	0,910	0,160	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,460	0,530	0,001	0,001
47	0,95	0,47	1,81	0,670	0,490	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,520	0,130	0,001	0,001
48	1,04	0,53	1,92	0,690	0,400	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,310	0,450	0,001	0,001
49	1,01	0,26	0,12	0,960	10,880	0,001	0,001	0,570	0,001	0,001	1,761	1,200	1,000	0,960
50	1,01	0,56	0,89	0,770	0,260	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,270	0,620	0,001	0,001
51	1,23	0,72	1,60	0,820	0,310	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,330	0,120	0,001	0,001
52	1,14	0,53	1,46	0,990	9,350	0,001	0,001	0,620	0,001	0,001	1,681	1,800	0,970	1,230
53	1,23	0,42	0,53	0,001	0,210	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,700	0,001	0,001
54	1,01	0,26	0,15	0,980	5,900	0,001	0,001	1,300	0,001	0,001	1,401	1,100	0,740	0,650
55	1,03	0,49	1,41	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,110	0,150	0,001	0,001
56	1,23	0,72	0,25	0,680	0,230	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,310	0,200	0,001	0,001
57	0,95	0,87	0,87	0,730	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,230	0,200	0,001	0,001
58	1,05	0,50	0,81	0,001	0,180	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,160	0,280	0,001	0,001
59	1,01	0,26	0,45	0,970	8,580	0,001	0,001	1,300	0,001	0,001	1,601	1,620	0,260	0,750
60	1,14	0,17	0,78	0,930	1,130	0,001	0,001	1,000	0,001	0,001	1,310	3,760	1,320	25,600
61	0,98	0,44	1,21	0,790	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,190	0,320	0,001	0,001
62	1,03	1,05	0,90	1,000	9,570	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	3,771	0,160	0,001	0,001
63	1,00	0,48	0,77	0,920	0,630	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,630	0,170	0,001	0,001
64	1,01	0,30	0,38	0,001	3,080	0,001	0,001	0,810	0,001	0,001	1,201	1,510	0,560	0,190
65	1,05	0,80	1,25	0,001	19,200	0,001	0,001	0,760	0,001	0,001	3,481	1,200	0,970	1,200
66	0,90	0,14	1,64	0,940	1,300	0,001	0,001	1,210	0,001	0,001	1,280	1,610	1,130	0,250
67	1,03	0,39	2,35	1,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,200	0,400	0,001	0,001
68	1,11	0,86	1,24	0,570	8,500	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	2,621	0,160	0,001	0,001
69	1,05	0,20	1,33	0,001	16,200	0,001	0,001	0,390	0,001	0,001	3,481	0,970	0,970	1,200
70	1,03	0,41	0,97	0,750	0,310	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,440	0,520	0,001	0,001
71	1,05	0,20	0,87	0,001	16,200	0,001	0,001	0,420	0,001	0,001	3,481	1,120	0,740	1,200

Окончание таблицы В1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
74	1,03	0,60	0,92	0,970	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,270	0,530	0,001	0,001
72	1,05	0,20	0,50	0,001	16,200	0,001	0,001	0,310	0,001	0,001	3,481	0,950	0,890	1,200
73	1,01	0,50	1,28	0,001	0,520	0,001	0,001	0,870	0,001	0,001	1,130	1,200	10,000	0,590
75	1,03	0,65	0,84	0,930	0,190	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,390	0,300	0,001	0,001
76	1,01	0,52	0,64	0,001	0,250	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,630	0,800	0,001	0,001
77	1,01	0,20	0,52	0,001	5,690	0,001	0,001	0,750	0,001	0,001	1,281	0,560	1,000	0,690
78	1,04	0,53	0,31	0,001	2,310	0,001	0,001	0,640	0,001	0,001	1,221	0,400	0,890	0,190
79	1,13	0,58	1,16	1,030	0,610	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,300	0,420	0,001	0,001
80	1,13	0,58	1,28	0,001	0,260	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,290	0,510	0,690	0,001

Приложение Г
(обязательное)

