

На правах рукописи



ШИШКИНА СВЕТЛАНА ВАЛЕНТИНОВНА

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ
ТРУДА НА ОСНОВЕ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ КОМПЕТЕНЦИЙ
ПЕРСОНАЛА ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Специальность 05.26.01 –
«Охрана труда» (горная промышленность)**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новокузнецк – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет» (ФГБОУ ВО «СибГИУ»)

Научный руководитель: **Павлова Лариса Дмитриевна**, доктор технических наук, доцент, директор Института информационных технологий и автоматизированных систем ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

Официальные оппоненты:

Кравчук Игорь Леонидович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, директор Челябинского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела Уральского отделения Российской академии наук

Ворошилов Сергей Петрович, кандидат физико-математических наук, директор Ассоциации «Некоммерческое партнерство «Кузбасский межотраслевой Центр охраны труда»

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»)

Защита состоится «1» ноября 2019 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 520.063.02 при АО «Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли» по адресу: 650002, Россия, г. Кемерово, ул. Институтская, 3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте АО «НИЦ ВостНИИ» <http://www.nc-vostnii.ru/napravleniya-deyatelnosti/nauchno-obrazovatel'naya-deyatelnost/soiskateli.php>

Автореферат разослан _____ 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 520.063.02



Д.В. Ботвенко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Человеческий фактор является определяющим в успехе перехода от индустриальной экономики к информационной, так как хорошо обученный, правильно организованный и мотивированный персонал, обладающий профессиональными компетенциями, определяет судьбу предприятия. В структуре организационно-технической системы погрузочно-транспортного предприятия угольного холдинга целенаправленное развитие компетенций персонала определяет уровень безопасных условий труда, обеспечивает сохранение жизни и здоровья работников в процессе производственной деятельности. Эффективная система управления персоналом погрузочно-транспортного предприятия способна обеспечить синхронное развитие подсистем основного производства, производственной и социальной инфраструктур организационно-технической системы предприятия.

Однако, только в одном погрузочно-транспортном предприятии ООО «Объединённое ПТУ Кузбасса» с 2000 по 2013 гг. произошло 168 случаев аварий и происшествий в виде: наезда на посторонних людей (24 %), сходов подвижного состава (21 %), взрывов стрелочных переводов (21 %), столкновений подвижного состава (8 %) и др. Основными причинами указанных инцидентов являются: увеличение объемов перевозок при проводимой оптимизации численности персонала, неудовлетворительная организация и контроль производства работ, нарушения технологического процесса, трудовой и производственной дисциплины, рост числа нарушений среди работников, обеспечивающих безопасность выполнения работ, низкая квалификация и недостаточный опыт работников, допустивших происшествия. Указанные причины тесно связаны с уровнем профессиональных компетенций персонала.

Одним из перспективных направлений повышения безопасности труда и снижения рисков возникновения аварий и происшествий в работе погрузочно-транспортного предприятия угольного холдинга является разработка и реализация методов обеспечения безопасных условий труда на основе повышения уровня профессиональных компетенций персонала.

Решению задачи управления развитием профессиональных компетенций персонала промышленных предприятий свои работы посвятили отечественные и зарубежные учёные и практики, такие как М. Амстронг, А.С. Астахов, Р.Р. Блейк, Ю.Г. Галкин, Х.Т. Грехэм, А.С. Голик, Ю.Г. Грибин, Д.Г. Даянц, Т. Йеннер, И.Л. Кравчук, Л.В. Лабунский, В.С. Лудзиш, Г.У. Матушанский, М.Х. Мескон, Г. Мюнстерберг, А.Ф. Павлов, М. Паркинсон, Д. Ризон, Ю.А. Тихомиров, К.Д. Штаффельбах, Т. Шульц, М. David, А. Hopkins, J. Reason и др. В научных трудах этих учёных изложены методы и технологии создания системы управления персоналом, приведены результаты, подтверждающие эффективность повышения компетентности персонала для обеспечения безопасных условий труда и сохранения здоровья работников.

Во многих работах рассматриваются компетенции отдельного работника, что не всегда соответствует современной организации труда, при которой основные процессы выполняются коллективом (бригада, звено, экипаж и др.). Методика оценки эффективности профессиональных компетенций таких коллективов и их влияния на безопасность труда не разработана, хотя, по мнению многих организаторов производства, формирование коллектива на основе синтеза личностных и коммуникативных компетенций в соответствии с трудовыми функциями является актуальной задачей.

Разработанные подходы не учитывают особенности решения задач обеспечения безопасных условий труда персонала предприятий отдельных отраслей экономики, таких как погрузочно-транспортные предприятия угольных холдингов, которые только в Кемеровской области осуществляют погрузку и отправку потребителям более 200 млн т угля в год.

В связи с вышеизложенным, разработка и реализация методов обеспечения безопасных условий труда на основе повышения уровня профессиональных компетенций персонала погрузочно-транспортного предприятия угольного холдинга является актуальной научной задачей, решение которой имеет существенное значение для охраны труда в горной промышленности.

Диссертация выполнена в соответствии с производственным планом развития угольного холдинга АО «СУЭК-КУЗБАСС», научно-исследовательскими работами: «Обоснование актуальности, постановка и описание задач управления социальной безопасностью транспортно-погрузочных предприятий АО «СУЭК-КУЗБАСС» (Рег. номер НИОКР 11507130015, дата рег. 13.07.2015), «Разработка алгоритмов управления социальной безопасностью ООО «Объединенное производственно-транспортное управление Кузбасса» (Рег. номер НИОКТР АААА-А16-116071210033-3, дата рег. 12.07.2016), «Разработка и реализация модели коммуникативных компетенций в соответствии с трудовыми функциями и стратегией развития погрузочно-транспортного предприятия АО «СУЭК-КУЗБАСС» (Рег. номер НИОКТР АААА-А18-118112790056-1 (дата рег. 27.11.2018).

Объект исследования: профессиональная пригодность работников погрузочно-транспортного предприятия, занятых на опасных работах и работах, требующих повышенного внимания, быстрой реакции и высокой ответственности.

Предмет исследования: модель формирования профессиональных компетенций персонала погрузочно-транспортного предприятия, позволяющая снизить риски возникновения аварий и происшествий и повысить безопасность труда.

Идея работы заключается в повышении безопасности труда персонала погрузочно-транспортного предприятия угольного холдинга посредством создания интеллектуальной системы управления охраной труда, обеспечивающей снижение уровня аварийности и повышение компетентности работников.

Целью работы является разработка и реализация методов обеспечения безопасных условий труда на основе повышения уровня компетенций персонала погрузочно-транспортного предприятия для снижения рисков возникновения аварий и происшествий.

Задачи исследований:

1) Разработать метод оценки частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций и технологических карт с учетом упреждающих воздействий, снижающих риск возникновения опасных факторов производства.

2) Разработать метод оценки интегрального воздействия внутренних и внешних факторов на риск возникновения аварий и происшествий в работе погрузочно-транспортного предприятия.

3) Разработать модель формирования профессиональных компетенций, соответствующих трудовым функциям структурных подразделений и обеспечивающих повышение безопасности труда.

Защищаемые научные положения:

1. Применение метода количественной оценки, заключающегося в определении средневзвешенной суммы частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций и технологических карт и учете упреждающих воздействий, позволяет снизить риск возникновения аварий и происшествий до допустимого уровня, значение которого устанавливается в соответствии с целевыми индикаторами функционирования предприятия.

