

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»

На правах рукописи

Прохорова Елизавета Александровна



ОБОСНОВАНИЕ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СНИЖЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ
ЗАБОЛЕВАНИЙ В УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА ОСНОВЕ РИСК-
ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Специальность 2.10.3. Безопасность труда

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Гендлер С.Г.

Санкт-Петербург – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	11
1.1 Методы обеспечения безопасности труда в горнодобывающей промышленности России и других стран.....	11
1.2 Анализ производственного травматизма и профессиональных заболеваний	17
1.2.1 Анализ производственного травматизма и профзаболеваний в горнодобывающей промышленности.....	21
1.2.2 Анализ причин производственного травматизма и профзаболеваний	26
1.3 Экономическое стимулирование создания безопасных условий труда в России.....	28
1.4 Зарубежный опыт в области экономики безопасности труда	30
1.5 Постановка цели и задач исследования.....	33
1.6 Выводы по главе 1	34
ГЛАВА 2 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ.....	36
2.1 Международный опыт анализа и оценки рисков	36
2.2 Оценка рисков в системе управления охраной труда в России	40
2.3. Анализ рисков производственного травматизма методом вейвлет и фрактального анализа.....	51
2.4 Метод корреляционно-регрессионного анализа рисков.....	55
2.5 Выводы по главе 2	57
ГЛАВА 3 ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ НА ГОРНОРАБОЧИХ	58
3.1 Оценка рисков травматизма и профзаболеваний в угледобывающих регионах России	58
3.2 Оценка совокупного влияния рисков травматизма и профзаболеваний на состояние охраны труда	63
3.3 Определение интегрального риска травматизма и профзаболеваний	67
3.4 Ранжирование угольных шахт по величине динамики интегрального риска травматизма и профзаболеваний.....	91
3.5 Выводы по главе 3	96

ГЛАВА 4 ОБОСНОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЛЯ ПОДЗЕМНОГО ПЕРСОНАЛА УГОЛЬНЫХ ШАХТ	98
4.1 Оценка рисков производственного травматизма на угольных шахтах.....	98
4.1.1 Анализ причин несчастных случаев и их тяжести на угольных шахтах	103
4.1.2 Определение влияние фактора стажа на риск производственного травматизма.....	107
4.1.3 Оценка рисков производственного травматизма при ведении очистных работ на угольных шахтах.....	111
4.2 Оценка рисков профессиональной заболеваемости на угольных шахтах ...	115
4.3 Установление взаимосвязи рисков травматизма и профессиональной заболеваемости горнорабочих.....	119
4.4 Исследование эффективности использования промышленного экзоскелета для снижения тяжести труда горнорабочих.....	121
4.5 Выводы по главе 4	135
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	137
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ А Акт внедрения результатов диссертационной работы на производственном объекте.....	153
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ	154

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

Несмотря на значительные финансовые вложения в систему безопасности труда, показатели производственного травматизма и профессиональных заболеваний в горнодобывающем секторе России остаются недопустимо высокими по сравнению с аналогичными показателями ведущих зарубежных стран. Так, риск смертельного травматизма в горнодобывающей промышленности России превышает риск в Канаде и США в 3,5 и 1,25 раза соответственно. Эта тенденция особенно характерна для угольной отрасли, где при сокращении случаев профессиональных заболеваний и общего травматизма, включающего легкие, тяжелые и смертельные случаи, за последние 10 лет почти в три раза, уменьшение несчастных случаев с тяжелыми и смертельными последствиями было незначительным.

Одним из ведущих угледобывающих регионов России является Кемеровская область, где сосредоточено 15 компаний, осуществляющих добычу угля, как подземным, так и открытым способами. Результативность работы этих компаний в значительной степени зависит от возможности обеспечения необходимых уровней травматизма и профзаболеваний, на которые, помимо факторов производственной среды, влияет, так называемый фоновый риск, связанный с неблагоприятной экологической и климатической обстановкой региона. АО «СУЭК-Кузбасс» входит в перечень крупнейших угольных компаний в Кемеровской области и включает 7 шахт и 3 разреза, состояние охраны труда на которых существенно различна. Очевидно, что вложение финансовых средств в систему охраны труда каждого из предприятий компании должно осуществляться с помощью адресного подхода, который должен базироваться на выделении объектов, характеризующихся наиболее низким уровнем безопасности.

Разработка методологии определения приоритетных направлений снижения рисков производственного травматизма и профессиональной заболеваемости,

позволяющая повысить безопасность труда горнорабочих, определяет актуальность диссертационной работы.

Степень разработанности темы исследования.

Вопросами разработки методов оценки показателей производственного травматизма и профессиональных заболеваний, в том числе на основе риск-ориентированного подхода, и обоснованию мероприятий по их снижению, были посвящены исследования многих отечественных и зарубежных ученых: Воробьевой О.В., Галкина В.А., Гендлера С.Г., Господарикова Д.А., Гридиной Е.Б., Калединой Н.О., Кабанова Е.И., Костеренко В.Н., Кравчука И.Л., Макарова А.М., Невониной Е.М., Рудакова М.Л., Самарова Л.Ю., Смолина А.В., Тимашова А.В., Файнбурга Г.З., Фомина А.И., Шувалова Ю.В., Jie Zhou, Joy Jim, Kumral Mustafa, Maiti Jhareshwar, Vardar Onur, C. Whittaker и других авторов. В этих исследованиях предложены методы отдельной оценки значений рисков производственного травматизма и профзаболеваний, основанные на вычислении величин рисков, исходя из количества пострадавших и общей численности рабочего персонала, участвующих в производственном процессе. Вместе с тем, в перечисленных работах недостаточно внимания было уделено экономическим последствиям травматизма и профзаболеваний, без учета которых выбор приоритетных направлений не может считаться достаточно обоснованным. В этой связи, обоснование комплексного показателя для оценки сочетанного действия травматизма и профзаболеваний с учетом возникающих от них экономических ущербов является актуальной задачей.

Объект исследования - производственный травматизм и профессиональные заболевания в угольной отрасли.

Предмет исследования - риск-ориентированный подход для снижения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на угольных шахтах.

Цель работы. Снижение уровня производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в угольных компаниях на основе адресной реализации компенсирующих мероприятий.

Идея работы: Снижение травматизма и профзаболеваний в угольной компании должно осуществляться за счет выбора первоочередного объекта для реализации компенсирующих мероприятий, определяемого на основе комплексного показателя, включающего риски травматизма и профзаболеваний, и экономические ущербы от каждого из них, а также учета тесноты корреляционной связи между рисками травматизма и профзаболеваниями.

Основные задачи исследования:

1. Анализ рисков производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в угледобывающих регионах России.
2. Установление взаимосвязи между рисками производственного травматизма и профессиональной заболеваемостью горнорабочих.
3. Разработка методики оценки комплексного показателя, определяющего сочетанное действие рисков травматизма и профзаболеваний, включающих их фоновые значения, и экономические ущербы.
4. Ранжирование угольных шахт по величине коэффициента, учитывающего сравнительную динамику интегрального риска, с целью определения приоритетных направлений повышения безопасности труда.
5. Оценка рисков производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на угольных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс».
6. Определение тесноты связи между рисками производственного травматизма и профзаболеваний различной этиологической природы при подземной добыче угля.
7. Апробация промышленного экзоскелета для снижения тяжести труда горнорабочих.

Научная новизна.

1. Выявлена корреляционная зависимость между риском производственного травматизма и профессиональной заболеваемостью как для угольных шахт АО «СУЭК-Кузбасс, так и в целом для Кемеровской области, где осуществляется интенсивная добыча угля.

2. Обоснован комплексный показатель для оценки состояния охраны труда для угледобывающих предприятий России, определяемый суммой математических ожиданий производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, вычисленных с учетом фоновых значений рисков региона.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Выявлена взаимосвязь между профессиональными заболеваниями и производственным травматизмом в Кемеровской области.

2. Разработана методика вычисления комплексного показателя, характеризующего интегральный риск травматизма и профзаболеваний, рассчитываемый как сумма математических ожиданий производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, вычисленных с учетом фоновых значений рисков региона и экономического ущерба от этих рисков.

3. Осуществлено ранжирование угольных шахт, входящих в структуру АО «СУЭК-Кузбасс» по величине динамики интегрального риска производственного травматизма и профзаболеваний.

4. Установлена тесная связь между производственным травматизмом и профессиональной заболеваемостью от фактора физических нагрузок горнорабочих при подземной добыче угля.

5. Определены приоритетные направления снижения травматизма и профзаболеваний на угольных шахтах.

6. Доказана эффективность использования промышленного экзоскелета для снижения тяжести труда горнорабочих.

7. Результаты диссертационной работы использованы в производственной деятельности АО «СУЭК» для повышения эффективности функционирования системы управления охраной труда (акт об использовании результатов от 13.02.2023 г., Приложение А).

8. Результаты диссертационной работы подтверждены свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021612666 «Программа для расчета риска производственного травматизма» от 20.02.2021 г. (Приложение Б).

Методология и методы исследования. Анализ литературных источников по вопросам обеспечения безопасности труда и методам оценки рисков в горнодобывающей промышленности России и зарубежных стран.

Статистическая обработка данных по производственному травматизму и профзаболеваниям в угледобывающих регионах России и на угольных шахтах Кузбасса на основе использования корреляционно-регрессионного метода.

Экспериментальные исследования эффективности применения промышленного экзоскелета для снижения тяжести труда горнорабочих.

Положения, выносимые на защиту:

1. Выбор управленческих решений по охране труда на угольных шахтах должен осуществляться на основе комплексного показателя, рассчитываемого по величине интегрального риска, определяемого как сочетанное действие рисков травматизма и профзаболеваний, включающих их фоновые значения, а также экономические ущербы.

2. Для определения приоритетов при планировании работ по охране труда в угольных компаниях, включающих несколько шахт, выбор первоочередного объекта для реализации мероприятий, гарантирующих снижение уровня травматизма и профзаболеваний в компании, следует осуществлять на основе сопоставления коэффициентов, учитывающих сравнительную динамику интегрального риска травматизма и профзаболеваний для каждой шахты и компании в целом.

3. Приоритетные направления снижения травматизма и профзаболеваний на угольных шахтах следует устанавливать на основании анализа тесноты корреляционных связей между рисками травматизма и профзаболеваний, при этом уменьшение рисков производственного травматизма на работах, связанных с высокой тяжестью труда, может быть достигнуто за счет сокращения риска профессиональной заболеваемости в результате использования экзоскелетов.

Степень достоверности результатов исследования подтверждается использованием математических методов обработки статистических данных, применением лицензионного программного обеспечения для проведения расчетов

и данными экспериментальных исследований по определению эффективности использования промышленного экзоскелета.

Апробация результатов. Основные положения и результаты работы докладывались на следующих семинарах и конференциях: VI International scientific conference management, economics, ethics, technics - MEET 2020 (г. Санкт-Петербург, 2020 г.); X Международная научно-техническая конференция «Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий: Эффективное освоение месторождений полезных ископаемых» (г. Санкт-Петербург, 2020 г.); XXIX Международный научный симпозиум «Неделя горняка 2021», (г. Москва, 2021 г.); XIX Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2021 г.); IV Международная научно-практическая конференция «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование» (г. Санкт-Петербург, 2021 г.); XXX Международный научный симпозиум «Неделя горняка 2022», (г. Москва, 2022 г.); XXXI Международный научный симпозиум «Неделя горняка 2023», (г. Москва, 2023 г.)

Личный вклад автора заключается в анализе зарубежной и отечественной научной литературы по теме исследования безопасности труда и оценки рисков. Проведен статистический анализ показателей производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в России и в АО «СУЭК-Кузбасс». Разработана методика оценки интегрального риска травматизма и профзаболеваний. Проведены теоретические и экспериментальные исследования, в результате которых обоснованы приоритетные направления снижения уровня производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на угольных шахтах.

Публикации. Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 8 печатных работах (пункты списка литературы № 26, 53, 54, 61, 62, 105, 107, 112), в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени

кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в 4 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (пункт списка литературы № 59).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав, с выводами, заключения, списка литературы, включающего 117 наименований. Работа изложена на 154 страницах машинописного текста, содержит 64 рисунка, 13 таблиц и 2 приложения.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность доктору технических наук, профессору Семену Григорьевичу Гендлеру за научное руководство над работой. За помощь при выполнении экспериментальной части диссертационного исследования автор выражает благодарность кандидату медицинских наук, доценту Максиму Валентиновичу Туманову. За ценные научные консультации благодарность всему коллективу кафедры безопасности производств Горного университета.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1.1 Методы обеспечения безопасности труда в горнодобывающей промышленности России и других стран

Обеспечение безопасности труда в процессе производственной деятельности является одной из приоритетных задач для многих стран. От успешного решения вопросов обеспечения безопасности труда и снижения производственного травматизма во многом зависит эффективность производства и экономические показатели выпускаемой продукции. Пренебрежение или недостаточное внимание к вопросам охраны труда и промышленной безопасности, помимо технического и экономического ущерба, может привести к серьёзным социальным последствиям [4].

Проблемы обеспечения безопасности труда наиболее актуальны для горнодобывающей промышленности, предприятия, которые, в большинстве случаев, относятся к опасным производственным объектам. Если в качестве индикатора безопасности труда, использовать риск производственного травматизма, вычисляемый как отношение количества случаев травматизма за год к общей численности рабочих, то риск травматизма для горнодобывающей отрасли превышает среднее значение риска для других отраслей промышленности России в 4 – 5 раз.

Согласно статистике, странами, с наиболее выраженным производственным травматизмом, являются: Япония, Германия, США, Франция и Россия. Но если сопоставить риск смертельного травматизма в различных странах, то наибольший риск отмечается у России, США и Италии [103], что определяет важность изучения данной проблемы, как для Российской Федерации, так и для других стран (рисунок 1.1).

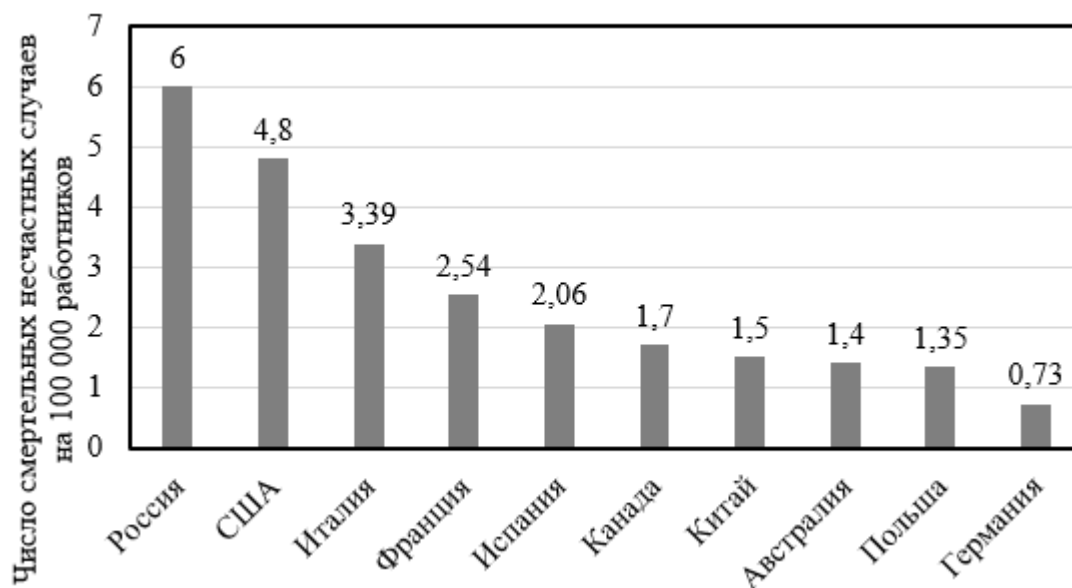


Рисунок 1.1 – Риск смертельного производственного травматизма по странам мира в 2020 г.