Таблица Г1 - Данные для обработки

Временная характеристика (дни недели) на время травмы	Профессия (должность)	Возраст / Стаж	Причины	Место происшествия	Вид происшествия	Степень тяжести	Химические факторы, характерные для основных металлургических переделов	Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	Вибро-акустический	Химические факторы, характерные для горно-обогатительного производства
Человеческий фактор	Человеческий фактор	Человеческий фактор	Травматизм	Травматизм	Травматизм	Травматизм	Условия труда	Условия труда	Условия труда	Условия труда
M1	M2	M3	T1	T2	T3	T4	F1	F2	F3	F4
105,00	1	19,43	0,44	1	0,5125	1	0,52208	-0,13666	0,01727	0,40144
26,25	2	2,53	0,11	1	0,1375	1	-0,91035	-0,61942	-0,67146	0,45692
55,50	3	19,00	0,42	1	0,5125	3	0,74572	0,13446	-0,73573	0,10171
67,00	1	4,37	0,44	1	0,5125	2	0,60153	-0,14057	0,55656	-0,37053
6,00	3	4,73	0,42	2	0,1375	3	-0,31752	-0,02374	-0,96353	0,06159
56,25	2	4,14	0,2	1	0,5125	3	-0,84287	-0,82427	-0,06041	0,54802
81,00	1	57,58	0,2	1	0,5125	3	0,57239	0,04515	-0,81126	0,7446
33,34	2	2,18	0,24	1	0,1375	3	-1,13216	-1,93167	0,15778	-1,0173
6,50	1	3,55	0,11	1	0,1375	3	1,09994	0,14018	0,61068	-2,70845
17,50	3	2,19	0,11	2	0,2000	4	0,92495	0,21288	0,13062	-1,23551
105,00	3	312,50	0,11	1	0,5125	3	0,5561	-0,13236	0,02301	0,15172
2,50	3	21,56	0,24	1	0,5125	4	0,26702	-0,44534	0,51589	-0,12834
111,65	1	129,41	0,24	1	0,5125	2	0,89604	0,26323	-0,69633	-0,1969
11,58	1	5000,00	0,53	2	0,1375	1	0,43559	0,28028	-0,70928	0,5662
11,58	1	6000,00	0,53	2	0,1375	1	0,44873	0,25245	-0,71738	0,57467
34,50	1	3,34	0,24	1	0,1375	1	0,30767	0,15021	-0,79347	1,1625
40,50	3	21,60	0,32	1	0,2000	3	0,09302	-0,39644	-0,7593	0,3826

Продолжение таблицы Г1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
36,84	1	4,37	0,53	1	0,5125	3	1,1232	-0,17822	0,98829	-2,04744
68,25	1	7,33	0,42	1	0,1375	2	0,26269	0,17537	-0,71194	0,7344
8,00	2	7,77	0,32	1	0,1250	4	-1,35156	-0,16168	0,46149	-0,17714
12,50	3	3,77	0,11	3	0,0125	1	0,4752	-0,30688	-0,67245	0,41912
24,50	1	5,80	0,42	2	0,1250	2	0,50479	-0,16585	0,09207	-0,32163
27,34	4	21,00	0,24	1	0,1250	4	0,82433	-0,43843	1,82131	1,75922
66,25	3	2,17	0,53	2	0,5125	2	0,66287	-0,16328	0,31417	0,55018
15,50	1	35,82	0,11	1	0,5125	4	0,31954	-0,3131	0,69019	-0,02794
113,35	1	3,38	0,11	2	0,1250	4	0,76727	0,07638	-0,90776	0,48758
36,34	2	26,00	0,11	1	0,2000	4	-1,65759	-1,12281	-2,81935	1,14234
111,00	1	4,22	0,42	1	0,5125	2	0,54109	-0,25855	0,32946	0,15207
164,50	1	6,55	0,42	1	0,5125	4	0,49989	0,16876	-0,765	0,69402
6,00	3	3,71	0,53	3	0,5125	3	1,36079	0,18688	-3,64847	-2,38758
1,19	1	14,29	0,22	2	0,5125	4	0,8958	-0,12822	0,09621	-0,40463
100,50	1	10,25	0,85	1	0,5125	1	0,57269	-0,28234	0,20757	-0,13139
45,00	1	100,00	0,24	1	0,1250	2	0,55769	0,01836	-0,79977	0,61777
10,00	2	4,36	0,08	1	0,2000	4	-2,15979	0,22931	0,67715	-0,55153
10,83	1	66,67	0,42	1	0,5125	4	0,46403	-0,2075	-0,8364	0,66977
75,00	1	9,50	0,08	2	0,5125	2	0,61894	-0,15893	0,41681	-0,46241
48,00	1	7,10	0,42	1	0,5125	4	0,96794	-0,23895	0,58644	-1,07204
11,66	4	9,36	0,24	1	0,5125	1	0,21862	0,10363	2,51952	2,75484
51,75	4	6,77	0,08	1	0,1250	2	0,43968	-0,01282	3,12603	4,38438
12,24	1	92,00	0,11	1	0,0125	4	0,70322	0,40309	-0,63086	-0,16305
40,81	1	2,80	0,24	1	0,5125	4	1,15054	-0,24327	0,89189	-2,01558
41,34	2	5,11	0,42	2	0,2000	4	-1,28601	-0,22862	-0,94186	0,91545
11,33	3	3,00	0,11	1	0,2000	4	-0,59353	-0,25255	0,39229	-0,51422