2. Использование метода оценки интегрального воздействия внутренних и внешних факторов на риск возникновения аварий и происшествий в работе погрузочно-транспортного предприятия, сущность которого состоит в построении когнитивной карты, формировании матрицы смежности и вычислении весов влияния концептов на систему, позволяет на основе когнитивного анализа исследовать степень влияния отдельных концептов и их взаимодействия на устойчивость и безопасность работы системы в целом.

3. Применение модели профессиональных компетенций трудового коллектива, которая включает в себя выявление индивидуальных профессиональных компетенций и формирование на их основе трудового коллектива с компетентностью, соответствующей требованиям трудовых функций структурных подразделений предприятия, для выполнения опасных работ или работ, требующих повышенного внимания, обеспечивает снижение частоты возникновения транспортных происшествий в среднем на 3-4 % в год.

Научная новизна работы состоит в следующем:

– разработан метод количественной оценки частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций и технологических карт, отличающийся использованием весовых коэффициентов значимости отклонений;

– предложен метод разработки когнитивной карты для управления рисками возникновения инцидентов, отличающийся учетом в кортежах численных значений весов связей между вершинами когнитивной карты, которые являются индикаторами риска возникновения аварийной ситуации в работе погрузочно-транспортного предприятия;

– разработана методика экспертной оценки значимости индивидуальных компетенций, отличающаяся возможностью учета основного целевого индикатора в виде минимального риска возникновения аварий и происшествий в модели формирования профессиональных компетенций.

Методы исследований: системного анализа при изучении существующих систем управления, теорий, правил и норм организации охраны труда промышленных предприятий; математической статистики при разработке метода количественной оценки частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций и технологических карт; когнитивного моделирования и теории управления рисками при разработке метода оценки интегрального воздействия элементов сложных систем предприятий на риск возникновения аварий и происшествий; теории вероятностей при оценке значимости профессиональных компетенций.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

– достаточным количеством респондентов для анкетирования по вопросам из области охраны труда и безопасности (было учтено 187 профессиональных компетенций);

– корректным проведением статистического анализа данных (вероятность оценки значимых компетенций составляет 0,97–0,98);

– положительными результатами практического использования разработанного метода по снижению риска возникновения аварий и происшествий в работе погрузочно-транспортного предприятия (за 2016–2018 гг. количество транспортных происшествий уменьшилось более чем в 3 раза).

Практическая значимость проведенных исследований заключается в следующем:

1. Использование разработанных методов управления развитием профессиональных компетенций персонала позволяет реализовать интеллектуальную поддержку центра принятия решений и обеспечивает эффективное управление персоналом промышленного предприятия.

2. Разработанный метод когнитивного моделирования может применяться для оценки интегрального воздействия элементов сложных систем предприятий-аналогов на риск возникновения аварий и происшествий.

3. Результаты исследований могут использоваться в учебном процессе для подготовки, переподготовки и повышения квалификации работников погрузочно-транспортных предприятий по охране труда.

Реализация результатов. Результаты научных исследований приняты к реализации в ООО «Объединённое ПТУ Кузбасса». Расчетный экономический эффект от внедрения разработанных методов и компьютерных программ для обеспечения безопасных условий труда в ООО «Объединённое ПТУ Кузбасса» в 2018 г. составил 23,7 млн руб. Долевое участие автора 50 %, что составляет – 11,85 млн руб.

Апробация работы. Результаты исследований были представлены на Международных научно-практических конференциях «Наукоёмкие технологии

разработки и использования минеральных ресурсов», проводимых в рамках специализированной выставки «Уголь России и Майнинг» (г. Новокузнецк, 2015–2018 гг.), Всероссийских научно-практических конференциях (с международным участием) «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве» (г. Новокузнецк, 2015 г., 2017 г.), Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) «Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах» (г. Новокузнецк, 2016 г.), научно-техническом совете АО «СУЭК-Кузбасс» (г. Ленинск-Кузнецкий, ноябрь, 2018 г.), аналитико-моделирующем семинаре-практикуме «Путь к дальнейшему повышению безопасности и эффективности производства» (г. Челябинск, 2018 г.).

Личный вклад автора заключается в следующем:

- проведении анализа существующих систем управления и организации охраны труда погрузочно-транспортных предприятий, разработке методов решения задач управления развитием профессиональных компетенций персонала промышленного предприятия;

- разработке методов количественной оценки частот отклонений в действиях персонала, фактических режимов работы элементов инфраструктуры и основного производства от требований трудовых функций и технологических карт;

- разработке метода оценки влияния отдельных концептов и их взаимного воздействия на устойчивость и безопасность работы системы в целом для условий погрузочно-транспортного предприятия;

- разработке модели формирования профессиональных компетенций персонала, корректировке и реализации на её основе проекта кадровой политики предприятия.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 13 печатных изданиях, из которых 2 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Объём и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, списка использованных источников из 118 наименований, содержит 134 страницы машинописного текста, 33 рисунка, 15 таблиц, 4 приложения.

Во введении обоснованы актуальность разработки методов обеспечения безопасных условий труда на основе развития профессиональных компетенций персонала погрузочно-транспортного предприятия, сформулированы цель, задачи исследований, научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе проведён анализ существующих методов решения задач управления развитием профессиональных компетенций персонала в процессе производственной деятельности промышленного предприятия, обоснованы цель и задачи исследований.

Вторая глава посвящена разработке методов оценки частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций, фактических режимов работы элементов инфраструктуры и основного производства от требований

технологических карт, позволяющих снизить риск возникновения аварий и происшествий до допустимого уровня.

В третьей главе обоснован метод оценки интегрального воздействия внутренних и внешних факторов на риск возникновения инцидентов в работе погрузочно-транспортного предприятия, разработана когнитивная карта в виде ориентированного графа, на основе которой проведена оценка результатов воздействия системы на отдельные ее элементы, а также исследовано влияние элементов на устойчивость и безопасность работы системы в целом.

В четвертой главе разработана модель профессиональных компетенций трудового коллектива на основе синтеза индивидуальных профессиональных компетенций, соответствующих требованиям трудовых функций структурных подразделений предприятия. Приведены результаты реализации механизма управления развитием профессиональных компетенций при достижении целевых функций и обеспечении минимальных рисков возникновения аварий и происшествий в работе погрузочно-транспортного предприятия.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Основные результаты исследования отражены в следующих защищаемых положениях:

1. Применение метода количественной оценки, заключающегося в определении средневзвешенной суммы частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций и технологических карт и учете упреждающих воздействий, позволяет снизить риск возникновения аварий и происшествий до допустимого уровня, значение которого устанавливается в соответствии с целевыми индикаторами функционирования предприятия.

С целью профилактики аварий и происшествий в работе погрузочно-транспортного предприятия необходимо прогнозировать вероятность их возникновения. Для этого следует решить задачу оценки частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций с целью принятия решений по профилактике рисков возникновения аварийных ситуаций. В качестве исходных данных используются результаты ретроспективного анализа: частота произошедших инцидентов и основные причины их возникновения с учетом наиболее неблагоприятных периодов в течение года.

Состояние объекта управления в начальный период T_1 принято устойчивым. Трудовые функции в период $\Delta T = T_2 - T_1$, где T_1 – время начала выполнения трудовой функции; T_2 – время окончания выполнения трудовой функции, приняты постоянными. В период ΔT профессиональный уровень и компетенции персонала могут изменяться посредством повышения квалификации, инструктажа, изменения условий работы персонала, стимулирования персонала и технического перевооружения элементов инфраструктуры.