Методы обеспечения безопасности труда в горнодобывающей промышленности России и других стран могут включать в себя различные подходы и меры, такие как:

- Регулярная проверка оборудования на соответствие требованиям безопасности.
- Обучение и тренинги для работников по правилам безопасного труда, а также оказание им помощи в применении этих правил на практике.
- Строгий контроль и соблюдение правил безопасности на рабочем месте, в том числе использование соответствующей специальной одежды и оборудования.
- Разработка и применение инновационных технологий, которые могут улучшить условия труда и снизить риски для работников.
- Создание специальных комиссий по безопасности труда, которые будут ответственны за разработку и внедрение новых методов обеспечения безопасности на рабочих местах.
- Регулярный мониторинг и анализ причин возникновения аварий и несчастных случаев на производстве, с целью предотвращения их повторений в будущем.

- Разработка и соблюдение строгих правил и процедур эвакуации в случае чрезвычайных ситуаций на производстве.

Эти методы могут различаться в зависимости от страны и конкретных условий на производстве. Однако их основная цель всегда одна - обеспечить безопасность и защиту работников на рабочем месте.

Методы обеспечения безопасности труда в горнодобывающей промышленности США включают необходимость обучения и сертификации работников в соответствии с требованиями Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Работодатели, занятые в горнодобывающей промышленности США, обязаны докладывать в Mine Safety and Health Administration (MSHA) о производственных травмах и профессиональных заболеваниях. Согласно данным за период с 1983 по 2015 годы, доля травм, вызванных продолжительным рабочим днем, в основном увеличилась среди работников, занятых на предприятиях по добыче металлов (с 3,8% до 17,8%) и увеличилась в два раза в случае добычи угля (изменение с 4,5% до 9,8%), неметаллических руд (изменение 4,5–12,3%) и руды (8,1–15,1%) [104].

Методы обеспечения безопасности труда в горнодобывающей промышленности Китая включают проведение обязательных инструктажей и обучения для работников, а также внедрение новых технологий и оборудования с целью уменьшения риска производственного травматизма. Государственная администрация по технике безопасности (State Administration of Work Safety, SAWS) контролирует и регулирует безопасность труда в горнодобывающей промышленности, и проводит регулярные проверки предприятий на соответствие нормативным требованиям. Также в Китае существует программа "Безопасный горный город" (Safe Mine City), которая предусматривает строительство новых городов для работников горнодобывающей промышленности с современными жилыми и социальными условиями, а также с минимизацией влияния производственной деятельности на окружающую среду.

Число смертельных несчастных случаев в результате производственного травматизма является важным показателем безопасности производства как в

Китае, так и в США. Однако, в США производственные несчастные случаи за пределами шахт не так распространены, что обусловило выделение отдельной статистической категории для таких случаев. В США для оценки производственного травматизма в горнодобывающей промышленности используется показатель несчастных случаев на 200000 человеко-часов, а для определения тяжести несчастных случаев используется количество дней нетрудоспособности.

В отличие от США, в Китае не разделяют несчастные случаи со смертельным исходом на рабочем месте и вне его, а учитывают все случаи смертельного травматизма. Чтобы проанализировать производственный травматизм в горнодобывающей промышленности Китая, используется коэффициент смертельных несчастных случаев на миллион тонн. С течением времени уровень несчастных случаев и смертности в Китае значительно снизился и достиг минимального значения в 2020 году - 228 погибших. В 2018 году в Китае впервые зарегистрировано менее 0,1 смертельных несчастных случаев на миллион тонн добываемого угля, а в 2019 и 2020 годах этот показатель снизился до 0,083 и 0,058 соответственно. Основными причинами снижения уровня производственного травматизма являются массовое закрытие шахт на конец 2000-х годов, особенно в угольном центре Шаньси, а также падение цен и спроса на уголь в 2010-х годах, что привело к увольнению около миллиона горнорабочих [98].

Горнодобывающая промышленность Канады имеет репутацию одной из самых безопасных в мире, что достигается благодаря широкому спектру методов обеспечения безопасности труда. Некоторые из них включают:

1. Стандарты безопасности: Канада имеет строгие стандарты безопасности, которые регулируют деятельность горнодобывающих компаний на федеральном и провинциальном уровнях. Например, на федеральном уровне компании должны соблюдать нормы безопасности и здоровья при работе на шахтах (Mines Safety and Health Standards) и уведомлять власти обо всех несчастных случаях.

2. Обучение и тренинг: Горнодобывающие компании обучают работников правилам безопасности труда, которые включает инструктаж по безопасной работе и использованию оборудования, а также обучение в области первой помощи и технике безопасности.

3. Использование новейших технологий: Компании постоянно внедряют новейшие технологии и методы добычи, которые снижают риск производственного травматизма. Например, использование автономных транспортных средств, дистанционное управление и контроль процессов добычи.

4. Мониторинг и анализ рисков: Компании проводят регулярный мониторинг и анализ рисков, чтобы определить проблемные зоны и принять соответствующие меры.

5. Культура безопасности: Горнодобывающие компании стараются создать культуру безопасности труда, где безопасность становится приоритетом для всех работников, а не только для управленческого персонала.

6. Сотрудничество с профсоюзами: Горнодобывающие компании сотрудничают с профсоюзами и другими заинтересованными сторонами, чтобы создать совместные программы по обеспечению безопасности на производстве.

Правила, связанные с безопасностью и добычей полезных ископаемых в Канаде, отличаются в каждой провинции, но Mining Association of Canada (MAC) предоставляет рекомендации по законодательным и нормативным вопросам, а также представительство и защиту интересов горнодобывающих компаний [109]. MAC выполняет программу «На пути к устойчивому горному делу» (TSM), которая широко признана во всем мире. Соблюдение стандартов TSM является обязательным требованием для участвующих компаний. Эти стандарты включают установление ответственности за управление безопасностью и производительностью, предоставление соответствующих руководств по охране труда и технике безопасности и эффективное доведение информации до сотрудников, подрядчиков и посетителей, обеспечение надлежащего обучения сотрудников, чтобы помочь им предотвратить несчастные случаи, установление

четкой процедуры выявления опасностей и оценки рисков, а также регулярный мониторинг и отчетность по охране труда и технике безопасности.

В России обеспечение безопасности труда в горнодобывающей промышленности осуществляется в соответствии с требованиями федерального законодательства, а также отраслевыми нормативными документами, разработанными на основе международных стандартов.

Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору были установлены правила безопасности при работе на горных предприятиях в России, включая требования к работе с опасными веществами, экспертизу промышленной безопасности, профилактику пожароопасности и другие вопросы, связанные с обеспечением безопасности труда [52]. Кроме того, созданы другие отраслевые и надзорные документы, включая правила безопасности взрывопожарных и производственных объектов хранения и переработки растительного сырья, утвержденные приказом Ростехнадзора от 03.09.2020 № 331 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности взрывопожарных и производственных объектов хранения и переработки растительного сырья» [51].

В соответствии со статьей 212 Трудового кодекса Российской Федерации, работодатели в горнодобывающей промышленности несут ответственность за обеспечение безопасных условий труда своих работников [85]. Для этого работодатель обязан обеспечить выдачу индивидуальных и коллективных средств защиты, соблюдать требования охраны труда на рабочем месте, установленные режимы труда и отдыха, обучать работников безопасным методам и приемам выполнения работ, проводить инструктажи и проверки знаний, а также обеспечивать обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и другие меры, направленные на обеспечение безопасности труда.

Статьей 214 ТК РФ установлена обязанность работников проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ по охране труда, оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве, инструктаж

по охране труда, стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда [87].

Во всем мире высокий уровень производственного травматизма и профзаболеваний является серьезной проблемой. Многие угледобывающие компании присоединяются к программе "Нулевое видение" Международной ассоциации социального обеспечения (МАСО), а Россия стремится полностью исключить случаи травматизма и профзаболеваний на рабочих местах [96,43]. Поэтому предприятия разрабатывают и внедряют новые технологии, методики и инструменты для улучшения условий труда и снижения уровня травматизма. Например, ООО "Кузбасс-ЦОТ" разработало методику непрерывного профессионального обучения шахтеров, которая была подтверждена специалистами Горной Секции МАСО и сертифицирована на соответствие требованиям программы "Профилактика несчастных случаев на рабочих местах. Нулевое видение в области травматизма". Клиентами и партнерами ООО "Кузбасс-ЦОТ" являются такие компании, как СУЭК, Еврохим, Северсталь и другие [78,76].

1.2 Анализ производственного травматизма и профессиональных заболеваний

Производственный травматизм - это совокупность несчастных случаев, вызванные нарушением требований охраны труда в течение определенного времени, вследствие воздействия опасных производственных факторов. Такие травмы могут привести к временной или постоянной потере трудоспособности, которая может быть, как профессиональной, так и общей. Если профессиональная трудоспособность утрачена, пострадавший не может работать по своей профессии, однако может быть привлечен к другим работам. Если же потеряна общая трудоспособность, пострадавший частично или полностью лишается возможности выполнять любую работу.

Производственный травматизм является контролируемым процессом и показателем безопасности деятельности организации. Согласно данным Международной организации труда (англ. The International Labour Organization,

МО), за последние годы на производстве в мире погибли 2,8 миллиона человек, включая 2,4 миллиона из-за профессиональных заболеваний и 400 тысяч в результате смертельных травм при несчастных случаях. Также стоит отметить, что всего несчастных случаев на производстве без летального исхода было зарегистрировано более 374 миллионов [117]. Каждый день в мире от производственных причин умирают 7,5 тысяч человек, из которых 6,5 тысячи - от профессиональных заболеваний и 1 тысяча - от смертельных травм, что составляет 5-7% от всех смертей в мире [57].

Профессиональные заболевания возникают у работников в результате воздействия вредных производственных факторов в процессе выполнения трудовых обязанностей. Эти заболевания могут вызвать временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности, они должны быть официально расследованы, диагностированы и включены в нормативный перечень профессиональных заболеваний, чтобы быть учтенными и компенсированными. Для уменьшения количества производственных травм и профессиональных заболеваний на рабочих местах необходимо улучшение условий труда, внедрение новых методов безопасности и применение адресного подхода для снижения уровня риска производственного травматизма и профзаболеваний.

В таблице 1.1 представлены сведения Росстата о производственном травматизме и профзаболеваниях в Российской Федерации в период 2011-2021 гг. [83]. Российская государственная статистическая служба - это федеральный орган Российской Федерации, который занимается сбором, обработкой, анализом и публикацией официальной статистической информации о различных аспектах социально-экономической жизни России. Росстат осуществляет мониторинг и анализ экономической деятельности, демографической ситуации, социальных процессов и других аспектов жизни страны.

Таблица 1.1 – Сведения о производственном травматизме и профзаболеваниях в России в 2011-2021 гг.

Год	Всего число предприятий, единиц	Среднесписочная численность работающих, человек	Численность пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более, человек	Численность пострадавших со смертельным исходом	Число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом	Численность лиц с установленным в отчетном году профессиональным заболеванием, человек	Израсходовано на мероприятия по охране труда за год, тыс.рублей
2011	127689	21142672	41770	1824	2111273	7718	168524951,4
2012	131313	21686570	38553	1820	1840588	5319	189933076,9
2013	131550	21291790	33888	1699	1686617	5337	189098312,6
2014	136439	21663811	29880	1456	1525441	5090	207093676,2
2015	139595	20924248	26952	1288	1373817	4911	228076160,6
2016	141663	20806913	25454	1290	1311550	4149	238858407
2017	140164	20168336	24307	1138	1239034	3614	261476281,6
2018	145561	19897069	22525	1072	1163776	3323	283461789,9
2019	149541	19966209	22288	1055	1180870	2932	296746750,1
2020	154148	20160204	19591	912	1023671	8175	379521683,5
2021	158264	19977021	20404	1205	1 000 456	3352	409 049 686,9

Для наглядной оценки производственного травматизма и профзаболеваний за рассматриваемый период, основные данные представлены на рисунке 1.2.

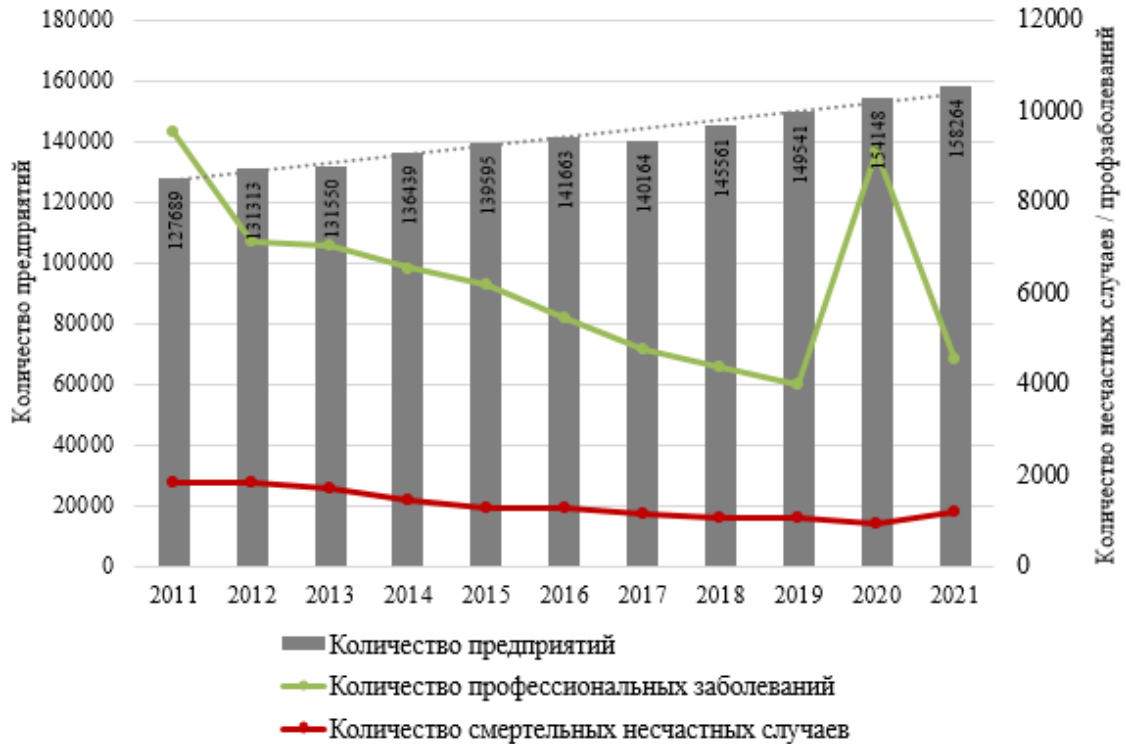


Рисунок 1.2 – Количество несчастных случаев, профессиональных заболеваний и предприятий в России за период 2011- 2021 гг.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что за 11-летний период количество предприятий в России увеличилось в 1,2 раза, а количество смертельных несчастных случаев и профзаболеваний снизилось в 3,2 и 2,3 раза соответственно. Количество же легких и тяжелых несчастных случаев снизилось к концу 2021 года в 2 раза. Данная динамика является положительной, однако, уровень производственного травматизма и профзаболеваний остается на высоком уровне, не смотря на большие финансовые вложения на мероприятия по охране труда, которые к концу 2021 года увеличились по сравнению с 2011 годом на 240 524 735,5 тыс. рублей. Распределение финансовых вложений на мероприятия по охране труда в 2021 году представлены на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Финансовые вложения на мероприятия по охране труда на предприятиях России в 2021 году

Основная доля финансовых вложений приходится на приобретение спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты (42,83%), а наименьшие вложения приходятся на подготовку работников по охране труда (3,59%).

Уровень производственного травматизма и профзаболеваний в России может оставаться на высоком уровне по нескольким причинам: несоблюдение требований безопасности, низкий уровень культуры безопасности труда, устаревшее оборудование, которое не отвечает современным стандартам безопасности и здоровья. Кроме того, некоторые отрасли могут быть связаны с высокими рисками для здоровья работников, например, горнодобывающая или строительная отрасль. В таких случаях необходимо более строгое соблюдение норм и правил безопасности.