Продолжение таблицы Г1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,25	2	3,15	0,11	1	0,2000	1	-1,44981	-0,74823	0,44759	-0,07338
7,10	1	16,00	0,42	2	0,5125	2	0,86984	-0,15487	0,12599	-0,42064
16,50	1	10,77	0,08	1	0,5125	2	0,65801	-0,28316	0,61618	-0,80415
44,00	1	1,71	0,42	1	0,5125	4	0,59085	0,05349	0,12002	0,1706
22,50	3	12,00	0,42	1	0,5125	3	0,53926	-0,2263	0,2	0,01115
89,15	2	12,00	0,42	1	0,5125	4	-1,25149	0,78219	0,78084	-0,36745
9,25	1	32,61	0,24	1	0,5125	4	0,49711	-0,36086	0,27535	-0,08388
143,50	1	5,64	0,08	1	0,5125	2	0,7676	-0,18218	0,61797	-0,44382
10,83	2	119,05	0,11	2	0,2000	3	-1,34041	0,21769	0,99279	-0,91173
13,50	1	5,80	0,42	1	0,5125	4	0,45936	-0,1964	-0,83375	0,66572
85,19	2	225,00	0,08	1	0,0125	3	-1,28355	0,02033	0,56151	-0,19856
20,67	1	13,00	0,11	2	0,5125	4	0,70753	0,09011	-0,81266	0,61148
102,00	1	182,35	0,24	2	0,5125	3	0,73869	-0,16048	0,38264	-0,33276
17,00	1	182,35	0,24	2	0,5125	3	0,83172	-0,14065	0,19495	-0,45684
17,50	1	79,31	0,11	2	0,2000	4	0,63454	0,0739	-0,79643	0,57153
26,50	2	3,22	0,42	1	0,1250	4	-1,64506	0,19379	0,76217	-0,41792
43,75	2	5,29	0,42	1	0,0125	3	-3,43827	-5,22919	1,14269	-1,76489
61,65	1	3,89	0,11	1	0,5125	1	0,60748	-0,30045	0,22838	0,1531
42,00	4	6,93	0,08	1	0,1375	4	-0,4337	2,39921	1,56258	-1,62691
55,00	1	24,57	0,42	1	0,5125	4	0,54846	-0,02441	0,52428	-0,05162
166,25	2	9,22	0,42	1	0,1375	4	-0,93973	0,04632	-0,77312	0,53588
7,10	2	16,54	0,42	1	0,2000	4	-1,99971	2,90079	0,08955	-1,07593
31,98	2	7,38	0,24	1	0,1250	4	-1,27133	-0,684	0,12865	0,29727
39,00	3	123,53	0,24	1	0,2000	2	0,55408	-0,45192	0,56471	0,05269
60,00	4	36,14	0,08	1	0,1375	4	-0,17456	1,91845	0,76651	-0,93123
34,16	2	19,67	0,66	1	0,2000	4	-1,79366	2,6761	-0,03835	0,03492

Окончание таблицы Г1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
61,50	1	4,07	0,42	2	0,5125	3	0,42917	-0,24872	0,27583	0,14861
27,44	2	52,00	0,11	1	0,1250	3	-1,85483	2,6177	0,0071	-0,00291
27,44	2	5,51	0,11	1	0,1250	4	-1,72903	2,707	-0,01128	0,0359
16,31	2	3,08	0,66	2	0,1375	4	-1,52559	-0,84572	-2,80395	1,17225
42,90	1	63,79	0,53	1	0,2000	4	0,5695	-0,44161	0,57012	-0,27382
29,16	1	104,00	0,42	1	0,2000	3	0,64912	-0,23709	0,54796	-0,31874
18,00	1	3,18	0,42	1	0,5125	4	0,29408	0,05601	-0,70345	0,4477
79,00	2	21,71	0,42	1	0,2000	4	-0,74851	0,70778	-0,78242	0,6861
65,32	2	13,05	0,11	1	0,5125	3	-0,26042	0,51699	-0,80831	0,3597
118,50	3	6,50	0,11	1	0,5125	4	0,57527	-0,38543	0,80799	-0,36788
68,68	1	123,53	0,42	1	0,5125	4	0,46782	-0,00434	-0,90137	0,47096

В ходе предварительной обработки текстовые значения были переведены в цифровые следующим образом:

1. Дни недели: 1 – понедельник; 2 – вторник; 3 – среда; 4 – четверг; 5 – пятница; 6 – суббота; 7 – воскресенье.
2. Профессия (должность), кодирована по уровням обслуживаемого производства: 1 – прокатное производство, 2 – металлургическое производство, 3 – персонал, обслуживающий вспомогательные цеха производства, 4 – работники горно-обогатительного производства.
3. Возраст / стаж: отношение возраста пострадавшего к его стажу (ввиду наличия корреляционных связей (0,4966) между показателями: возраст пострадавшего и стаж).
4. Причины: вероятностные значения причины возникновения несчастного случая. Если причин несколько то, ввиду того, что события не совместны, вероятность вычислялась по формуле $P(A+B+\dots+K) = P(A) + P(B) + \dots + P(K)$.
5. Место происшествия: 1 – в пределах стационарного рабочего места, 2 – в пределах не стационарного рабочего места на территории цеха, 3 – в пределах не стационарного рабочего места вне цеха).
6. Вид происшествия: вероятностные значения наступления данного вида происшествия.
7. Степень тяжести: 1 – смертельные; 2 – тяжелые с увечьем; 3 – тяжелые, 4 – легкие.
- 8-11. Химические факторы, характерные для основных металлургических переделов; аэрозоли преимущественно фиброгенного действия; вибро-акустический; химические факторы, характерные для горно-обогатительного производства: получены в ходе проведенной факторизации условий труда.