Для решения задачи оценки частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций используется аддитивный метод с

использованием весовых коэффициентов. При одновременном выполнении процессов и операций в пределах периода ΔT несколькими работниками в структуре одной службы или участка средневзвешенная сумма SV частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций имеет вид:

$$SV = \frac{\sum_{j=1}^{n_1} (s_1 v_{1j} + s_2 v_{2j} + \dots + s_i v_{ij} + \dots + s_m v_{mj})}{\sum_{i=1}^m s_i}, \quad (1)$$

где v_{ij} – частота возникновения i -го отклонения действия j -го работника от требования трудовой функции; s_i – весовой коэффициент значимости i -го отклонения; m – количество отклонений за период ΔT ; n_1 – количество работников в структуре одной службы или участка.

Графики частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций, зафиксированных в ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса» за 2017 год, представлены на рисунке 1.

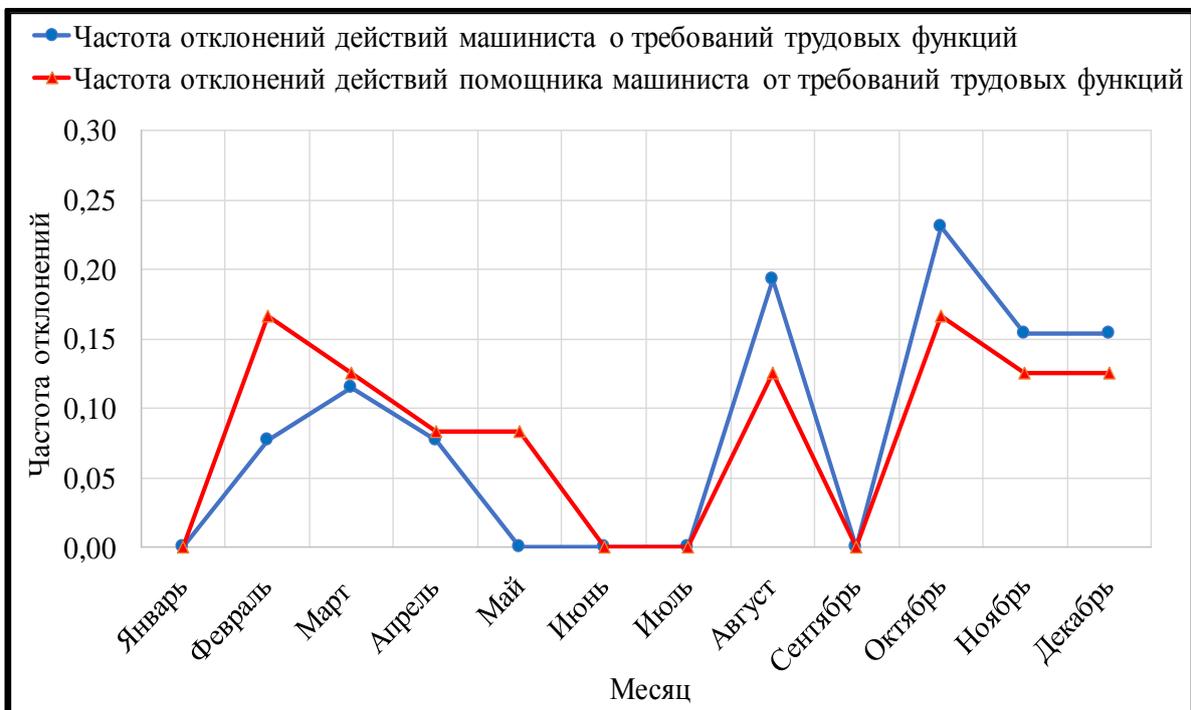


Рисунок 1 – График частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций (ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса», 2017 г.)

Предложенный подход позволяет получить количественные оценки отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций в структуре различных участков и служб и использовать их при выборе управляющих решений, направленных на минимизацию этих отклонений.

Аналогично можно выполнить оценку частот отклонений фактических режимов работы элементов инфраструктуры и основного производства от требований технологических карт.

В период ΔT состояние объектов инфраструктуры и основного производства может изменяться вследствие износа оборудования, технического перевооружения элементов инфраструктуры.

При одновременном выполнении процессов и операций в структуре одной службы или участка в пределах периода ΔT средневзвешенная сумма SW частот отклонений фактических режимов работы элементов инфраструктуры или основного производства от требований технологических карт имеет вид:

$$SW = \frac{\sum_{k=1}^{n_2} (q_1 w_{1k} + q_2 w_{2k} + \dots + q_l w_{lk} + \dots + q_p w_{pk})}{\sum_{l=1}^p q_l}, \quad (2)$$

где w_{lk} – частота возникновения l -того отклонения фактического режима работы k -того элемента инфраструктуры или основного производства от требования технологической карты; q_l – весовой коэффициент значимости l -того отклонения; p – количество отклонений за период ΔT ; n_2 – количество элементов инфраструктуры или основного производства в структуре одной службы или участка.

В качестве примера в таблице 1 приведены взвешенные частоты отклонений и их средневзвешенная сумма, вычисленные по формуле (2), зафиксированные в ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса» за 2010–2015 гг.

Аддитивный метод с использованием весовых коэффициентов позволяет выявить динамику отклонений фактических режимов работы элементов инфраструктуры и основного производства от требований технологических карт и оценить вероятность возникновения инцидентов.

Таблица 1 – Взвешенные частоты отклонений элементов инфраструктуры от требований технологических карт

Вид нарушения	Года					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Броски, толчки и удары подвижного состава	0,023	0,019	0,006	0,014	0,014	0,016
Недостаточное освещение	0,004	0,008	0,001	0,003	0,004	0,008
Нарушения систем сигнализации и связи	0,007	0,007	0,009	0,003	0,013	0,015
Неудовлетворительное состояние путей и стрелок	0,011	0,014	0,013	0,042	0,011	0,066
Неудовлетворительное состояние стеллажей	0,001	0,001	0,000	0,003	0,000	0,007
Прочие	0,003	0,002	0,002	0,004	0,004	0,016
Средневзвешенная сумма	0,022	0,022	0,014	0,030	0,020	0,056

Для решения задачи обеспечения безопасных условий труда персонала погрузочно-транспортного предприятия в пределах допустимого уровня риска возникновения аварий и происшествий рассмотрены условия взаимодействия работников с элементами производственной инфраструктуры и основного производства в соответствии с целевыми индикаторами ООО «Объединённое ПТУ Кузбасса».

Согласно профессиональным стандартам и технологическим картам систематизированы трудовые функции и действия для основных видов деятельности предприятия.

Упреждающие воздействия могут разрабатываться и реализовываться поэтапно по рекомендациям контролирующих управляющих центров. Весовой коэффициент значимости управляющего воздействия принимается равным весовому коэффициенту значимости соответствующего отклонения.

При взаимодействии всех подсистем в течение заданного временного периода ΔT с учетом упреждающих мероприятий критерий повышения безопасности труда безопасности имеет вид:

$$(SV - FV) + (SW - FW) \leq R, \quad (3)$$

где FV , FW – упреждающие воздействия; R – допустимый уровень риска возникновения аварий и происшествий, значение которого устанавливается в соответствии с целевыми индикаторами погрузочно-транспортного предприятия и нормативными документами.