Одним из основных инструментов борьбы с производственным травматизмом и профзаболеваниями, является система страхования на производстве, которая предусматривает выплату компенсаций и возмещение ущерба пострадавшим работникам и их семьям.

1.2.1 Анализ производственного травматизма и профзаболеваний в горнодобывающей промышленности

В России можно выделить большое количество видов экономической деятельности, где показатели производственного травматизма и профзаболеваний

варьируются ежегодно. На рисунке 1.4 представлено распределение общего травматизма в среднем за период 2011-2021 гг. в России по видам экономической деятельности согласно данным Роструда [84].



Рисунок 1.4 – Распределение общего травматизма по видам экономической деятельности России в среднем за период 2011-2021 гг.

Анализируя рисунок 1.4, основная доля несчастных случаев отмечается на обрабатывающих производствах, куда входят: металлургическое производство, производство кокса и нефтепродуктов, химических веществ, пищевых продуктов, текстильных изделий, лекарственных средств и т.д. На втором месте по уровню травматизма находится сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство. На третьем месте строительство и на четвертом добыча полезных ископаемых.

Распределение профессиональных заболеваний по видам экономической деятельности России в среднем за период 2011-2021 гг. представлено на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Распределение профессиональных заболеваний по видам экономической деятельности России в среднем за период 2011-2021 гг.

Согласно рисунку, представленному выше, основная доля выявленных профзаболеваний отмечается в обрабатывающем производстве и при добыче полезных ископаемых. Для более детального анализа на рисунке 1.6 представлены данные о производственном травматизме и профзаболеваниях при добыче полезных ископаемых в России в период 2011-2021 гг.

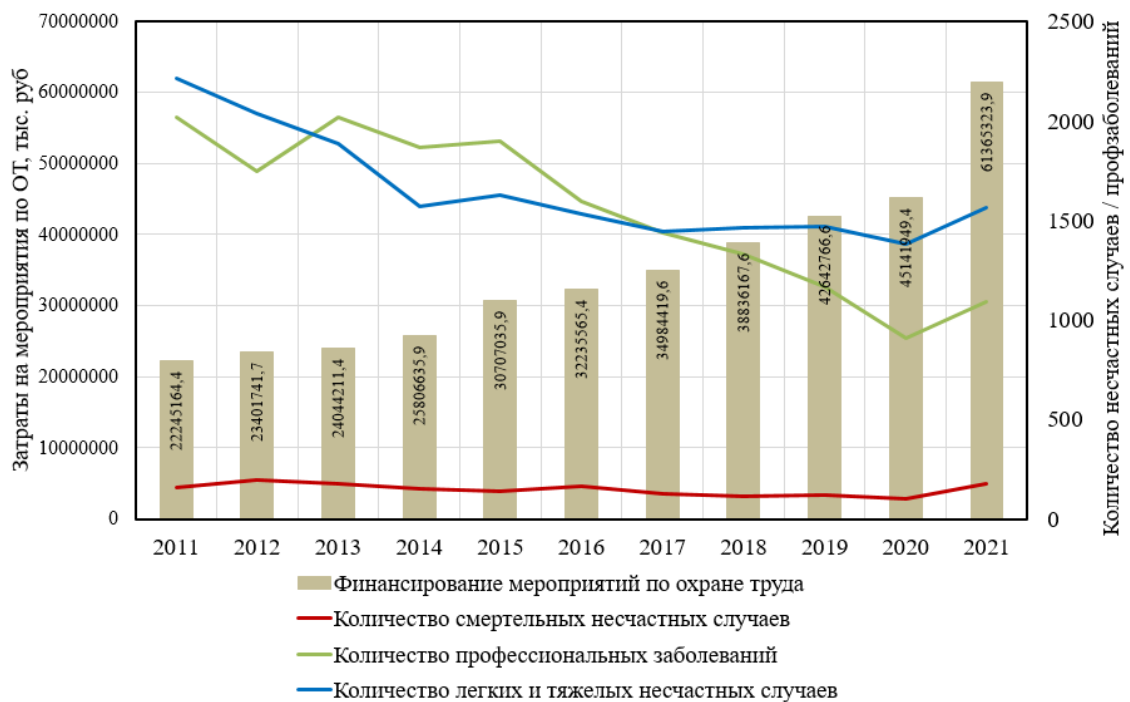


Рисунок 1.6 - Количество несчастных случаев, профессиональных заболеваний и затрат на мероприятия по охране труда при добыче полезных ископаемых

Анализируя полученные данные, можно отметить значительное снижение количества легких и тяжелых несчастных случаев, а также профессиональных заболеваний, за рассматриваемый период времени, при добыче полезных ископаемых в России, при неизменном количестве смертельных несчастных случаев. Также стоит отметить существенное увеличение финансирования мероприятий по охране труда в 2021 году. Основная доля финансовых вложений приходится на приобретение спецодежды, спецобуви и других СИЗ (37,19%), а также реализацию технико-технологических мероприятий (32,46%). На реализацию организационных мероприятий приходится 14,3% финансовых вложений, на реализацию санитарно-гигиенических мероприятий – 13,26%, а наименьшая доля вложений приходится на подготовку работников по охране труда – 2,79%.

Для определения наиболее приоритетных направлений повышения безопасности труда, целесообразно рассмотреть показатели производственного травматизма и профзаболеваний при добыче угля, металлических руд, нефти и природного газа, а также прочих полезных ископаемых. На рисунке 1.7 представлены показатели легкого и тяжелого производственного травматизма при добыче полезных ископаемых.

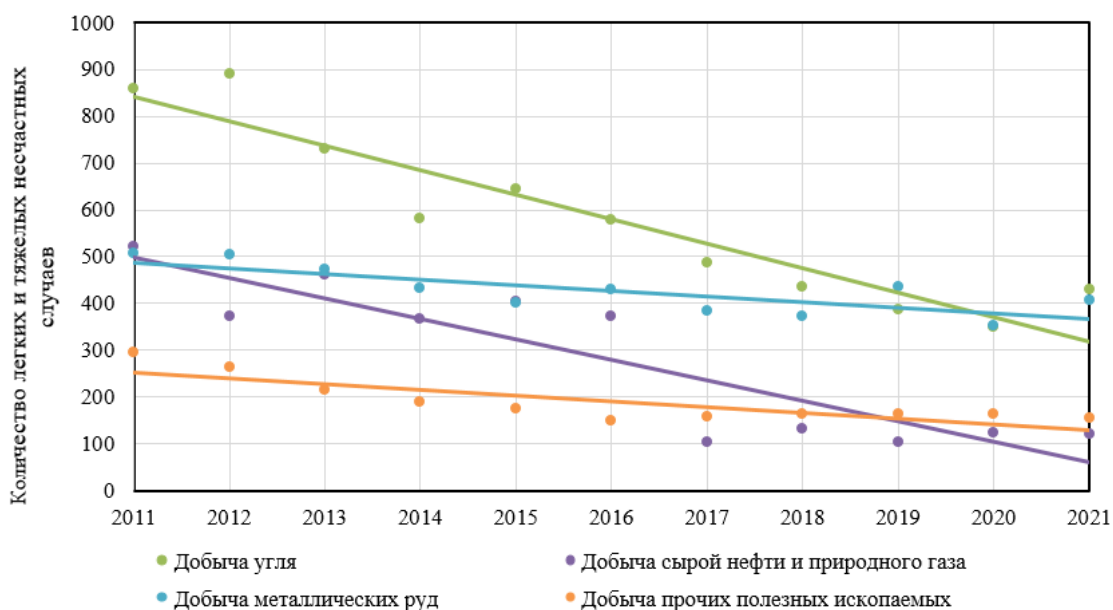


Рисунок 1.7 – Количество легких и тяжелых несчастных случаев при добыче полезных ископаемых с 2011 по 2021 гг.

В горнодобывающей промышленности России преобладающее число легких и тяжелых несчастных случаев отмечается при добыче угля, но к концу 2021 года количество таких случаев уменьшилось почти в 2 раза. Однако при добыче металлических руд уменьшение данного показателя незначительное.

На рисунке 1.8 представлены показатели смертельного производственного травматизма при добыче полезных ископаемых.

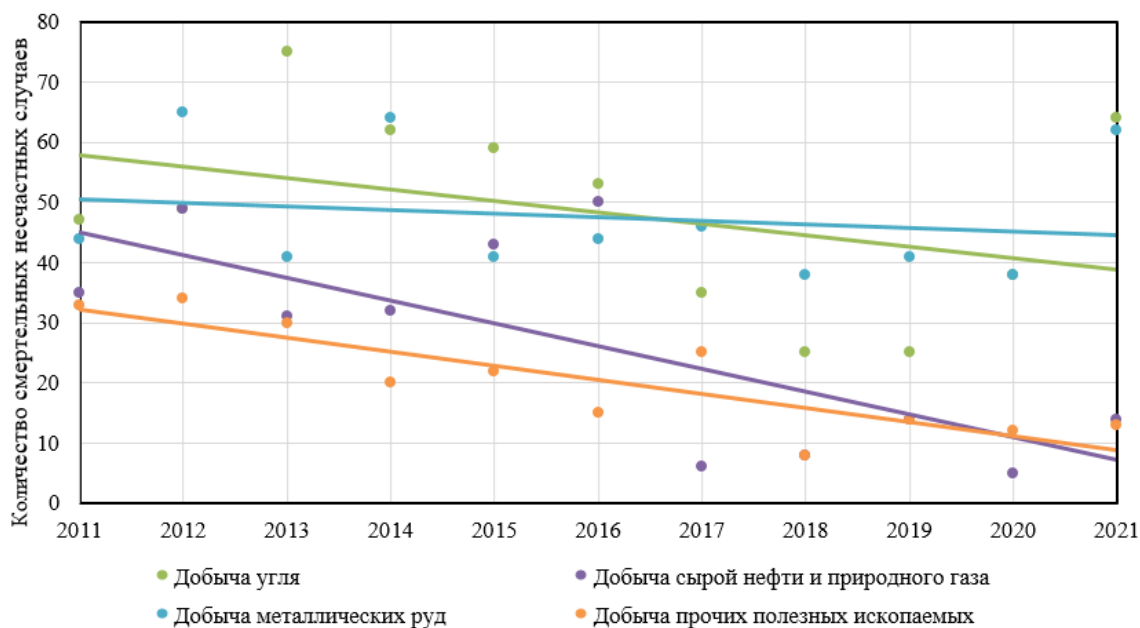


Рисунок 1.8 – Количество смертельных несчастных случаев при добыче полезных ископаемых с 2011 по 2021 гг.

Показатель смертельного травматизма при добыче полезных ископаемых имеет схожую тенденцию с показателем легких и тяжелых несчастных случаев, где наблюдается наиболее высокий уровень смертельного травматизма при добыче угля, при неизменном уровне при добыче металлических руд.

Эту тенденцию можно объяснить несколькими факторами. Добыча угля сопряжена с большими физическими нагрузками на горнорабочих. Условия работы при подземной добыче могут быть опасными и неблагоприятными для здоровья, например, из-за пыли, газов и других вредных веществ. Также при добыче угля отмечается большое количество опасных производственных факторов, которые делают добычу угля одним из самых рискованных видов производственной деятельности.

На рисунке 1.9 представлены показатели профзаболеваний при добыче полезных ископаемых.

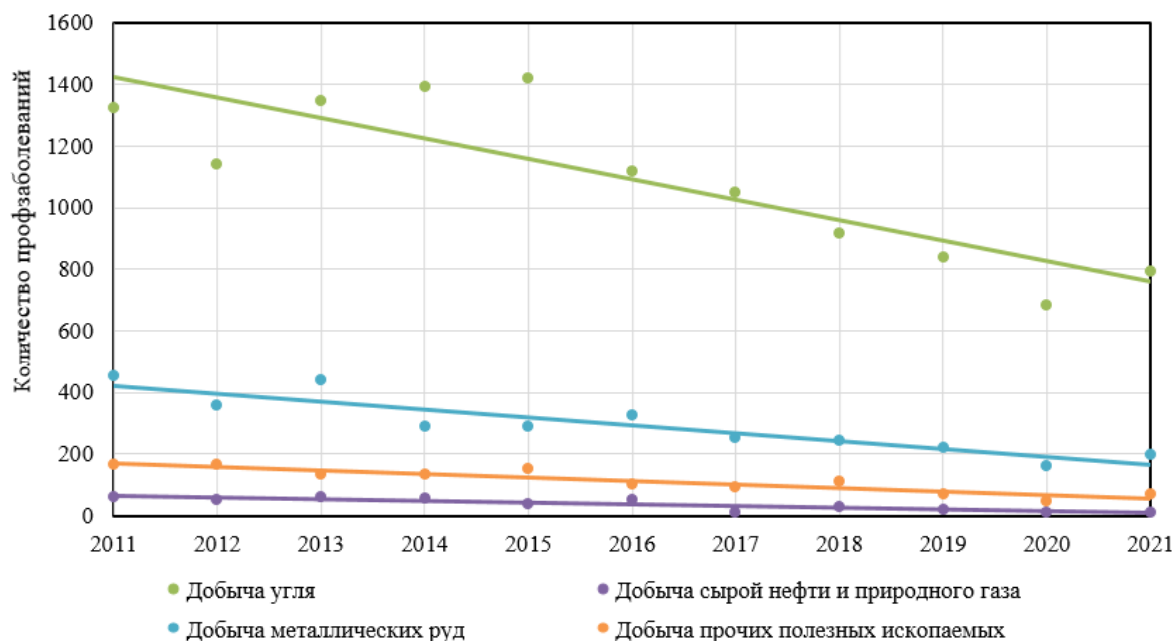


Рисунок 1.9 – Количество профзаболеваний при добыче полезных ископаемых с 2011 по 2021 гг.

Следует отметить, что при добыче угля отмечается недопустимый высокий уровень выявленных профзаболеваний, относительно добычи других видов полезных ископаемых. Это связано с большим количеством вредных производственных факторов, воздействующих на горнорабочих угольной промышленности, в особой степени, которые можно отметить при добыче угля подземным способом.

Таким образом, несмотря на большие финансовые вложения в систему управления охраной труда, уровень производственного травматизма и профзаболеваний остается на недопустимо высоком уровне, что особенно остро выражено в угледобывающей промышленности. Поэтому целесообразно рассмотреть основные причины, вызывающие развитие профзаболеваний у горнорабочих и производственный травматизм.

1.2.2 Анализ причин производственного травматизма и профзаболеваний

Распределение причин несчастных случаев является важным элементом анализа производственного травматизма, так как это помогает выявить основные

причины происшествий и определить основные направления работы по снижению травматизма на предприятии [79]. При проведении опроса у горнорабочих, большинство (23,45%) выделили основной причиной производственного травматизма – неудовлетворительное состояние производственного, горношахтного оборудования, на втором месте стоит причина – безответственное отношение к требованиям производственной безопасности рабочих (28,8%), на третьем месте – горно-геологические условия (27,3%) [5,6]. Но для статистического анализа причин производственного травматизма, рационально рассмотреть все причины травматизма согласно данным Ростехнадзора в среднем за 10-летний период (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 – Причины производственного травматизма в среднем за 10-летний период

Как следует из рисунка 1.10, наиболее высокий риск производственного травматизма связан с неудовлетворительной организацией работ, нарушениями трудового распорядка и дисциплины, а также с неудовлетворительным содержанием и недостатками в организации рабочих мест. Перечисленные причины производственного травматизма относятся к организационным

причинам, что связано с недостаточно высоким уровнем профессиональной подготовки персонала, а также с его невысокой мотивацией к выполнению правил безопасности в процессе трудовой деятельности [35].