Идея решения задачи состоит в непрерывном совершенствовании системы безопасности труда погрузочно-транспортного предприятия посредством оперативной разработки и реализации упреждающих мероприятий при каждом отклонении в действиях персонала от требований трудовых функций и фактических режимов работы элементов инфраструктуры и основного производства от требований технологических карт (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема обеспечения безопасных условий труда персонала погрузочно-транспортного предприятия

С учетом формул (1) и (2) критерий обеспечения безопасных условий труда персонала погрузочно-транспортного предприятия можно записать в виде:

$$\frac{\sum_{j=1}^{n_1} \sum_{i=1}^m s_i (v_{ij} - f_{ij}^v)}{\sum_{i=1}^m s_i} + \frac{\sum_{k=1}^{n_2} \sum_{l=1}^p q_l (w_{lk} - f_{lk}^w)}{\sum_{l=1}^p q_l} \leq R, \quad (4)$$

где f_{ij}^v – частота возникновения j -того упреждающего воздействия, направленного на предотвращение i -того отклонения; f_{lk}^w – частота возникновения k -того упреждающего воздействия, направленного на предотвращение l -того отклонения.

На рисунке 3 в качестве примера приведены частоты отклонений в действиях машиниста от требований трудовых функций и режимов работы тепловозов Ленинского района от требований технологических карт (сплошные линии). Частоты возникновения упреждающих воздействий, направленных на предотвращение отклонений, представлены пунктирными линиями. Суммарный график частот отклонений с учетом упреждающих воздействий изображен в виде штрихпунктирной линии, положение которой не должно превышать допустимый уровень риска R .



Рисунок 3 – Графики частот отклонений и компенсирующих управляющих воздействий в пределах допустимого уровня риска

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что оперативная разработка и реализация упреждающих мероприятий при высокой вероятности превышения допустимого уровня риска в работе погрузочно-транспортного предприятия позволили повысить уровень профессиональных компетенций, безотказной работы оборудования и существенно снизить количество транспортных происшествий.

2. Использование метода оценки интегрального воздействия внутренних и внешних факторов на риск возникновения аварий и

происшествий в работе погрузочно-транспортного предприятия, сущность которого состоит в построении когнитивной карты, формировании матрицы смежности и вычислении весов влияния концептов на систему, позволяет на основе когнитивного анализа исследовать степень влияния отдельных концептов и их взаимодействия на устойчивость и безопасность работы системы в целом.

Для оценки рисков возникновения аварий и происшествий при работе погрузочно-транспортного предприятия было выделено 14 индикаторов. Вариант когнитивной карты в виде графа представлен на рисунке 4.

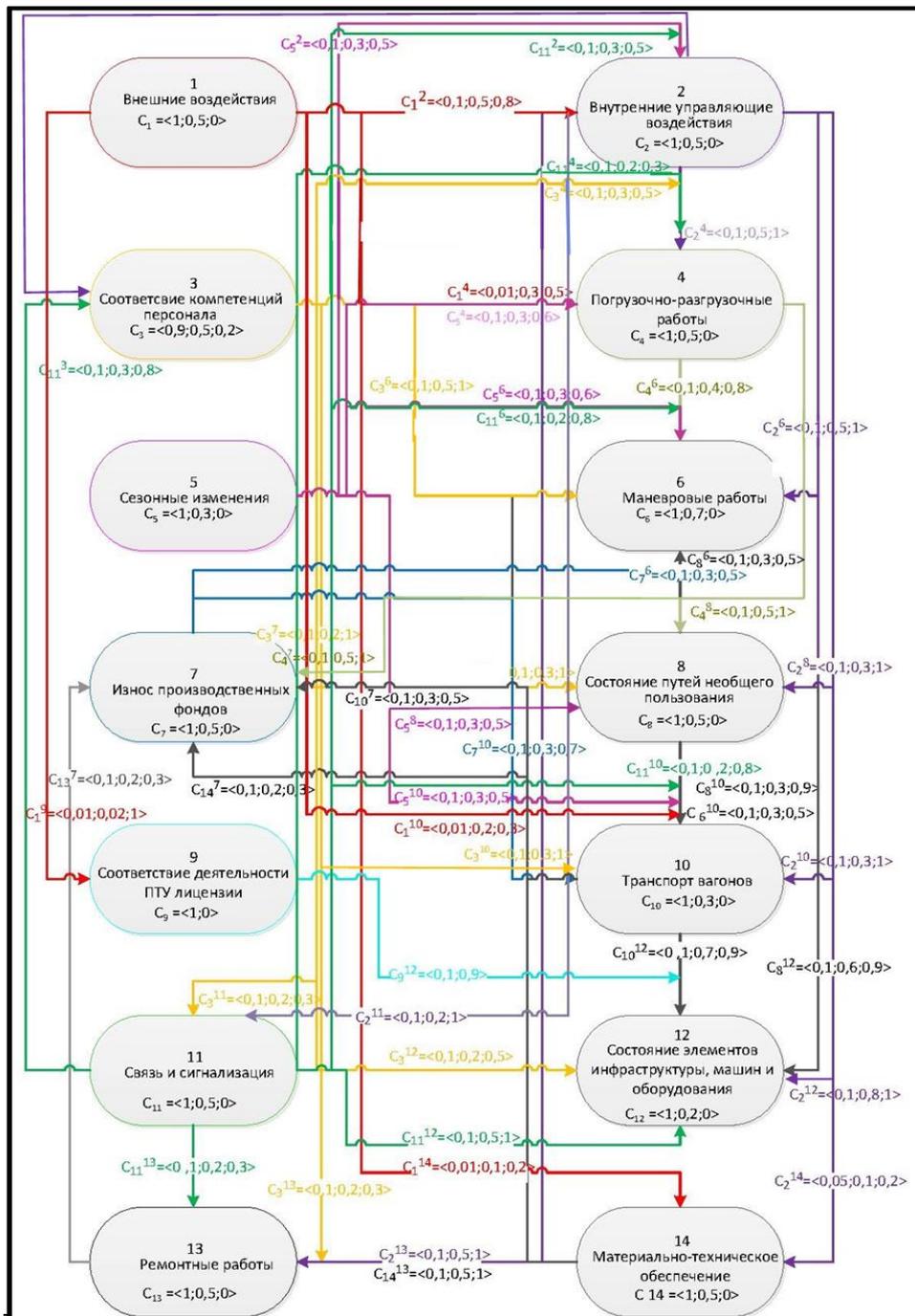


Рисунок 4 – Когнитивная карта, определяющая связи между элементами системы, влияющими на риск возникновения инцидентов в работе погрузочно-транспортного предприятия

Кортеж вариантов значений i -того концепта можно представить в виде:

$$C_i = \langle v_1, v_2, v_3, \dots, v_n \rangle, \quad (5)$$

где C_i – кортеж вариантов значений i -того концепта в i -той вершине графа; $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ – варианты значений i -того концепта в i -той вершине графа; n – длина кортежа C_i .

Вершина i -того концепта в i -той вершине графа может быть прямо связана с соседними вершинами j, k, l, \dots, m , где m – количество парных связей вершин с вершиной i . В этом случае значение концепта в вершине i является причиной, а значение связей в вершинах j, k, l, \dots, m – следствием.

Кортеж парных связей двух соседних вершин $i \rightarrow j$ можно записать в виде следующего кортежа:

$$C_i^j = \langle e_1, e_2, e_3, \dots, e_p \rangle, \quad (6)$$

где $e_1, e_2, e_3, \dots, e_p$ – варианты значений весов связей между концептами вершин $i \rightarrow j$; p – длина кортежа C_i^j .

Результаты идентификации концептов и переменных их состояния формируются в виде таблицы. В соответствии с формулами (5)–(6), и графом на рисунке 4 в таблице 2 приведены фрагменты соответствующих кортежей.

В таблице 2 приняты следующие обозначения:

$C_i = \langle v_1, v_2, v_3, \dots, v_n \rangle$ – кортеж i -того концепта, пример концепта влияния сезонного изменения климата $C_5 = \langle 1; 0,3; 0 \rangle$: 1,0 – благоприятные для персонала и инфраструктуры природные условия, риск возникновения инцидента минимальный; 0,3 – природные условия по отдельным параметрам неблагоприятные для персонала и инфраструктуры, риск возникновения инцидента на допустимом уровне; 0 – аномальные природные явления, риск возникновения инцидента максимальный;

$C_i^j = \langle e_1, e_2, e_3, \dots, e_p \rangle$ – кортеж парных связей двух смежных вершин $i \rightarrow j$, то есть вес влияния i -го концепта на j -тый: пример функции $C_5^4 = \langle 0,1; 0,3; 0,5 \rangle$: веса влияния сезонных изменений (концепт 5) на риск возникновения инцидента при погрузочно-разгрузочных работах (концепт 4): 0,1 – минимальный риск возникновения инцидента при погрузочно-разгрузочных работах; 0,3 – предельный допустимый уровень риска возникновения инцидента при погрузочно-разгрузочных работах; 0,5 – риск возникновения инцидента при погрузочно-разгрузочных работах выше допустимого уровня.

Когнитивный анализ влияния системы на концепты, отдельных концептов и их взаимного воздействия на систему в целом проводился на основе когнитивной карты в несколько этапов.

На первом этапе, в соответствии с ориентированным графом (рисунок 4), вариантами кортежей величин концептов и связей между вершинами когнитивной карты (таблица 2) формируется матрица смежности.

На следующем этапе определяется величина связи, которая является весом влияния соседних концептов.

Таблица 2 – Фрагмент таблицы концептов и кортежей вариантов связей между вершинами когнитивной карты

Номер, наименование и кортеж значений концепта – источника на когнитивной карте	Номер и наименование концепта - следствия, кортежи связей влияния концепта-источника на риски возникновения инцидента в концепте-следствии
<p>1. Внешние воздействия: контрольно-надзорные органы, нормативные документы, поставка вагонов, угля на склады. Кортеж $C_1 = (1; 0,5; 0)$. Критерий: риск возникновения инцидента. Комментарии кортежа: 1,0 – активные воздействия, риск возникновения инцидента минимальный; 0,5 – средний уровень воздействия, риск возникновения инцидента на допустимом для погрузочно-транспортного предприятия уровне; 0 – пассивные воздействия, риск возникновения инцидента высокий.</p>	<p>2. Внутренние воздействия: веса влияния внешних воздействий на риск возникновения инцидента при реализации внутренних воздействий. Кортеж весов $C_1^2 = (0,1; 0,5; 0,8)$.</p> <p>4. Погрузочно-разгрузочные работы: веса влияния внешних воздействий на риск возникновения инцидента при погрузочно-разгрузочных работах. Кортеж весов $C_1^4 = (0,01; 0,3; 0,5)$.</p> <p>9. Соответствие деятельности погрузочно-транспортного предприятия лицензии: веса влияния внешних воздействий на риск возникновения инцидента при наличии или отсутствии лицензии. Кортеж весов $C_1^9 = (0,01; 0,02; 1)$.</p> <p>10. Транспорт вагонов: веса влияния внешних воздействий на риск возникновения инцидента при транспорте вагонов. Кортеж весов $C_1^{10} = (0,01; 0,2; 0,3)$.</p> <p>14. Материально-техническое обеспечение: веса влияния внешних воздействий на риск возникновения инцидента при неудовлетворительном материально-техническом обеспечении. Кортеж весов $C_1^{14} = (0,01; 0,1; 0,2)$.</p>
<p>2. Внутренние управляющие воздействия: уровень компетенций руководителей служб, отделов, участков, диспетчеров, действующих на основе регламентов, должностных инструкций, предоставленных полномочий. Кортеж $C_2 = (1; 0,5; 0)$. Комментарии кортежа: 1,0 – управляющие воздействия формируются и выполняются полностью, риск возникновения инцидента минимальный; 0,5 – управляющие воздействия формируются стандартно, выполняются частично без нарушений, риск возникновения инцидента на допустимом для погрузочно-транспортного предприятия уровне; 0 – управляющие воздействия формируются с ошибками, воздействия выполняются частично с нарушениями, риск возникновения инцидента высокий.</p>	<p>3. Уровень соответствия компетенций персонала должностным обязанностям и технологическим процессам: веса влияния внутренних управляющих воздействий на риск возникновения инцидента при управлении персоналом. Кортеж весов $C_2^3 = (0,1; 0,5; 1)$.</p> <p>4. Погрузочно-разгрузочные работы: веса влияния внутренних управляющих воздействий на риск возникновения инцидента при погрузочно-разгрузочных работах. Кортеж весов $C_2^4 = (0,1; 0,5; 1)$.</p> <p>6. Маневровые работы: веса влияния внутренних управляющих воздействий на риск возникновения инцидента при маневровых работах. Кортеж весов $C_2^6 = (0,1; 0,5; 1)$.</p> <p>8. Состояние и условия эксплуатации путей необщего пользования: веса влияния внутренних управляющих воздействий на риск возникновения инцидента на путях необщего пользования. Кортеж весов $C_2^8 = (0,1; 0,3; 1)$.</p> <p>10. Транспорт вагонов: веса влияния внутренних управляющих воздействий на риск возникновения инцидента при транспорте вагонов. Кортеж весов $C_2^{10} = (0,1; 0,3; 1)$.</p> <p>11. Связь и сигнализация: веса влияния внутренних управляющих воздействий на риск возникновения инцидента при связи и сигнализации. Кортеж весов $C_2^{11} = (0,1; 0,2; 1)$.</p> <p>12. Индикаторы критического состояния инфраструктуры: веса влияния внутренних управляющих воздействий на риск возникновения инцидента при критическом состоянии инфраструктуры. Кортеж весов $C_2^{12} = (0,1; 0,8; 1)$.</p> <p>13. Ремонтные работы: веса влияния внутренних управляющих воздействий на риск возникновения инцидента при ремонтных работах. Кортеж весов $C_2^{13} = (0,1; 0,5; 1)$.</p> <p>14. Материально-техническое обеспечение: веса влияния внутренних управляющих воздействий на риск возникновения инцидента при неудовлетворительном материально-техническом обеспечении. Кортеж весов $C_2^{14} = (0,05; 0,1; 0,2)$.</p>

При прямом взаимодействии рассматривается степень влияния W_{ij} концепта i на соседний концепт j

$$W_{ij} = P_{ij}v_i, \quad (7)$$

где P_{ij} – вес связи между соседними концептами, характеризует степень влияния концепта i на соседний концепт j ; v_i – численное значение концепта i .

В случае непрямого воздействия учитывается влияние концепта i на концепт j , расположенный в цепи связей с шагом больше 1. Например, при $i=1$ концептом j могут быть номера вершин графа 2, 4, 9, 10, 14.

Зависимость (7) при непрямом влиянии примет вид

$$W_{ij} = \sum_{i=1}^{j-1} P_{i,i+1} v_i, \quad (8)$$

где $i, i+1$ – номера соседних концептов в цепи от концепта i до концепта j ; $P_{i,i+1}$ – вес связи между соседними концептами в цепи.