Профессиональные заболевания в горнодобывающей промышленности развиваются из-за воздействия большого количества вредных производственных факторов. Около 85% всех зарегистрированных случаев относятся к четырем видам болезней: заболеваниям дыхательной системы, заболеваниям опорно-двигательного аппарата, вибрационным заболеваниям и кохлеарным невритам. Для сокращения количества профессиональных заболеваний у горнорабочих следует разработать методы индикации индивидуальной устойчивости к различным видам заболеваний на основе генетических, физиологических и биохимических маркеров, чтобы повысить уровень безопасности труда горнорабочих [94,24].

1.3 Экономическое стимулирование создания безопасных условий труда в России

В России существуют различные механизмы экономического стимулирования создания безопасных условий труда на предприятиях. Например, система обязательного страхования работников от несчастных случаев на производстве, которая стимулирует работодателей обеспечивать безопасные условия труда для своих сотрудников. В случае несчастного случая на производстве, работник получает компенсацию от страховой компании, а работодатель может быть подвергнут штрафам и другим мерам ответственности.

Страховые взносы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний зависят от 32 классов профессионального риска и варьируются в диапазоне от 0,2 до 8,5% (таблица 1.2) [30, 92]. Стоит отметить, что добыча и обогащение угля и руд относится к 32 классу профессионального риска.

Таблица 1.2 - Классы профессионального риска и размер среднего страхового тарифа [67]

Класс риска	Тариф	Класс риска	Тариф	Класс риска	Тариф	Класс риска	Тариф
1	0,2	9	1,0	17	2,1	25	4,5
2	0,3	10	1,1	18	2,3	26	5,0
3	0,4	11	1,2	19	2,5	27	5,5
4	0,5	12	1,3	20	2,8	28	6,1
5	0,6	13	1,4	21	3,1	29	6,7
6	0,7	14	1,5	22	3,4	30	7,4
7	0,8	15	1,7	23	3,7	31	8,1
8	0,9	16	1,9	24	4,1	32	8,5

Согласно закону, тарифы должны изменяться и корректироваться ежегодно, но уже на протяжении 17 лет действуют тарифы 2006 года, которые были продлены на 2023 год Федеральным законом от 21.12.2021 № 413-ФЗ [68].

Однако, в зависимости от условий и охраны труда в организации, ФСС может изменять тарифы для некоторых организаций. Предприятия с высоким уровнем организации работ по охране труда получают скидку на страховой тариф, а предприятия с низким уровнем организации работ по охране труда, получают надбавку к нему.

Работодатель может получить скидку в размере до 40%, если компания соответствует определенным условиям, таким как, отсутствие задолженности, отсутствие страховых случаев со смертельным исходом и все показатели по травматизму ниже среднеотраслевых [49]. Средние значения показателей по травматизму на 2023 год определены постановлением ФСС от 28.05.2021 № 17 [48].

Надбавка к тарифу может достигать максимального значения 40% и назначается на основании тех же показателей. ФСС принимает решение о надбавке к страховому тарифу, если работодатель превышает все три средних значения по отрасли или в прошлом году произошел групповой несчастный случай со смертельным исходом.

Также существует финансовое обеспечение предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профзаболеваний через ФСС. Правила финансового обеспечения предупредительных мер по сокращению травматизма и профзаболеваний утверждены приказом Минтруда России от 14.07.2021 г. № 467н [50].

Допустимо направлять не более 20% от суммы взносов, уплаченных за предыдущий календарный год в ФСС на мероприятия, связанные с предотвращением травматизма, за вычетом расходов на выплату пособий и оплату отпусков сверх ежегодного отпуска, связанных с лечением и проездом к месту лечения. Сумма таких мероприятий может быть увеличена до 30%, если эти средства будут направлены на санаторно-курортное лечение работников не ранее, чем за 5 лет до их выхода на пенсию по старости.

В целом, экономическое стимулирование создания безопасных условий труда является одним из важных механизмов обеспечения безопасности на производстве в России.

1.4 Зарубежный опыт в области экономики безопасности труда

Зарубежные страны также уделяют особое внимание экономическому стимулированию создания безопасных условий труда. Например, в Европейском союзе существует система безопасности и здоровья на рабочем месте, которая позволяет компаниям проявить свою заботу о безопасности труда рабочих и повысить свою конкурентоспособность на рынке. Кроме того, в некоторых странах существуют налоговые льготы для компаний, которые обеспечивают безопасные условия труда для своих сотрудников. Также в некоторых странах предусмотрены штрафы и наказания для компаний, которые не соблюдают правила безопасности и создают опасные условия труда. Например, в странах Европы и странах Международной организации труда принято улучшать условия и охрану труда, чтобы снизить число производственных несчастных случаев [72].

В Германии, Институт техники безопасности при Центральной федерации профессиональных ассоциаций занимается исследованием причин производственного травматизма и разработкой методов его предотвращения, в

том числе за счет улучшения безопасности используемого оборудования [32]. В Германии, Италии, Польше, Австрии, Чешской Республике, Латвии, Литве и Люксембурге, создание системы страховой защиты от производственных опасностей имело большое значение для проведения мер по профилактике и сокращению выплат компенсаций. Эффективность такой системы зависит от того, насколько эффективно предотвращаются несчастные случаи, поэтому оптимальная модель должна сочетать предоставление возмещения и профилактических мер. В этих странах применяется модель Бисмарка, которая является моделью социального медицинского страхования, направленной на сокращение несчастных случаев. В рамках данной модели осуществляется обязательное социальное страхование для профессиональных групп, при этом страховые взносы распределяются между работодателями и работниками на основе приоритетной раскладки (таблица 1.3).

Таблица 1.3 - Экономическая модель Бисмарка по распределению нагрузки страховых взносов по видам обязательного социального страхования, % от величины заработной платы работников [7]

Вид страхования	Работодатели	Работники	Государство	Всего
Пенсионное страхование	10	10	-	20
Медицинское страхование	4	4	-	8
Страхование в связи с безработицей	3	3	-	6
Страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний	0-16	-	-	2
Итого	19	17	-	36

В Великобритании, Ирландии, США, Японии и других странах используется модель социальной защиты Бевериджа, в которой государство выступает в качестве страховщика. Главная цель этой системы заключается в выплате пособий, предусмотренных законодательством, в то время как профилактические меры и реабилитационные мероприятия осуществляются

другими организациями [7]. Модель социальной защиты Бевериджа основана на добровольном личном страховании, дополнительном профессиональном страховании с целью замещения заработной платы и государственном предоставлении пенсий и пособий на уровне прожиточного минимума (таблица 1.4).

Таблица 1.4 - Экономическая модель Бевериджа по распределению нагрузки страховых взносов, по видам обязательного социального страхования, % от величины заработной платы работников [7]

Вид страхования	Работодатели	Работники	Государство	Всего
Пенсионное страхование (обязательное)	6	2	Считается, что участвует путем отказа от сбора налогов	8
Профессиональное дополнительное	5	2	-	7
Медицинское	-	-	Государственное здравоохранение	-
В связи с безработицей	-	-	Государственные программы борьбы с безработицей	-
От несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний	0,5-6	-	-	2 (средняя величина)
Итого	12	4	-	16

Модель Бевериджа отличается от частно-корпоративной модели, применяемой в Дании, тем, что не предполагается ограничение ответственности работодателя. Пострадавший в случае производственной травмы или профессионального заболевания имеет право подать иск на компенсацию в суд [11]. В частно-корпоративной модели, используемой в Дании, ответственность за риск передается частным страховым компаниям, которые выплачивают

дополнительные пособия при несчастных случаях на производстве. Однако, эта модель не включает в себя профилактические и реабилитационные меры, а страхование от несчастных случаев рассматривается как дополнительное [41,39].

В целом, зарубежный опыт показывает, что экономическое стимулирование может быть эффективным инструментом для повышения уровня безопасности труда и снижения количества производственных травм и несчастных случаев.

1.5 Постановка цели и задач исследования

Несмотря на инвестирование больших средств в развитие системы управления охраной труда и существенное снижение динамики производственного травматизма и профессиональных заболеваний в целом, уровень травматизма и профзаболеваний на предприятиях угледобывающей промышленности остается высоким. В настоящее время отсутствует методика определения приоритетных направлений по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, которая помогла бы оптимизировать расходы на систему управления охраной труда и уменьшить уровень производственных рисков до минимума.

В связи с этим основными задачами исследования являются:

1. Анализ рисков производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в угледобывающих регионах России.
2. Установление взаимосвязи между рисками производственного травматизма и профессиональной заболеваемостью горнорабочих.
3. Разработка методики оценки комплексного показателя, определяющего сочетанное действие рисков травматизма и профзаболеваний, включающих их фоновые значения, и экономические ущербы.
4. Ранжирование угольных шахт по величине коэффициента, учитывающего сравнительную динамику интегрального риска, с целью определения приоритетных направлений повышения безопасности труда.
5. Оценка рисков производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на угольных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс».

6. Определение тесноты связи между рисками производственного травматизма и профзаболеваний различной этиологической природы при подземной добыче угля.

7. Апробация промышленного экзоскелета для снижения тяжести труда горнорабочих.

Целью исследования является: снижение уровня производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в угольных компаниях на основе адресной реализации компенсирующих мероприятий.

1.6 Выводы по главе 1

1. Согласно статистике, странами, с наиболее выраженным производственным травматизмом, являются: Япония, Германия, США, Франция и Россия. Но если сопоставить риск смертельного травматизма в различных странах, то наибольший риск отмечается у России, США и Италии, что определяет важность изучения данной проблемы, как для Российской Федерации, так и для других стран.

2. Проблема высоких показателей производственного травматизма и профзаболеваний остро стоит во всем мире. На данный момент времени, многие угледобывающие компании присоединяются к программе «Нулевое видение» (Vision Zero).

3. За 10-летний период количество предприятий в России увеличилось в 1,2 раза, а количество смертельных несчастных случаев и профзаболеваний снизилось в 3,2 и 2,3 раза соответственно. Данная динамика является положительной, однако, уровень производственного травматизма и профзаболеваний остается на высоком уровне, не смотря на большие финансовые вложения на мероприятия по охране труда, которые к концу 2021 года увеличились по сравнению с 2011 годом на 240 524 735,5 тыс.

4. При добыче полезных ископаемых отмечается снижение количества легких и тяжелых несчастных случаев, а также профессиональных заболеваний, при неизменном количестве смертельных несчастных случаев.

5. Основная доля финансовых вложений при добыче полезных ископаемых приходится на приобретение спецодежды, спецобуви и других СИЗ (37,19%), а также реализацию технико-технологических мероприятий (32,46%), наименьшее количество финансовых вложений приходится на подготовку работников по охране труда (2,79%).

6. Несмотря на экономическое стимулирование создания безопасных условий труда, особенно остро стоит проблема высокого уровня производственного травматизма и профзаболеваний в угледобывающей промышленности, что связано с воздействием большого количества вредных и опасных производственных факторов на горнорабочих.

ГЛАВА 2 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

2.1 Международный опыт анализа и оценки рисков

Анализ и оценка рисков являются важными инструментами в различных областях промышленности. Международный опыт показывает, что эти инструменты широко используются для прогнозирования возможных неблагоприятных событий, оценки вероятности их возникновения, а также для разработки стратегий и методов управления рисками. Существует международный стандарт оценки и управления рисками ISO 31000, который устанавливает принципы, рамки и процессы оценки и управления рисками. Этот стандарт применяется в различных сферах деятельности и обеспечивает единый подход к оценке и управлению рисками в разных странах и организациях.

Один из распространенных методов - это метод оценки рисков по системе Элмери, который широко используется в Финляндии. Он позволяет определить вероятность возникновения условий, которые могут привести к травмам и профзаболеваниям. Метод основывается на оценке вероятности и тяжести последствий для здоровья работников [58].

В США используются различные методы оценки рисков, такие как FMEA (анализ видов и последствий отказов), HAZOP (исследование опасностей и работоспособности) и FTA (анализ дерева отказов) [113]. Например, метод HAZOP используется для выявления эксплуатационных нарушений и неисправностей оборудования, которые могут привести к нежелательным последствиям.

В Канаде, Центр охраны труда и техники безопасности (ССОHS) признает несколько методов оценки рисков, и сотрудники центра предлагают порядок действий для вычисления рисков. Но наиболее распространенным является матричный метод оценки рисков [101,102]. Данный метод основывается на матричной таблице, которая помогает определить вероятность возникновения

нежелательных событий и их потенциальный ущерб. Матричная таблица состоит из двух осей: вероятности и тяжести последствий. Каждая ось имеет ряд значений, которые могут быть оценены по шкале от низкого до высокого. На пересечении значений каждой оси образуется ячейка, которая определяет уровень риска. Чтобы оценить риск конкретной ситуации, нужно определить ее вероятность и тяжесть последствий. Затем эти значения вводятся в матричную таблицу, и полученная ячейка показывает уровень риска этой ситуации. В зависимости от уровня риска, могут быть приняты различные меры по управлению рисками. Например, для ситуаций с высоким риском необходимо разработать и реализовать более жесткие меры безопасности, чем для ситуаций с низким риском.

В Европейских странах, таких как Швеция и Норвегия, используются аналогичные процедуры оценки рисков. Методы оценки рисков могут включать в себя анализ и оценку опасностей, идентификацию рисков, а также меры по управлению и уменьшению рисков.

В Германии был введен «Закон контроля и прозрачности в организациях» (KonTraG), который направлен на защиту предприятий от убытков и содержит требования по управлению рисками. Работодатели обязаны разработать методы предотвращения несчастных случаев на производстве, профессиональных заболеваний и профессиональных рисков, а также способствовать восстановлению здоровья работников или оказывать финансовую компенсацию.

В Испании «Закон о предотвращении профессиональных рисков» был создан на основе Директивы ЕС 89/391/ЕЕС. Данный закон обязывает работодателей анализировать уровень производственного травматизма и предотвращать профессиональные риски, для чего необходимо разрабатывать профилактические, организационные, технические мероприятия, которые будут интегрированы в систему менеджмента компании [111].

В Европейских странах агентства по охране труда рекомендуют использовать контрольные опросные листы и матрицы рисков для более качественной оценки рисков и идентификации опасностей на рабочих местах. Это

позволяет ранжировать риски и уделить особо внимание наиболее опасным. Также, в последнее время метод анализа Bow Tie Analysis (ВТА - «Анализ галстук-бабочка») получает все большую популярность при оценке и анализе рисков. Этот метод позволяет детально анализировать конкретные причины и последствия нежелательных событий, что способствует определению и принятию превентивных мер контроля [64].

Австралия является примером страны, где законодательство в области оценки и управления рисками в горнодобывающей промышленности наиболее прогрессивное в мире. В этой стране основным принципом системы обеспечения безопасности и охраны здоровья является управление рисками, которое включает в себя идентификацию потенциальных опасностей, оценку рисков, внедрение мер контроля для снижения риска, мониторинг эффективности этих мер, а также оценку и мониторинг остаточного риска. Особенно в горнодобывающей промышленности, где аварийные ситуации могут привести к человеческим потерям и негативному воздействию на окружающую среду, важно использовать обоснованный подход к процессу оценки рисков, который направлен на снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций.

Процесс управления определяет приоритетные риски, которые требуют снижения и какими методами это будет достигнуто, а также риски, которые нужно непрерывно контролировать. Он состоит из нескольких этапов, изображенных на рисунке 2.1.