Для оценки суммарного влияния концептов и связей всей когнитивной карты осуществляется сложение W_{ij} по всем возможным путям (цепям).

Графики изменения степени влияния отдельных концептов на систему в целом представлены на рисунке 5. Из графиков следует, что технологические и организационные управляющие воздействия при значении концепта $v_{i=2} < 0,3$ оказывают наиболее сильное влияние на состояние системы в целом, дополнительные управляющие воздействия позволяют снизить риск возникновения инцидента в системе и привести её в равновесное состояние. Система нормально функционирует при значениях концепта $v_{i=2} > 0,4$, поэтому дополнительные управляющие воздействия на систему не требуются.

Наиболее существенное влияние на систему оказывают внутренние управляющие воздействия, формируемые в соответствии с уровнем компетенций руководителей служб, отделов, участков, диспетчеров, действующих на основе регламентов, должностных инструкций (концепт $i = 2$). Всего в структуре погрузочно-транспортного предприятия 41 единица руководителей различного уровня, что составляет 6,9 % от всего списочного состава работников.

Вторым по степени влияния на систему управления погрузочно-транспортного предприятия является персонал (рисунок 5), который оценивается соответствием компетенций машинистов кранов, водителей погрузчиков, стропальщиков, грузчиков, приемосдатчиков и др. должностным обязанностям и трудовым функциям. При $v_{i=3} = 0,1$ компетенции персонала не полностью соответствуют должностным обязанностям и трудовым функциям, риск возникновения инцидента максимальный.

Разработанный алгоритм построения функциональных зависимостей между соответствующими факторами позволяет выявить не только влияние отдельных концептов на систему в целом, но и системы на отдельные концепты.

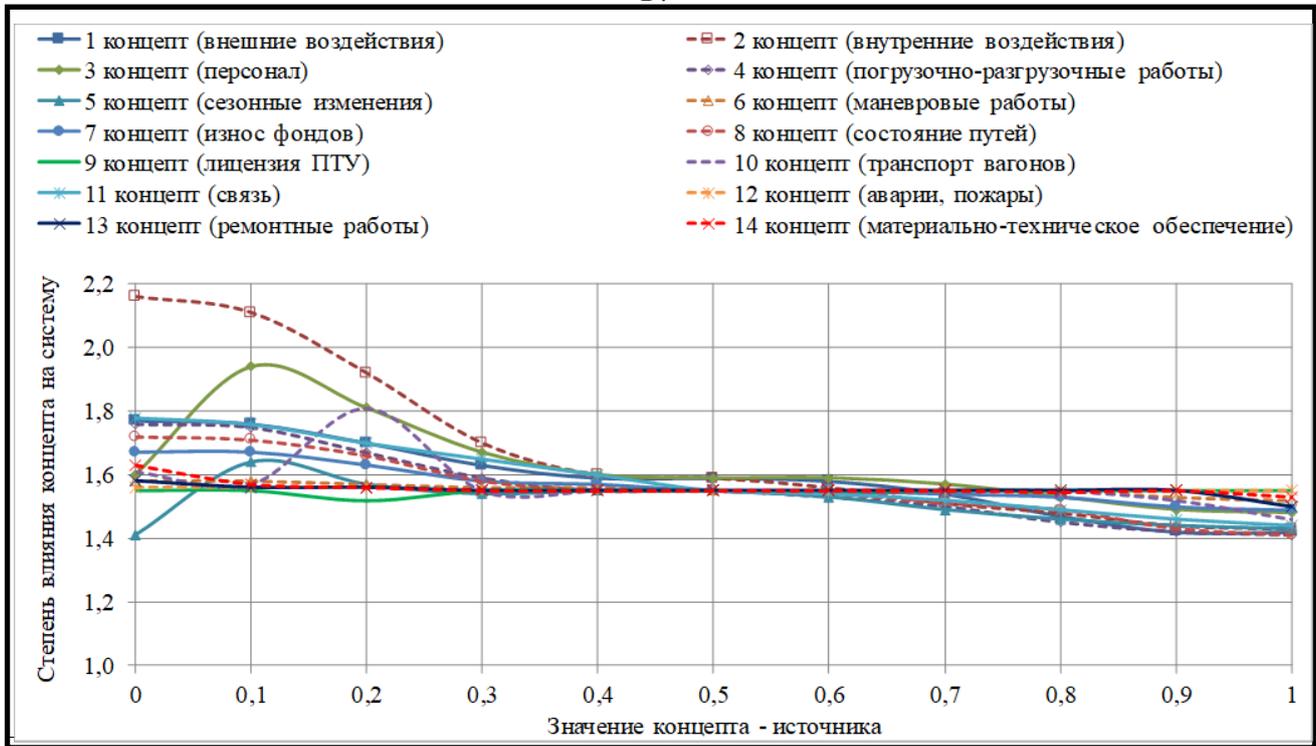


Рисунок 5 – Графики изменения степени влияния отдельных концептов на систему в целом

Таким образом, по результатам когнитивного анализа выявлены наиболее существенные концепты, которые оказывают влияние на систему в целом и концепты, на которые система оказывает наибольшее влияние. Полученные количественные оценки позволяют оценить риски возникновения аварий и происшествий при работе погрузочно-транспортного предприятия.

3. Применение модели профессиональных компетенций трудового коллектива, которая включает в себя выявление индивидуальных профессиональных компетенций и формирование на их основе трудового коллектива с компетентностью, соответствующей требованиям трудовых функций структурных подразделений предприятия, для выполнения опасных работ или работ, требующих повышенного внимания, обеспечивает снижение частоты возникновения транспортных происшествий в среднем на 3-4 % в год.

На основе анализа результатов экспертной оценки индивидуальных и профессиональных компетенций разработана модель трудового коллектива с компетентностью, соответствующей требованиям трудовых функций. Предлагается следующий порядок формирования профессиональных компетенций трудового коллектива.

1) Выделяются трудовые функции, выполнение которых необходимо осуществить согласно целевым функциям управляющего центра.

2) Формируется набор профессиональных компетенций Kt , необходимых для выполнения трудовых функций

$$Kt = \bigcup_{k=1}^K Kt_k.$$

3) В структуре трудовых функций выделяются процессы, операции, приёмы, предназначенные для их выполнения отдельными агентами.

4) Определяется набор индивидуальных компетенций агентов Kta , необходимых для исполнения трудовых функций

$$Kta = \bigcup_{i=1}^N Kta_i$$

в соответствии с критерием $Kta \in Kt$.

5) По результатам собеседования, тестирования и т. п. проводится оценка знаний и умений агента и принимаются решения о включении агента в коллектив для выполнения определенных трудовых функций.

6) Аналогично подбираются остальные члены трудового коллектива.

7) Набор профессиональных компетенций трудового коллектива Ktk определяется посредством объединения i компетенций j агентов, необходимых для исполнения трудовых функций

$$Ktk = \bigcup_{j=1}^M \bigcup_{i=1}^N Kta_{ij}$$

в соответствии с критерием $Ktk \in Kt$.

8) Осуществляется оценка компетентности коллектива при выполнении трудовых функций. Если компетентность исполнителей удовлетворяет управляющий центр, то коллектив допускается к работе, в противном случае формируется новый состав исполнителей.

Предложенная модель профессиональных компетенций персонала обеспечивает возможность формирования трудового коллектива, способного выполнять заданный набор трудовых функций соответствующего структурного подразделения погрузочно-транспортного предприятия.

Для экспертной оценки влияния профессиональных компетенций на вероятность возникновения инцидентов и уровень производительности труда при выполнении трудовых функций были сформированы три группы экспертов: руководители, линейные руководители, специалисты и служащие, рабочие. Всего при анкетировании было учтено 187 профессиональных компетенций. Из них эксперты выделили только 44 значимые компетенции. В качестве основных целевых индикаторов при формировании профессиональных компетенций приняты минимальный риск возникновения аварий и происшествий и максимальная производительность труда.

Для оценки значимости компетенций проведено их ранжирование по количеству ответов. На рисунке 6 показана гистограмма распределения количества ответов по профессиональным компетенциям по критерию минимального риска возникновения аварий и происшествий. Пунктирной линией указана граница значимых компетенций. Аналогичные гистограммы были построены по количеству ответов по профессиональным компетенциям по максимальной производительности труда.

По результатам статистического анализа данных анкетирования установлено, что вероятность оценки значимых компетенций составляет 0,97–0,98, то есть индивидуальные профессиональные компетенции можно

использовать для разработки модели профессиональных компетенций трудового коллектива.

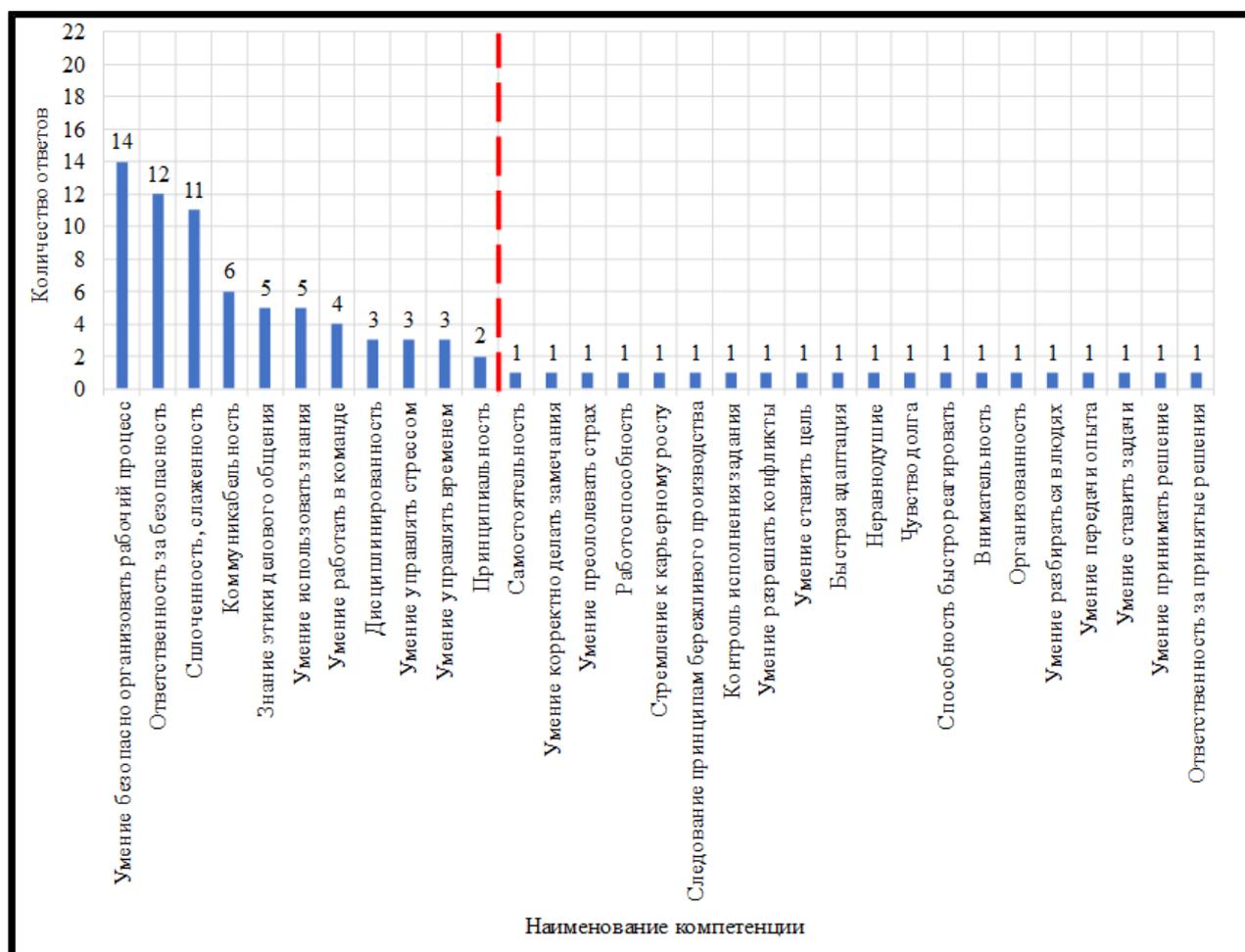


Рисунок 6 – Распределение количества ответов по профессиональным компетенциям по уровню влияния на риск возникновения аварий и происшествий

В соответствии с разработанной моделью профессиональных компетенций трудового коллектива и целевыми функциями развития погрузочно-транспортного предприятия были обоснованы следующие основные управляющие решения центра, направленные на обеспечение устойчивой и безопасной работы предприятия:

- обеспечение технически исправного состояния оборудования;
- полное соблюдение технологии производства работ, требований технологических карт и трудовых функций;
- организация работ, обеспечивающая их эффективное и безопасное выполнение;
- привлечение и подбор персонала, обладающего набором профессиональных компетенций, достаточным для эффективного достижения целевых показателей.

Для внедрения компетентного подхода управления персоналом разработаны автоматизированные системы диспетчеризации, анализа и учета

рисков возникновения инцидентов, интегрированные в информационное пространство ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса» и позволяющие оперативно принимать управляющие решения для устранения выявленных нарушений в установленные сроки.

Применение разработанных методов количественных оценок действий персонала и уровня профессиональных компетенций позволило усовершенствовать методы управления персоналом. Реализация этих методов позволяет оперативно принимать управляющие решения, которые одновременно обеспечивают повышение компетентности персонала и снижение частоты возникновения транспортных происшествий в среднем на 3-4 % в год. Полученные по результатам исследований выводы и рекомендации положены в основу кадровой политики предприятия, развитие которой осуществляется с учетом актуальных требований к безопасному и эффективному производству.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки методов обеспечения безопасных условий труда на основе повышения уровня профессиональных компетенций персонала погрузочно-транспортного предприятия угледобывающего холдинга, имеющая существенное значение для охраны труда в горной промышленности.

По результатам проведенных исследований обоснованы следующие выводы и рекомендации.

1) Разработан аддитивный метод оценки частот отклонений в действиях персонала от требований трудовых функций, а также фактических режимов работы элементов инфраструктуры и основного производства от требований технологических карт, что обеспечивает принятие оперативных управляющих решений по развитию профессиональных компетенций персонала, ремонту производственного оборудования и техническому перевооружению предприятия в целом.

2) Оперативная разработка и реализация упреждающих мероприятий при высокой вероятности превышения допустимого уровня риска в работе погрузочно-транспортного предприятия позволили повысить уровень профессиональных компетенций, безотказной работы оборудования и существенно снизить количество транспортных происшествий. Эффективность применения разработанного метода доказана в условиях реального производства ООО «Объединённое ПТУ Кузбасса» – в течение последних трёх лет уровень компетенций по основным профессиям повысился в 1,3–1,5 раз, а количество транспортных происшествий снизилось более чем в 3 раза.