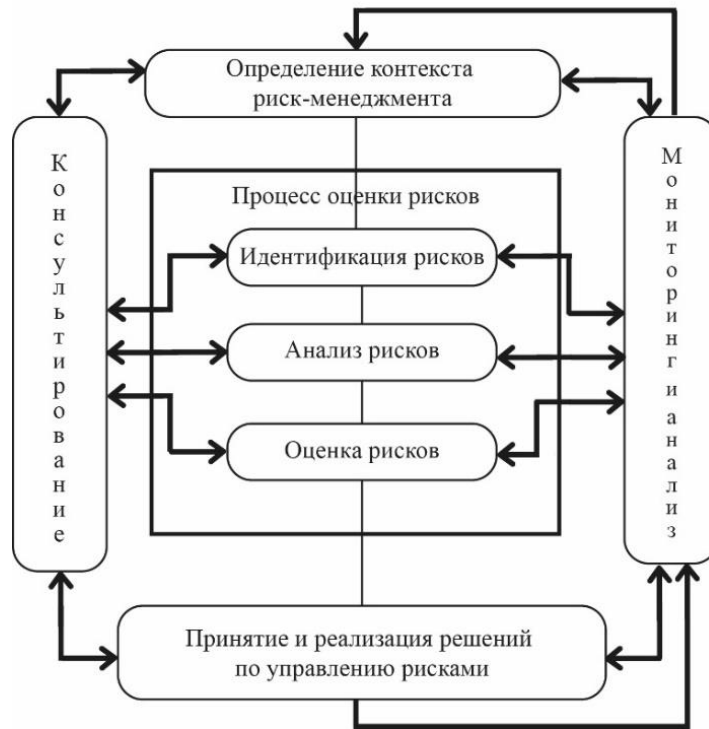


Рисунок 2.1 - Общая схема процесса риск-менеджмента

Важной задачей является определение контекста управления рисками, включающего внутренние и внешние факторы, которые будут учтены при управлении рисками [40]. Затем необходимо определить потенциальные угрозы, связанные с каждым этапом технологического процесса в шахте. Результатом этого процесса является полный перечень рисков для безопасности и здоровья сотрудников на каждом этапе работ.

После идентификации возможных угроз и опасностей, связанных с конкретным технологическим процессом, необходимо оценить риски, то есть определить вероятность возникновения аварийных ситуаций и степень возможного ущерба для здоровья человека.

Система RISKGATE была создана в Австралии совместно с другими организациями, чтобы облегчить сбор и обмен знаниями по управлению рисками в горной промышленности [114,99]. Цель этой системы заключается в улучшении производительности труда и повышении безопасности на предприятиях горнодобывающей индустрии через улучшение системы управления рисками и обмен передовым опытом в выявлении, оценке и управлении рисками.

В США, как и в других странах, переходят к «стимулирующей» модели законодательства в области обеспечения безопасности и здоровья рабочих горнодобывающего сектора. Поэтому внедряется система MHRA (Major Hazard Risk Assessment – оценка рисков основных опасностей), которая направлена на предотвращение аварий и травмирования шахтеров, так как соблюдение правил не всегда достаточно для предотвращения опасностей [108].

По мнению экспертов, в угледобывающей промышленности Азии недостаточно распространены системы оценки и управления рисками. Однако, китайская компания Shenhua Group выделяется хорошим примером внедрения таких систем и достижения положительных результатов. Компания разработала свои стандарты, основываясь на управлении и контроле источников скрытых опасностей и комплексной оценке рисков, что позволяет заранее выявлять все риски и управлять ими [100]. Система управления рисками Shenhua Group включает в себя определение источников опасности, оценку рисков, управление рисками, мониторинг источников опасности и предотвращение проявления опасностей. Во многих странах Азии в настоящее время создаются новые методики оценки и управления рисками для предприятий, занимающихся добычей угля [110].

Таким образом, международный опыт анализа и оценки рисков показывает, что использование этих инструментов является эффективным способом управления рисками и обеспечения безопасности в различных сферах деятельности, в том числе и горнодобывающей.

2.2 Оценка рисков в системе управления охраной труда в России

Оценка рисков в системе управления охраной труда (ОТ) в России является обязательной для всех организаций, занятых производственной деятельностью. Она проводится с целью определения потенциальных опасностей, связанных с работой, и оценки вероятности их возникновения, а также степени тяжести последствий.

Для начала работодателю необходимо выбрать методику оценки уровня профессиональных рисков. В соответствии с пунктом 23 Приказа Минтруда

№ 776н, работодатель может самостоятельно выбрать методику, учитывая технологические процессы и операции. Однако Минтруд разработал Приказ № 926 от 28.12.2021, который утверждает рекомендации по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков. Эти рекомендации помогут работодателю выбрать метод оценки профессиональных рисков и разработать меры по управлению этими рисками [13]. В общем случае оценка рисков включает в себя: выявление опасностей, определение для каждой из опасностей размер возможного ущерба здоровью, вероятность их наступления, проведение расчета значения показателя рисков.

Общая схема оценки рисков представляет собой:

1. Планирование и организация управления рисками;
2. Выявление рисков на рабочих местах;
3. Оценка рисков;
4. Разработка плана мероприятий по снижению уровня рисков;
5. Корректировка и/или снижение рисков.

На сегодняшний день применяется ряд методов анализа производственного травматизма, которые можно разделить на следующие: статистический, групповой, топографический, монографический, экономический.

Статистический метод используется для сравнительного анализа уровня производственного травматизма, используя данные о производственных несчастных случаях, такие как отчеты о количестве случаев, акты по форме Н-1 и журналы регистрации и учета, для расчета различных показателей. К таким показателям относятся: коэффициент частоты травматизма, показатель тяжести травматизма, показатель летальности и показатель опасности производства и/или потери трудоспособности. Коэффициент частоты травматизма вычисляется как отношение количества пострадавших к среднесписочному числу персонала за учетный период, умноженному на 1000. Показатель тяжести травматизма вычисляется как отношение числа человеко-дней нетрудоспособности к числу пострадавших с утратой трудоспособности на срок более 3 дней, без учета

погибших. Статистический метод может быть групповым или топографическим [33].

Групповой метод анализа производственного травматизма заключается в распределении несчастных случаев по выбранным показателям или причинам, признакам травматизма, не классифицируя при этом тяжесть произошедших несчастных случаев. Для более качественного анализа по выбранным повторяющимся параметрам необходимо рассчитать показатель частоты травматизма.

Топографический метод анализа производственного травматизма представляет собой метод, основанный на определении причин несчастных случаев в зависимости от места их происшествия на территории предприятия. Для этого на схематических планах предприятий наносятся отметки мест происшествий несчастных случаев, что позволяет наглядно оценить рабочие места с высокой травмоопасностью. После этого представляется возможным разработать меры по снижению уровня риска на этих рабочих местах и в целом на предприятии.

Выделяют 3 основных этапа для анализа несчастных случаев на производстве статистическими методами, это наблюдение, сбор статистических данных и обработка полученных результатов с дальнейшей разработкой рекомендаций по снижению уровня производственного травматизма. Статистические методы позволяют получить полную картину динамики несчастных случаев в зависимости от выбранных параметров, но не учитывают производственные условия, которые могли повлиять на травматизм.

Монографический метод изучает взаимосвязь травматизма с организацией условий труда, технологией трудовых процессов и особенностями эксплуатации применяемого оборудования. Особое внимание в данном методе уделено используемому оборудованию и трудовым операциям рабочих, при выполнении которых произошел несчастный случай. Также важной особенностью является оценка производственной обстановки, которая повлекла за собой возникновение риска производственного травматизма. Главная цель монографического метода

заключается в установлении причин несчастных случаев и дальнейшая разработка технических и организационных мероприятий и рекомендаций по снижению уровня производственного травматизма при эксплуатации различного вида оборудования. Для использования данного метода требуются наиболее полные знания методов и технологий организации работ, что позволит осуществить наиболее детальный анализ. Особенно часто данный метод рационально использовать при механизированных и частично механизированных работах.

Экономический метод оценки производственного травматизма представляет собой подход, основанный на оценке непосредственных и косвенных экономических потерь, связанных с травмами на производстве. Экономический метод позволяет оценить степень влияния производственного травматизма на финансовые показатели компании, что может помочь в определении стратегии улучшения условий и безопасности на рабочих местах. Этот метод также может быть использован для сравнительного анализа различных мероприятий по снижению риска травматизма, позволяя определить наиболее эффективные решения с точки зрения экономической выгоды [89].

Количественные методы оценки риска также часто используются, поскольку для управленческих решений можно применять общие подходы и принципы исследования риска, основанные на двухмерном толковании риска. Это означает, что анализируется вероятность неблагоприятного события и возможный ущерб от его проявления.

Существует несколько показателей риска, которые могут быть использованы в математических моделях. Один из них - математическое ожидание, которое является наиболее распространенной мерой риска. Математическое ожидание определяется как среднее значение конечного экономического результата или ожидаемого дохода.

Другими показателями риска являются дисперсия и среднеквадратическое отклонение, которые характеризуют меру разброса или отклонения случайной величины от ожидаемого значения. Кроме того, используется показатель волатильности, который отражает изменение условий функционирования объекта

по сравнению с ожидаемыми и связывается с возможной угрозой возникновения ущерба.

Кроме того, имеется значительное количество экспертных подходов к оценке риска. В Российской Федерации доступно множество методов оценки рисков, которые регулируются ГОСТ 12.0.230.5-2018 «Система стандартов безопасности труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ» [18].

Перечень методов анализа риска приведен в таблице 2.1, где для каждого метода указан уровень возможности применимости для каждого этапа процесса анализа риска. Описание каждого метода представлено после таблицы.

Таблица 2.1. – Характеристика применимости методов оценки риска [86]

Наименование метода	Процесс анализа риска			
	Идентификация риска	Оценка последствий (ущерба)	Оценка вероятностных характеристик	Оценка уровня риска
Метод проверочного листа, или чек-листа (англ. - Check List)	полностью применим	условно применим	принципиально неприменим	принципиально неприменим
Метод "Система Элмери" (англ. - ELMERI system)	полностью применим	условно применим	принципиально неприменим	принципиально неприменим
Метод "Что будет, если...?" [англ. - Structured What-If Technique (SWIFT)]	принципиально неприменим	условно применим	принципиально неприменим	принципиально неприменим
Метод мозгового штурма (англ. - Brainstorming)	полностью применим	условно применим	принципиально неприменим	принципиально неприменим
Метод Дельфи (англ. - Delphi method)	полностью применим	условно применим	принципиально неприменим	принципиально неприменим

Продолжение таблицы 2.1

Метод структурированного или частично структурированного интервью (англ. - Structured or Semi-Structured Interview)	полностью применим	условно применим	принципиально неприменим	принципиально неприменим
Матричный метод (англ. - Risk matrix)	принципиально неприменим	принципиально неприменим	принципиально неприменим	полностью применим
Метод Файна-Кинни (англ. - Fine&Kinney Method)	условно применим	условно применим	условно применим	принципиально неприменим
Метод идентификации опасностей [англ. - Hazard Identification (HAZID)]	условно применим	условно применим	условно применим	принципиально неприменим
Метод "Исследование опасности и работоспособности" [англ. - Hazard and Operability study (HAZOP)]	условно применим	условно применим	условно применим	условно применим
Методы "Анализ видов и последствий отказов" [англ. - Failure Mode Effect Analysis (FMEA)] и "Анализ видов, последствий и критичности отказов" [англ. - Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA)]	принципиально неприменим	полностью применим	принципиально неприменим	условно применим

Продолжение таблицы 2.1

Метод "Анализ дерева отказов (неисправностей)" [англ. - Fault Tree Analysis (FTA)]	полностью применим	условно применим	принципиально неприменим	принципиально неприменим
Метод "Анализ дерева событий" [англ. - Event Tree Analysis (ETA)]	принципиально неприменим	условно применим	условно применим	полностью применим
Метод предварительного анализа опасностей [англ. - Preliminary Hazard Analysis (PHA)]	полностью применим	условно применим	принципиально неприменим	принципиально неприменим
Метод "Оценка влияния человеческого фактора" [англ. - Human Reliability Assessment (HRA)]	принципиально неприменим	условно применим	принципиально неприменим	условно применим

Метод проверочного листа, также известный как метод чек-листа, является одним из наиболее распространенных методов оценки рисков в России. Он основан на систематическом анализе и оценке конкретных факторов риска, которые могут привести к несчастным случаям или другим негативным последствиям. Для использования метода проверочного листа разрабатывается список конкретных вопросов, которые могут влиять на риск производственных несчастных случаев. Эти вопросы относятся к различным аспектам работы, включая условия труда, оборудование, процессы, процедуры и др. Оценка риска проводится на основе ответов на вопросы, которые могут быть количественными или качественными.

Метод "Система Элмери" (или Elmer Method) - это метод оценки рисков, который был разработан в Финляндии в 1970-х годах. Суть метода заключается в том, что эксперты проводят систематическую оценку рисков на основе заданных критериев, включая вероятность возникновения риска, потенциальные последствия и возможности предотвращения риска. Эксперты также оценивают

важность каждого критерия, чтобы определить общий уровень риска. Его преимуществами является простота использования, систематичность, возможность учета неопределенности и гибкость в адаптации к различным ситуациям [58].

Метод "Что будет, если...?" (What-if analysis) - это метод оценки рисков, который используется для прогнозирования возможных последствий конкретных событий или решений. Он заключается в том, что задается вопрос "Что будет, если...?" и затем анализируется, как изменится ситуация, если произойдет определенное событие или будут приняты определенные решения. Данный метод позволяет оценить возможные риски и принять наиболее эффективные меры для минимизации этих рисков.

Метод мозгового штурма - это метод генерации идей, который может использоваться для оценки рисков в определенных ситуациях. Для использования метода мозгового штурма в оценке рисков, участники могут сосредоточиться на заданной проблеме и сгенерировать как можно больше возможных рисков, которые могут возникнуть в данной ситуации. Затем эти риски могут быть оценены с точки зрения их вероятности, воздействия на проект или организацию, а также наличия мер по управлению рисками. Метод мозгового штурма может быть особенно полезен для идентификации рисков в нестандартных ситуациях, когда традиционные методы могут не сработать. Однако, как и любой метод, он имеет свои ограничения и может потребовать дополнительного анализа и оценки рисков.

Метод Дельфи - это метод коллективного экспертного мнения, который используется для принятия решений в условиях неопределенности и высокой степени риска. Он основан на систематическом опросе экспертов в определенной области, которые выражают свои мнения и прогнозы по поводу возможных развитий событий и оценки рисков. Метод Дельфи позволяет получить коллективное экспертное мнение, которое может быть более точное, чем мнение отдельного эксперта. Кроме того, метод Дельфи позволяет учитывать мнения экспертов из разных областей, что позволяет получить более комплексное

представление о рисках и возможных последствиях. Однако этот метод требует значительных ресурсов и времени для проведения опросов, и анализа результатов.

Метод структурированного или частично структурированного интервью - это метод оценки рисков, который включает опрос экспертов с помощью предварительно разработанных вопросов. В отличие от метода Дельфи, в этом методе эксперты могут общаться между собой и дискутировать о своих ответах. Обычно этот метод применяется для определения вероятности возникновения определенного риска или для оценки последствий рисков. Преимущество этого метода заключается в том, что эксперты имеют возможность обсуждать свои ответы, что может привести к более глубокому пониманию рисков и их последствий. Однако, этот метод также имеет свои ограничения, например, результаты могут зависеть от выбора экспертов и их опыта.

Метод Файна-Кинни - это системный метод анализа рисков, который используется для идентификации потенциальных неисправностей и определения их влияния на процессы. Он основывается на анализе вероятности возникновения и тяжести последствий. Данный метод широко используется в промышленности, где предъявляются высокие требования к безопасности и качеству продукции.

Метод идентификации опасностей (HAZID) - это метод оценки рисков, который заключается в выявлении и описании опасностей, связанных с конкретным процессом или деятельностью, а также в определении вероятности их возникновения и потенциальных последствий. Этот метод позволяет систематически и последовательно выявить все возможные опасности, а затем определить меры по их устранению или снижению уровня риска. Метод идентификации опасностей часто используется в области промышленной безопасности и здоровья работников, а также в других отраслях, где важно минимизировать риски и повысить уровень безопасности.

Метод "Исследование опасности и работоспособности" (HAZOP) - это методика анализа процессов и систем, используемая для выявления потенциальных опасностей, ошибок и несоответствий в процессах и оборудовании. HAZOP обычно используется в промышленности для обеспечения

безопасности процессов и устранения возможных рисков. Ключевой идеей метода является тщательное изучение каждой детали процесса и выявление возможных отклонений от нормального режима работы. Он позволяет выявить проблемы и предложить меры по их устранению, что в конечном итоге способствует повышению уровня безопасности.

Метод "Анализ видов и последствий отказов" (FMEA) - это системный метод, используемый для оценки рисков, а также для выявления и предотвращения потенциальных отказов. Он основывается на систематическом анализе возможных отказов и их последствий в целях выявления и устранения потенциальных проблем. FMEA является широко используемым методом в промышленности, и других отраслях, где безопасность и надежность являются приоритетными задачами.

Метод "Анализ дерева отказов (неисправностей)" (FTA) - это метод оценки рисков, используемый для анализа отказов и вероятности их возникновения в сложных системах. Данный метод представляет собой структурный анализ системы, который строится на основе дерева отказов, состоящего из логических ветвей, соединяющих потенциальные причины и последствия отказов. В результате анализа строится дерево отказов, которое позволяет идентифицировать наиболее вероятные причины отказов и разработать меры по их предотвращению [113].

Метод "Анализ дерева событий" (ETA) - это метод оценки рисков, который используется для анализа последствий различных событий в системе. ETA состоит в создании дерева, в котором каждое событие, которое может произойти, представляется узлом, а их последствия - ветвями. Дерево строится сверху вниз, начиная с некоторого исходного события. ETA позволяет оценить вероятность того, что некоторое событие произойдет, а также вероятность того, что различные последствия этого события могут произойти.

Метод предварительного анализа опасностей (PHA) - это метод оценки рисков, который используется на начальных стадиях разработки проектов. Он позволяет определить возможные опасности и риски, связанные с проектом, и

разработать меры для их снижения или устранения. РНА включает в себя проведение систематического анализа потенциальных опасностей, определение последствий возможных отказов, их вероятности и влияния на проект или систему. В результате проведения РНА формируется список рисков и опасностей, а также рекомендации по их управлению и снижению рисков.

Метод оценки рисков "Оценка влияния человеческого фактора" (HRA) используется для оценки рисков, связанных с ошибками, допущенными людьми в технических системах, и предоставляет возможность учитывать эти ошибки при анализе рисков. Метод HRA включает в себя идентификацию ошибок, анализ их причин и оценку вероятности их возникновения, а также определение последствий этих ошибок для безопасности и эксплуатационной надежности технических систем.

Выбор метода оценки риска зависит от нескольких факторов, включая сложность проблемы и методов анализа, уровень неопределенности, доступность ресурсов, таких как время и информация, и возможность получения количественных данных. В России часто используются количественные показатели для оценки различных видов рисков, таких как индивидуальный и коллективный риск, экономический ущерб и математическое ожидание ущерба.

Стоит отметить, что в настоящее время ряд российских компаний переходит к методам управления, основанным на анализе и оценке риска. Например, АО "СУЭК" для каждой из своих шахт использует метод учета экспертных оценок по различным показателям контроля опасности аварий, чтобы выявить качественные и количественные показатели опасности аварий и производственного травматизма [63].

АО "НЦ ВостНИИ", одна из главных целей которой - обеспечение стабильности системы промышленной безопасности и охраны труда в угольной отрасли, считает, что любой сценарий развития аварии начинается с иницирующего события. Чтобы оценить вероятность развития такого сценария, компания составляет дерево событий, которые могут привести к аварии, а затем проводит оценку вероятности возникновения каждого из этих элементов [14,31].

Для этого она анализирует данные о прошлых авариях и инцидентах, экспертные оценки и события на аналогичных объектах.

Оценка рисков в системе управления охраной труда является важным инструментом для обеспечения безопасности труда и здоровья работников на предприятиях в России. Она помогает предотвратить несчастные случаи на производстве и улучшить условия труда, что способствует повышению эффективности производства.

2.3. Анализ рисков производственного травматизма методом вейвлет и фрактального анализа

Существующие общераспространенные методы анализа и оценки рисков направлены на выявление вероятности возникновения потенциальных угроз, определение степени их влияния и разработку мер по управлению этими рисками. Однако для более детального анализа производственного травматизма, целесообразно рассмотреть прогнозирование риска производственного травматизма методом вейвлет и фрактального анализа, который позволит предоставить достоверную прогнозную оценку и снижение уровня рисков.

Метод вейвлет (от англ. Wavelet, что в дословном переводе означает «маленькая волна») изначально был предложен как альтернатива спектральному анализу, основанному на преобразовании Фурье. Теория вейвлетов является математической концепцией, которая может использоваться в качестве инструмента прикладных исследований в технических и естественных науках.

В отличие от преобразования Фурье, при вейвлет-преобразовании функции $x(t)$ используется базис, который состоит из функций $\Psi(t)$, которые локализованы по времени и по частоте. Такой базис позволяет анализировать процессы, изменяющиеся во времени, и предоставляет двумерное представление функции $x(t)$, где время и частота рассматриваются как независимые переменные [55].

Данные, отражающие изменение количества производственных несчастных случаев в течение времени, представляют собой стохастический временной ряд. Для их анализа и выявления свойств, которые недоступны в исходном виде, широко используется вейвлет-анализ. Этот метод позволяет представить данные в

масштабно-временной плоскости и проанализировать различные характеристики ряда.

Фрактальный анализ позволяет произвести оценку фрактальных характеристик ряда данных. Фрактал – это структура, состоящая из частей, которые подобны целому. Главной особенностью является тот факт, что фрактал выглядит одинаково в любом масштабе. Но, располагая только внешним видом, оценка фрактальных свойств затруднена, а в большинстве случаев невозможна [45].

Использование методов фрактального анализа позволяет определить взаимосвязи между переменными, влияющими на производственный травматизм. Определение величины фрактальной размерности последовательности, которая наиболее точно описывает количество несчастных случаев, может помочь определить степень хаотичности процесса.

Так как производственный травматизм зависит от многих переменных, его анализ, оценка и прогнозирование риска является многомерным исследованием. Целесообразно рассматривать статистику производственного травматизма по различным факторам, таким как пол, возраст рабочих, стаж, месяц и год. Для анализа производственного травматизма была разработана методика прогнозирования на основе вейвлет и фрактального анализа Муллер Н.В., которая состоит из 5 этапов [46]. Поскольку анализ риска производственного травматизма методом вейвлет и фрактального анализа - это комплексный подход к оценке вероятности возникновения производственных травм и определение факторов, влияющих на этот риск.

Первый этап представляет собой формирование ряда данных несчастных случаев за определенный промежуток времени.

Второй этап заключается в обработке временного ряда с помощью вейвлет и фрактального анализа. Расчет фрактальной размерности можно узнать путем вычисления расстояний от выбранной точки до остальных точек множества. Исследуемое множество состоит из n -го количества несчастных случаев X_1, X_2, X_n

за определенный промежуток времени, которое располагается в m -мерном пространстве (рисунок 2.2).

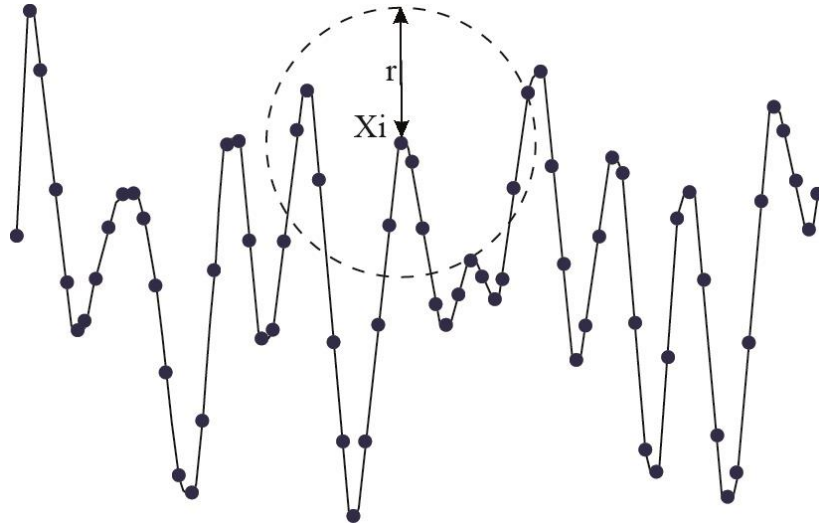


Рисунок 2.2 - График с окружностью, внутри которой осуществляется подсчет выборочных точек [46]

Для определения количества несчастных случаев, находящихся внутри заданной окружности радиусом r , используется метод подсчета точек $M(X_i, r)$ вокруг выбранного случая. Для вычисления вероятности попадания выбранного случая внутрь окружности необходимо поделить значение $M(X_i, r)$ на общее количество случаев в рассматриваемой выборке. При небольших значениях r , для вычисления фрактальной размерности необходимо использовать вероятность $P(X_i, r)$, которая должна примерно соответствовать формуле $\approx r^{-D_0}$. Чтобы вычислить усредненную размерность Хаусдорфа, выбирается случайным образом множество случаев размером $L < N$, и для каждого случая вычисляется $P(X_i, r)$. Затем усредненная размерность Хаусдорфа множества рассчитывается по формуле 2.1.

$$D_0(X_i) = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L D_0(X_i) \quad (2.1)$$

где D_0 - Хаусдорфова размерность множества;

r – радиус окружности.

Число L подбирается опытным путем, начиная с малого значения и постепенно увеличивая его до тех пор, пока D_0 не достигнет предела. Для определения предела производится поиск наиболее линейного участка

зависимости $\log P(X_i, \rho_{k_j})$ от $\log \rho_{k_j}$ и строится линейная аппроксимация с использованием метода наименьших квадратов, где ρ_{k_j} – это граничные условия значения радиуса. Затем из множества ρ_{k_j} удаляются случаи, которые вносят нелинейность в зависимость, оставляя только линейные случаи. После этого производится обработка временного ряда методом вейвлет-анализа, который помогает выявить пространственно-временные свойства объекта и получить информацию о его структуре, включая перемежаемость.

Далее производится интерпретация результатов и определяются наименее устойчивые факторы, которые позволяют выделить рискоопасные группы и построить прогнозные оценки на основе различных факторов, таких как профессия, возраст, временной период и стаж. Наконец, на основе полученных результатов разрабатываются рекомендации и мероприятия.

Преимущества анализа риска производственного травматизма методом вейвлет и фрактального анализа могут включать следующее:

- Более полное понимание характеристик временных рядов производственного травматизма, что может помочь выявить более точные закономерности и прогнозировать возможные риски.

- Возможность идентификации скрытых зависимостей между различными факторами, влияющими на риск производственного травматизма.

- Улучшение эффективности мер по предотвращению производственных травм, которые могут быть приняты на основе результатов анализа.

К недостаткам анализа риска производственного травматизма методом вейвлет и фрактального анализа относятся:

- Необходимость специальных знаний в области математического моделирования и статистики, чтобы правильно интерпретировать результаты анализа.

- Сложность и затратность в получении и обработке данных для анализа.

- Возможность неверной интерпретации результатов, если не учитывать все факторы, влияющие на риск производственного травматизма.

2.4 Метод корреляционно-регрессионного анализа рисков

Корреляционно-регрессионный анализ рисков - это метод, используемый для изучения связи между рисками и их влиянием на различные показатели. Он основан на использовании статистических методов, таких как корреляционный и регрессионный анализ, для определения силы и направления связи между рисками и выходными переменными. Корреляционный анализ позволяет измерить степень линейной связи между рисками и выходными переменными, тогда как регрессионный анализ позволяет оценить влияние каждого риска на выходные переменные. Корреляционно-регрессионный анализ рисков может помочь принимать более обоснованные решения по управлению рисками.

Корреляционная связь между рассматриваемыми показателями позволяет учесть помимо основных факторов, также и второстепенные, которые искажают влияние основного фактора. Корреляция бывает двух видов: парная и множественная. Парная корреляция объясняет связь между двумя показателями, а множественная между несколькими факторами и одним конечным показателем [1, 88].

Корреляционный анализ позволяет определить тесноту связи между рассматриваемыми показателями и количественную оценку влияния факторов на конечный показатель. Для расчета тесноты корреляционно связи необходимо воспользоваться формулой 2.2.

$$\mu = \sqrt{\frac{\delta_y^2 - \delta_{yx}^2}{\delta_y^2}} \quad (2.2)$$

где δ_{yx}^2 - среднее квадратичное отклонение у от теоретических значений y_x ;

δ_y^2 - среднее квадратичное отклонение фактических значений у.

При линейной зависимости корреляционное отношение рассматривается как коэффициент корреляции (r), которое может принимать значения в диапазоне от 0 до 1. При коэффициенте корреляции равном 0 – связь между показателями отсутствует, при $r=1$ связь детерминированная, при r равном отрицательному значению – связь обратно пропорциональна.

Для определения зависимости изучаемого фактора на совокупный показатель, необходимо рассчитать коэффициент детерминации, который равен коэффициенту корреляции в квадрате [93]. При значении тесноты корреляционной связи менее 0,7, величина детерминации всегда будет составлять меньше 50%. При значении тесноты корреляционной связи более 0,7, необходимо выбрать уравнение регрессии, которое описывает форму связи между рассматриваемыми показателями.

Преимущества корреляционно-регрессионного анализа рисков включает:

- **Определение связей:** Анализ позволяет определить связь между факторами, влияющими на производственный травматизм и профзаболевания. Это может помочь в выявлении наиболее значимых факторов риска и разработке мер по их управлению.

- **Предиктивная способность:** Корреляционно-регрессионный анализ может использоваться для разработки моделей прогнозирования рисков травматизма и профессиональных заболеваний на основе известных факторов риска. Это может помочь в разработке мероприятий по предотвращению травм и профзаболеваний в будущем.

- **Эффективность ресурсов:** Анализ может помочь в определении, какие ресурсы следует направить на управление рисками. Например, если анализ показывает, что определенный фактор риска является основным, то ресурсы могут быть направлены на разработку мер по его управлению.

- **Объективность:** Корреляционно-регрессионный анализ является математическим методом исследования, что делает его более объективным. Он позволяет получить числовые значения для связей между факторами риска и травматизмом или профзаболеваниями, что может быть использовано для принятия решений.

- **Гибкость:** Метод может быть применен для анализа различных типов данных, включая числовые, бинарные и категориальные данные. Это позволяет получать более широкий диапазон информации о рисках и связях между ними.

2.5 Выводы по главе 2

1. В горнодобывающих странах применяются различные методы оценки и анализа производственного травматизма и профзаболеваний, наиболее часто встречаются матричные методы, которые являются простыми в исполнении и показывают высокую эффективность.

2. Существует большое количество методов оценки рисков в Российской Федерации, которые регламентированы в ГОСТ. Наиболее распространёнными из них на сегодняшний день являются статистические методы, что связано с их простотой и объективностью результатов.

3. Существуют современные методы оценки рисков производственного травматизма, основанные на вейвлет и фрактальном анализе, которые обеспечивают более подробный анализ. Однако, эти методы являются достаточно сложными в применении, поскольку необходимы специальные знания в области математической статистики, чтобы правильно интерпретировать результаты анализа.

4. В связи с большим количеством методов анализа и оценки риска травматизма представляется возможным осуществлять выбор, по которым будет осуществляться прогноз и анализ производственного травматизма.

5. Для выделения из большого числа факторов, определяющих производственный травматизм и профзаболевания, целесообразно использовать корреляционно-регрессионный метод анализа риска, который реализуется с помощью классических математических операций и позволяет определить связь между факторами, влияющими на производственный травматизм и профзаболевания.