3) Для оценки рисков возникновения аварий и происшествий при работе погрузочно-транспортного предприятия разработана когнитивная карта, которая обеспечивает возможность учёта 14 концептов и их связей. Характеристики состояния концепта формализованы на основе экспертных

оценок в виде шкалы, которая позволяет количественно определить вес и степень влияния концепта на соседние концепты.

4) По результатам когнитивного анализа установлено, что при критических значениях концептов, равных 0,1, степень их влияния на систему ранжируется следующим образом: внутренние управляющие воздействия (0,66), внешние воздействия (0,61), связь и сигнализация (0,48), соответствие компетенций персонала (0,47), погрузочно-разгрузочные работы (0,35), сезонные изменения (0,35). Влияние остальных концептов на систему при степени воздействия меньше 0,26 несущественно. Полученные количественные оценки позволяют оценить риски возникновения инцидентов при работе погрузочно-транспортного предприятия.

5) Для разработки модели профессиональных компетенций персонала, адаптивных к условиям организационно-производственной системы погрузочно-транспортного предприятия, проведены комплексные научные исследования по следующей схеме:

- разработана анкета для экспертной оценки значимости профессиональных компетенций, основные положения балльной системы оценки весовой значимости компетенций;

- обоснованы ключевые индикаторы, определяющие достижение трудовых функций и критериев эффективности функционирования погрузочно-транспортного предприятия;

- выполнен подбор экспертов, проведен экспертный опрос, выполнена обработка результатов экспертной оценки;

- сформирована модель профессиональных компетенций, включающая комплекс показателей и критериев, которые обеспечивают создание трудового коллектива с компетентностью, соответствующей требованиям трудовых функций структурных подразделений предприятия.

6) По результатам экспертной оценки установлено, что из 187 личностных и коммуникативных компетенций по уровню влияния на производительность и безопасность труда значимыми оказались только 17 %. При вероятности оценки значимых компетенций более 0,9 на основе синтеза профессиональных, личностных и коммуникативных компетенций можно формировать модель компетенций трудового коллектива.

7) Разработаны и зарегистрированы в установленном порядке «Автоматизированная система учета и анализа отклонений от нормативных требований охраны труда и безопасности движения поездов», «Автоматизированная система «Программа анализа и учета рисков», которые интегрированы в информационное пространство ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса», позволяют оперативно принимать управляющие решения для устранения выявленных нарушений в установленные сроки.

8) Реализация разработанного комплексного подхода по снижению рисков возникновения аварий и происшествий в ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса» осуществляется посредством:

- внедрения автоматизированных систем диспетчеризации и управления на основе IT-технологий,
- применения современных технических решений и реализации инноваций,
- совершенствования организационно-управленческих решений по работе с персоналом посредством использования разработанной методики выбора и оценки значимых компетенций.

9) Внедрение компетентностного подхода на ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса» за период 2013–2018 гг. обеспечило качественный подбор персонала, повышение уровня профессиональных компетенций, что привело к снижению частоты возникновения транспортных происшествий в среднем на 3-4 % в год. Расчетный экономический эффект от внедрения разработанных методов и компьютерных программ для обеспечения безопасных условий труда в ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса» в 2018 г. составил 23,7 млн руб.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в периодических изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

1. Приступа Ю.Д. Снижение риска травмирования в Погрузочно-транспортном управлении ОАО «СУЭК-Кузбасс» на основе прогнозирования браков в работе / Ю.Д. Приступа, С.В. Шишкина, А.В. Смолин, М.Ю. Быткарь // Уголь. – 2014. – № 12. – С. 50–52.

2. Приступа Ю.Д. Подготовка персонала при реализации комплексного подхода к обеспечению безопасности в Погрузочно-транспортном управлении ОАО «СУЭК-Кузбасс» / Ю.Д. Приступа, С.В. Шишкина, Е.А. Борблик, А.В. Смолин // Уголь. – 2015. – № 11. – С. 54–57.

Статьи, индексируемые в наукометрической базе данных Scopus

3. Cognitive simulation of incident risks in the structure of loading and transport enterprise / S.V. Shishkina, Yu.D. Pristupa, L.D. Pavlova, V.N. Fryanov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – Vol. 84. – P. 1–7 (012027). – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/84/1>.

4. The mechanism for assessing the personnel professional competencies at a loading and transport enterprise / S.V. Shishkina, Yu.D. Pristupa, L.D. Pavlova, V.N. Fryanov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 206. – P. 1 – 6 (012052). – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/206/1>.

Статьи, опубликованные в научных сборниках и материалах конференций

5. Приступа Ю.Д. Разработка организационной структуры управления погрузочно-транспортным предприятием угледобывающего региона // Ю.Д. Приступа, С.В. Шишкина, В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей по материалам междунар. научно-практ. конф., Новокузнецк, 2-5 июня, 2015 г. – Новокузнецк, 2015. – С. 195–200.

6. Шишкина С.В. Обоснование структуры системы управления социальной безопасностью погрузочно-транспортных предприятий

угольного холдинга / С.В. Шишкина, Ю.Д. Приступа, В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: труды X Всеросс. научно-практ. конф. (с междунар. участием), Новокузнецк, 17–19 декабря, 2015 г. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – С. 166–173.

7. Шишкина С.В. Развитие моделей и механизмов управления социальной безопасностью на погрузочно-транспортных предприятиях / С.В. Шишкина, Ю.Д. Приступа, Л.Д. Павлова, В.Н. Фрянов // Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах: труды IV Всеросс. научно-практ. конф. (с междунар. участием), Новокузнецк, 12-15 апреля 2016 г. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – С. 8–14.

8. Шишкина С.В. Реализация технологических и технических решений, направленных на повышение социальной и экологической безопасности погрузочно-транспортных предприятий / С.В. Шишкина // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк, 2016. – № 2. – С. 501–504.

9. Разработка механизма принятия решений с учетом риска возникновения инцидентов в структуре погрузочно-транспортного предприятия / С.В. Шишкина, Ю.Д. Приступа, Л.Д. Павлова, В.Н. Фрянов // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: научный журнал. – 2017. – № 3. – С. 253–259.

10. Механизм управления развитием профессиональных компетенций персонала погрузочно-транспортного предприятия / С.В. Шишкина, Ю.Д. Приступа, Л.Д. Павлова, В.Н. Фрянов // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве AS`2017: труды XI Всеросс. научно-практ. конф. (с междунар. участием), 14-16 декабря 2017 г. – Новокузнецк: Издательский центр СибГИУ, 2017. – С. 284–290.

11. Шишкина С.В. Механизм оценки профессиональных компетенций персонала погрузочно-транспортного предприятия / С.В. Шишкина, Ю.Д. Приступа, Л.Д. Павлова, В.Н. Фрянов, Г.В. Лавцевич // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: научный журнал. – 2018. – № 4. – С. 531–534.

Свидетельства о регистрации программ

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613653 / Ю.Д. Приступа, С.В. Шишкина, М.Ю. Быткарь – дата регистрации 20 марта 2015 г., Автоматизированная система «Программа анализа и учета рисков».

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016617801 / С.В. Шишкина – дата регистрации 14 июля 2016 г., Автоматизированная система учета и анализа отклонений от нормативных требований охраны труда и безопасности движения поездов.

Подписано в печать 27.08.2019 г.
Формат бумаги 60 × 84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,05. Уч.-изд. л. 1,17. Тираж 100 экз. Заказ № _____

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.
Издательский центр СибГИУ