ГЛАВА 3 ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ НА ГОРНОРАБОЧИХ

3.1 Оценка рисков травматизма и профзаболеваний в угледобывающих регионах России

Обеспечение безопасности труда в процессе производственной деятельности является одной из приоритетных задач для многих стран. Результатом успешного решения проблем обеспечения безопасности труда, позволяющим снизить производственный травматизм и профзаболевания, является повышение эффективности производственной деятельности и улучшение экономических показателей работы предприятий. Пренебрежение или недостаточное внимание к вопросам охраны труда и промышленной безопасности, помимо технического и экономического ущерба, может привести к серьёзным социальным последствиям [27].

Наиболее актуальны проблемы безопасности для горнодобывающей промышленности, поскольку большинство предприятий относятся к опасным производственным объектам. Одной из важных проблем для эффективной реализации проектов по добыче полезных ископаемых является учёт человеческого фактора [44,66]. В Российской Федерации эта проблема усугубляется тем, что на огромной территории с обширными запасами минеральных ресурсов проживает более 2 млн. человек, что требует привлечения на основе «вахтового» метода рабочего персонала из других регионов.

Наиболее высокие риски производственного травматизма и профзаболеваний характерны для угледобывающих предприятий, поскольку добыча угля характеризуется высокой тяжестью труда рабочих, а также на рабочий персонал оказывают негативное влияние неблагоприятные экологические условия районов проживания людей, находящихся, как правило, в непосредственной близости от мест добычи полезных ископаемых [23,82]. Эти причины приводят к сравнительно высокой степени загрязнения воздушного

пространства и водных ресурсов, сверхнормативному шумовому и вибрационному воздействию. Важность понимания этих особенностей, сопровождающихся добычей угля открытым и подземным способами, определяется большим количеством угледобывающих регионов РФ (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Распределение добычи угля между субъектами Российской Федерации, млн. т. [19]

Неблагоприятные климатические и экологические условия регионов, где ведется добыча полезных ископаемых, в частности угля, наряду с тяжёлыми условиями труда горнорабочих, определяют более высокий риск производственного травматизма и профзаболеваний [91]. Для снижения риска необходимо постоянное совершенствование системы охраны труда на угледобывающих предприятиях, первым этапом которой следует осуществлять оценку текущего состояния охраны труда.

Для вычисления риска производственного травматизма, применительно к регионам, где ведется добыча угля в России, использованы данные статистической отчётности [83]. Результаты расчётов представлены за 10-летний период в виде линейной корреляции на рисунке 3.2. Для каждой зависимости рассчитано стандартное отклонение (M) и стандартная ошибка (SEM).

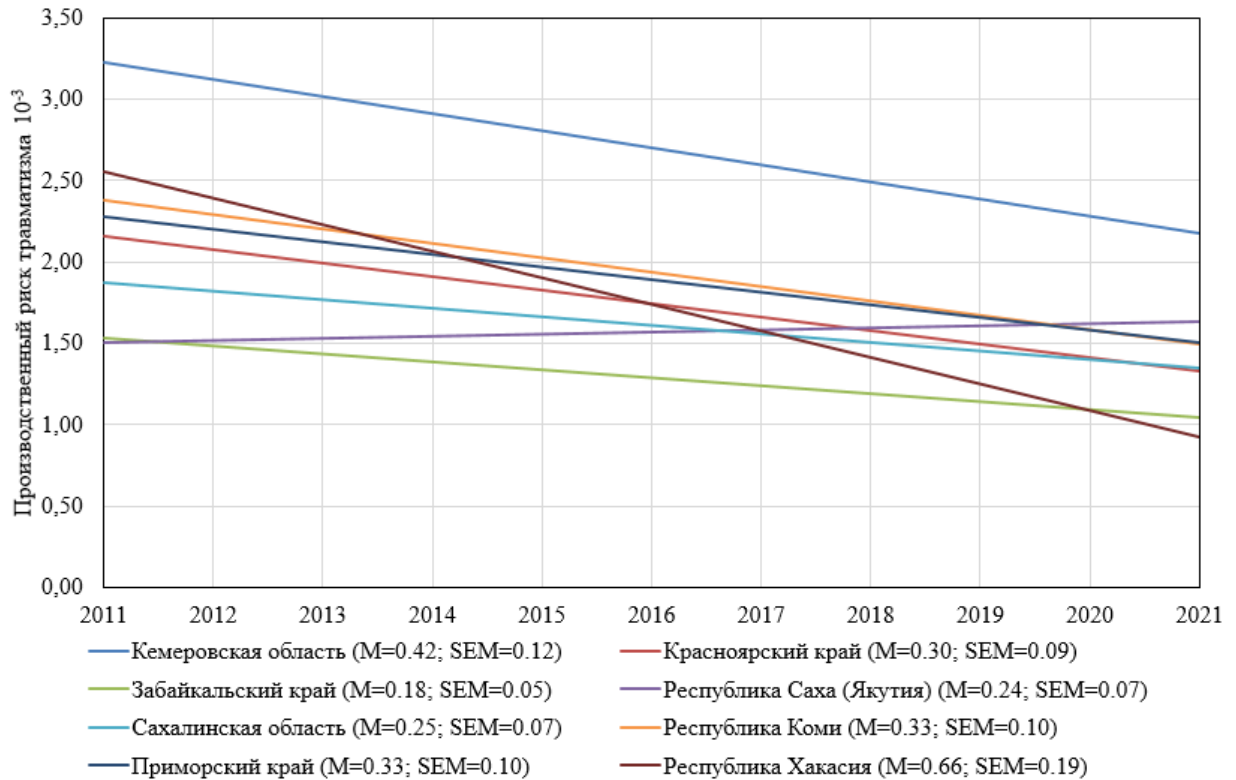


Рисунок 3.2 – Риск производственного травматизма в угледобывающих регионах России

Исходя из полученных данных, наиболее высокий риск производственного травматизма отмечается в Кемеровской области, где залегает Кузнецкий угольный бассейн - один из самых крупных угольных месторождений мира. Балансовые запасы каменных углей составляют 54,5 млрд тонн, а бурых углей - 34 млрд тонн [95]. Риски производственного травматизма для других угледобывающих регионов отмечаются примерно на одном уровне. В целом, для угледобывающих регионов России характерна тенденция снижения уровня риска травматизма в течение 10-летнего периода. Определённый диссонанс в эту тенденцию вносит республика Саха (Якутия), для которой характерен рост производственного травматизма на 11%.

Представленные на рисунке 3.2 линейные корреляционные зависимости рисков травматизма от времени характеризуются коэффициентом корреляции, превышающем 0,75 и имеют индивидуальные коэффициенты регрессии, определяющие динамику рисков травматизма за 10-летний период.

В угледобывающем секторе отмечается высокий уровень риска развития профессиональных заболеваний, что связано с вредными условиями труда горнорабочих [42]. В структуре профессиональной заболеваемости рабочих на угольных шахтах встречаются различные профзаболевания, связанные с особенностями трудовой деятельности на шахте. Некоторые из них могут быть связаны с негативным воздействием промышленных аэрозолей, которые могут привести к различным заболеваниям дыхательных путей, включая пневмокониоз. Другие заболевания могут быть связаны с физическими нагрузками, которые могут произойти при работе с тяжелым оборудованием, такие как остеохондрозы, грыжи, радикулиты и т.д. Также возможно возникновение заболеваний, связанных с неблагоприятными условиями труда, таких как перенапряжение глаз, вибрационные болезни, тугоухость и т.д.

Результаты расчётов рисков профзаболеваний в угледобывающих регионах России представлены на рисунке 3.3. Для каждой зависимости рассчитано стандартное отклонение (M) и стандартная ошибка (SEM).

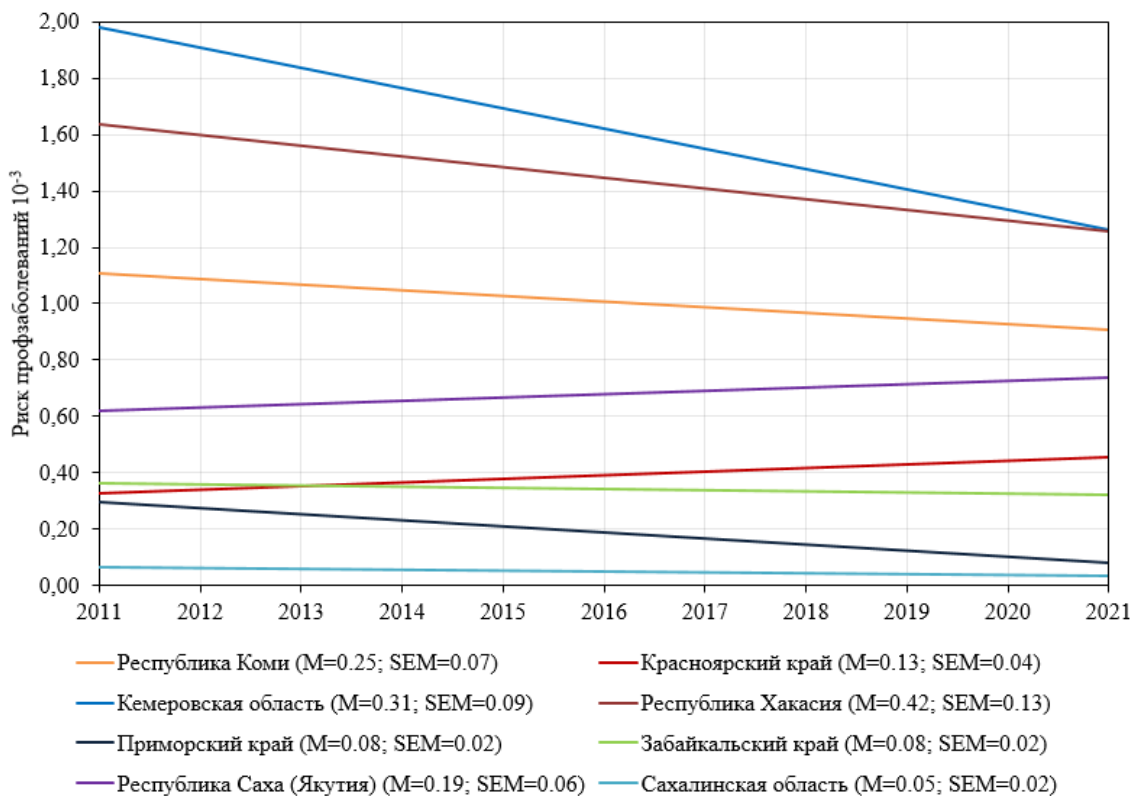


Рисунок 3.3 – Риск профзаболеваний в угледобывающих регионах России

Анализируя рисунок 3.3, можно отметить, что наиболее высокий риск профзаболеваний характерен для Кемеровской области, а наименьший риск отмечается в Сахалинской области, но его значение остается постоянным на протяжении 10-летнего периода. В целом, отмечается тенденция снижения риска профзаболеваний в большинстве угледобывающих регионах, за исключением Республики Саха (Якутия) и Красноярского края.

В связи с наиболее высоким риском профзаболеваний в Кемеровской области, как и наиболее высоким риском производственного травматизма, данному региону необходимо уделить особое внимание. На рисунке 3.4 представлена динамика впервые установленных профзаболеваний в России и в Кемеровской области на 10 000 занятого населения.

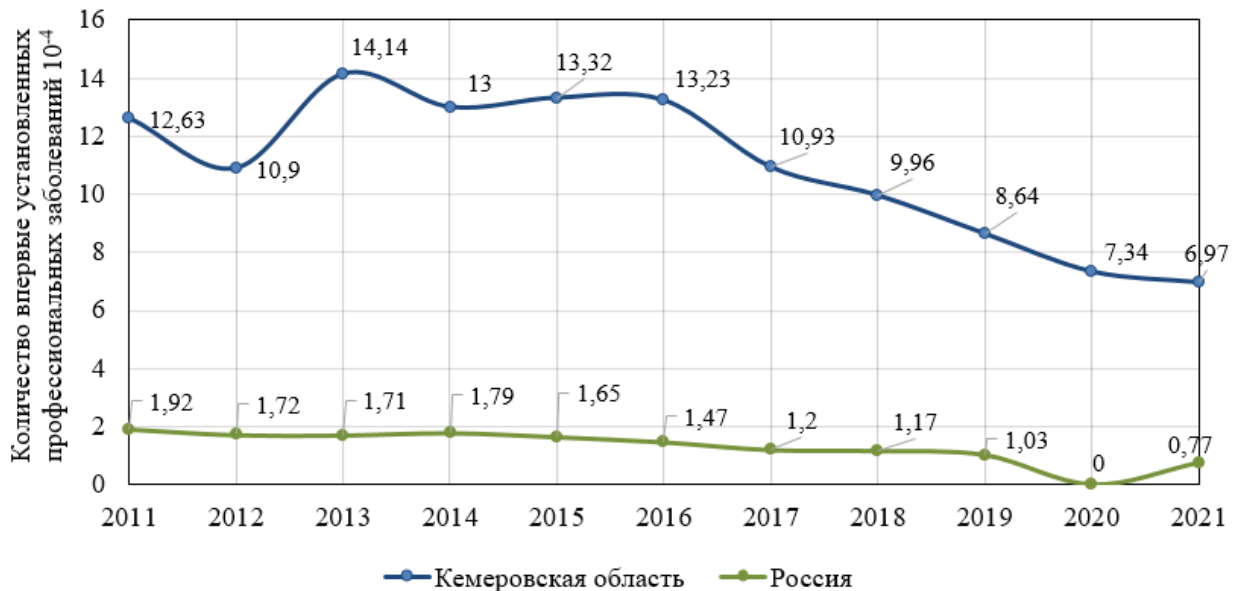


Рисунок 3.4 - Динамика профессиональной заболеваемости

Стоит отметить, что число лиц с впервые установленными профзаболеваниями в Кемеровской области значительно выше, например, в 2021 году данный показатель составил 6,97 на 10 000 занятого населения, что в 9 раз выше аналогичного показателя в России [10]. В связи с чем необходимо обратить особое внимание данной проблеме и рассмотреть выявленные профзаболевания более детально. На рисунке 3.5 представлена структура профессиональной заболеваемости по различным факторам в Кемеровской области.

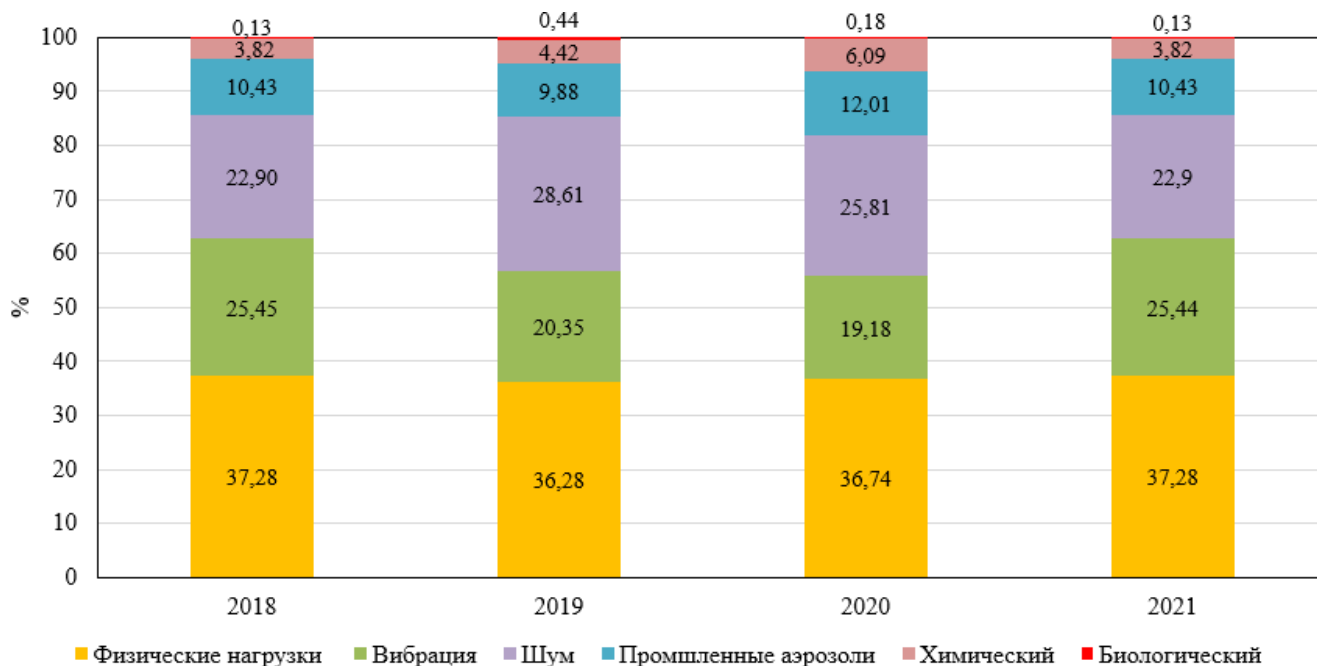


Рисунок 3.5 - Структура профессиональной заболеваемости по факторам в Кемеровской области

Исходя из рисунка 3.5, можно выделить фактор физических нагрузок, который превалирует в структуре выявленных профессиональных заболеваний горнорабочих. Основными причинами профессиональных заболеваний, обуславливающих высокую тяжесть труда, являются: несовершенство технологического процесса, конструктивные недостатки используемого оборудования, нарушение технологического процесса, неприменение средств индивидуальной защиты и недостатки в организации рабочих мест [8].

3.2 Оценка совокупного влияния рисков травматизма и профзаболеваний на состояние охраны труда

Совокупное влияние рисков травматизма и профзаболеваний на состояние охраны труда в угольной промышленности может быть значительным. В результате профессиональной деятельности на угольных шахтах работники могут столкнуться с различными физическими, химическими и биологическими факторами, которые могут приводить к травмам и профессиональным заболеваниям. Поэтому для более углубленной оценки состояния охраны труда в угольной промышленности целесообразно изучить взаимосвязь двух показателей, таких как риск производственного травматизма и профзаболеваний. На рисунке

3.6 представлены линейные корреляции рисков за 10-летний период на угледобывающих предприятиях Кемеровской области.

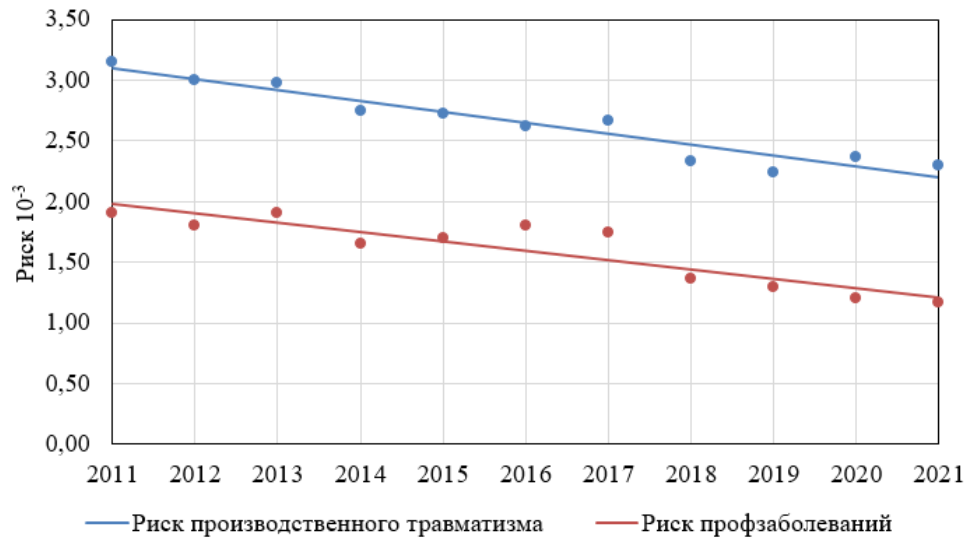


Рисунок 3.6 – Линейные корреляции риска травматизма и профзаболеваний в Кемеровской области

Анализируя полученные зависимости, можно отметить одинаковую тенденцию снижения рисков за 10-летний период. Коэффициент детерминации у риска травматизма и риска профзаболеваний равен 0,823. Это означает, что расчетные параметры модели на 82,3% объясняют зависимость между изучаемыми параметрами. Для детального изучения анализируемых показателей, рассмотрим их взаимосвязь (рисунок 3.7).

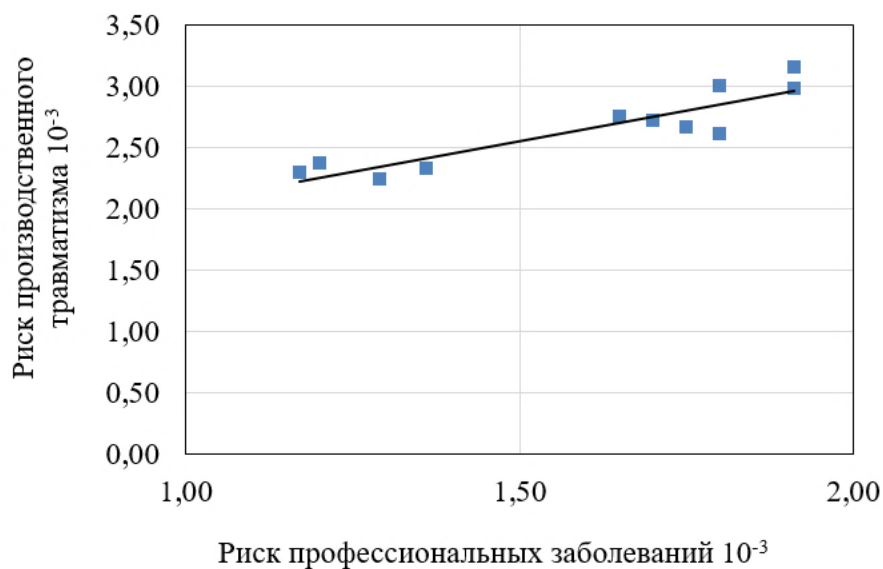


Рисунок 3.7 – Зависимость риска травматизма от профзаболеваний в Кемеровской области

Рассматривая зависимость риска травматизма и профзаболеваний, наблюдается линейная зависимость с коэффициентом корреляции 0,907, который характеризует тесноту линейной корреляционной связи между одной случайной величиной и некоторым множеством случайных величин, и положительным коэффициентом регрессии (таблица 3.1). Таким образом, с течением времени, профзаболевания рабочих приводят к повышению риска травматизма.

Таблица 3.1 - Параметры линейной регрессии зависимости риска травматизма от профзаболеваний

Регрессионная статистика				
Множественный R	0,90744			
R-квадрат	0,82344			
Нормированный R-квадрат	-1,22222			
Стандартная ошибка	0,13781			
Дисперсионный анализ				
–	df	SS	MS	F
Регрессия	11	0,79718	0,07247	41,97416
Остаток	9	0,17093	0,01899	–
Итого	20	0,96811	–	–

Между случайными величинами риска травматизма и профзаболеваний существует функциональная взаимосвязь и вероятностная (стохастическая) взаимосвязь, то есть при изменении одной случайной величины, другая случайная величина принимает соответствующее значение [17].

В качестве одной из числовых характеристик стохастической взаимосвязи двух случайных величин X_i , X_j вводится ковариация случайных величин, определяемая по формуле 3.1 или 3.2.

$$\sigma_{ij} = \text{cov}(X_i, X_j) = M(X_i - MX_i)(X_j - MX_j) \quad (3.1)$$

где X_i – первая переменная;

X_j – вторая переменная

$$\sigma_{ij} = M(X_i \cdot X_j) - M(X_i)M(X_j) \quad (3.2)$$

Если случайные величины X_1 и X_2 независимы, то ковариация равна нулю, формула 3.3.

$$\text{cov}(X_1, X_2) = 0 \quad (3.3)$$

Если же $\text{cov}(X_1, X_2) \neq 0$, то случайные величины X_1, X_2 зависимы [12,25].

Если имеется выборка $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, по которой осуществляется корреляционная зависимость между двумя случайными величинами, то взаимосвязь случайных величин можно определить на координатной области xOy , т.е. на корреляционном поле [38].

В случае небольшого объема выборки, оценка корреляционных характеристик вычисляется по выборочным данным по формулам 3.4 и 3.5.

- оценки первых моментов случайных величин

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j; \quad (3.4)$$

где n – число наблюдений в выборке.

- оценки вторых моментов случайных величин

$$\hat{\sigma}_X^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2, \quad \hat{\sigma}_Y^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2, \quad (3.5)$$

$$\hat{\text{cov}}(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})(y_j - \bar{y}).$$

где \bar{x}, \bar{y} – выборочные средние величины X и Y .

Рассматривая зависимость, представленную на рисунке 3.7, ковариация случайных величин рисков травматизма и профзаболеваний составляет 0,0801, что доказывает зависимость рассматриваемых показателей.

Данная зависимость объясняется тем, что при добыче угля на человека воздействует большое количество вредных факторов, таких как: высокая запыленность, шум, вибрация, физические нагрузки и т.д. Все эти факторы приводят к ухудшению здоровья, потери трудоспособности, а в последующем к профессиональным заболеваниям. Также при работе присутствует множество опасных производственных факторов, воздействие которых на работающего

может привести к острому отравлению, внезапному ухудшению здоровья, травме или к смерти. При длительной работе на угольных шахтах и постоянном взаимодействии с опасными и вредными производственными факторами, организм человека ослабевает. В связи с этим, повышенные физические нагрузки приводят к снижению реакции работника на опасности, которые возникают во внешней среде, тем самым человек не может своевременно противостоять возникающим в рабочем процессе угрозам жизни и здоровью [105].

Таким образом, совокупное влияние рисков травматизма и профзаболеваний на состояние охраны труда в угольной промышленности может быть значительным и требует постоянного мониторинга и улучшения условий труда для снижения рисков, и улучшения здоровья работников. Для повышения безопасности труда на угледобывающих предприятиях необходим комплексный подход [9]. Постоянное совершенствование системы охраны труда, анализ рисков возникновения производственного травматизма и развития профессиональных заболеваний, а также повышение мотивации работников к безопасному труду.

3.3 Определение интегрального риска травматизма и профзаболеваний

Производственный травматизм и профзаболевания в угольной промышленности являются последствиями воздействия на рабочий персонал опасных и вредных факторов, сопутствующих добыче угля. Причины, инициирующие эти факторы, различны по своему происхождению, степени влияния и конечному результату. Их совокупное влияние на травматизм и профзаболевания имеет стохастическую природу, которая затрудняет осуществление индивидуальной оценки воздействия каждого из этих факторов. В этой связи, целесообразно использовать модель «черного ящика», основанную на учете входных и выходных данных. Первые характеризуют такие показатели конкретной шахты, как численность производственного персонала, размер инвестиций в охрану труда, продолжительность периода добычных работ. Вторые - количество травмированных и заболевших рабочих, в течение этого периода величины экономического ущерба. Следует отметить ещё одну особенность негативного влияния на безопасность труда опасных и вредных факторов. Так,

профессиональные заболевания могут развиваться на протяжении длительного периода времени, и часто связаны с условиями труда, которые действовали в прошлом [56]. Производственный травматизм зависит от того, какие условия труда существуют в настоящее время, как организован трудовой процесс и какой характер работы отмечается для определенной профессии. Нельзя забывать и о фоновом уровне травматизма и заболеваемости, который связан с климатическими и экологическими условиями района, где проживают люди, работающие на предприятии [21].

Модель «черного ящика» априорно определяет выбор показателя и метода изучения стохастических процессов, следствием которых является травматизм и профзаболевания. В частности, для сопоставительного анализа травматизма и профзаболеваний на шахтах, входящих в состав компании, следует использовать показатель интегрального риска, для вычисления которого наиболее рационален метод корреляционно – регрессионного анализа, позволяющий установить взаимосвязь общих рисков травматизма и профзаболеваний с показателями, характеризующими особенности работы каждого предприятия.

Для вычисления интегрального риска травматизма и профзаболеваний, предлагается использовать сумму математических ожиданий рисков производственного травматизма и профессиональных заболеваний по формуле 3.6.

$$M_{н.в.} = R_{тр} \times Y_{тр} + R_{пз} \times Y_{пз} \quad (3.6)$$

где $R_{тр}$ – риск производственного травматизма;

$R_{пз}$ – риск профессиональных заболеваний;

$Y_{тр}$ – экономический ущерб от травматизма;

$Y_{пз}$ – экономический ущерб от профессиональных заболеваний.

В основе расчета фонового риска травматизма и профзаболеваний лежит допущение о том, что риски производственного травматизма и профзаболеваний являются результатом сочетанного действия двух видов риска: общего риска, определяемого средним уровнем риска в регионах России с благоприятными климатическими и экологическими условиями, и риска конкретного региона, в

котором эти условия следует принимать во внимание. Уравнение, связывающее эти риски, получено на основе формулы для вычисления вероятности совместных событий (формулы 3.7 и 3.8).

$$R_{\Sigma P_{\text{тр}}} = R_{\Sigma O P_{\text{тр}}} + R_{\text{ф.тр}} - R_{\Sigma O P_{\text{тр}}} \cdot R_{\text{ф.тр}} \quad (3.7)$$

где $R_{\Sigma P_{\text{тр}}}$ – риск травматизма конкретного региона;

$R_{\Sigma O P_{\text{тр}}}$ - средний уровень риска травматизма в регионах России с благоприятными климатическими и экологическими условиями;

$R_{\text{ф.тр}}$ – фоновый риск травматизма.

$$R_{\Sigma P_{\text{пз}}} = R_{\Sigma O P_{\text{пз}}} + R_{\text{ф.пз}} - R_{\Sigma O P_{\text{пз}}} \cdot R_{\text{ф.пз}} \quad (3.8)$$

где $R_{\Sigma P_{\text{пз}}}$ - риск профзаболеваний конкретного региона;

$R_{\Sigma O P_{\text{пз}}}$ - средний уровень риска профзаболеваний в регионах России с благоприятными климатическими и экологическими условиями;

$R_{\text{ф.пз}}$ – фоновый риск профзаболеваний.

Соответственно несложно выразить величину фонового риска, формулы 3.9 и 3.10.

$$R_{\text{ф.тр}} = (R_{\Sigma P_{\text{тр}}} - R_{\Sigma O P_{\text{тр}}}) / (1 - R_{\Sigma O P_{\text{тр}}}) \quad (3.9)$$

$$R_{\text{ф.пз}} = (R_{\Sigma P_{\text{пз}}} - R_{\Sigma O P_{\text{пз}}}) / (1 - R_{\Sigma O P_{\text{пз}}}) \quad (3.10)$$

В результате преобразования формул 3.6, 3.9, 3.10 получена формула 3.11 для определения интегрального риска травматизма и профзаболеваний.

$$M_{\text{н.в.}} = (R_{\text{тр}} + (R_{\Sigma P_{\text{тр}}} - R_{\Sigma O P_{\text{тр}}}) / (1 - R_{\Sigma O P_{\text{тр}}})) \times Y_{\text{тр}} + \\ + (R_{\text{пз}} + (R_{\Sigma P_{\text{пз}}} - R_{\Sigma O P_{\text{пз}}}) / (1 - R_{\Sigma O P_{\text{пз}}})) \times Y_{\text{пз}} \quad (3.11)$$

Для детального анализа всех составляющих уравнения 3.11, необходимо рассмотреть каждый вид риска отдельно. Для апробации предложенной методики оценки интегрального риска травматизма и профзаболеваний выбраны угольные шахты АО «СУЭК-Кузбасс», расположенные в Кемеровской области.

Риск производственного травматизма

На рисунке 3.8 представлены результаты полученных данных риска производственного травматизма за 10-летний период на угольных шахтах, значения рассчитывались из классификатора травматизма компании [77]. Также

представлены результаты стандартного отклонения (M) и стандартная ошибка (SEM).

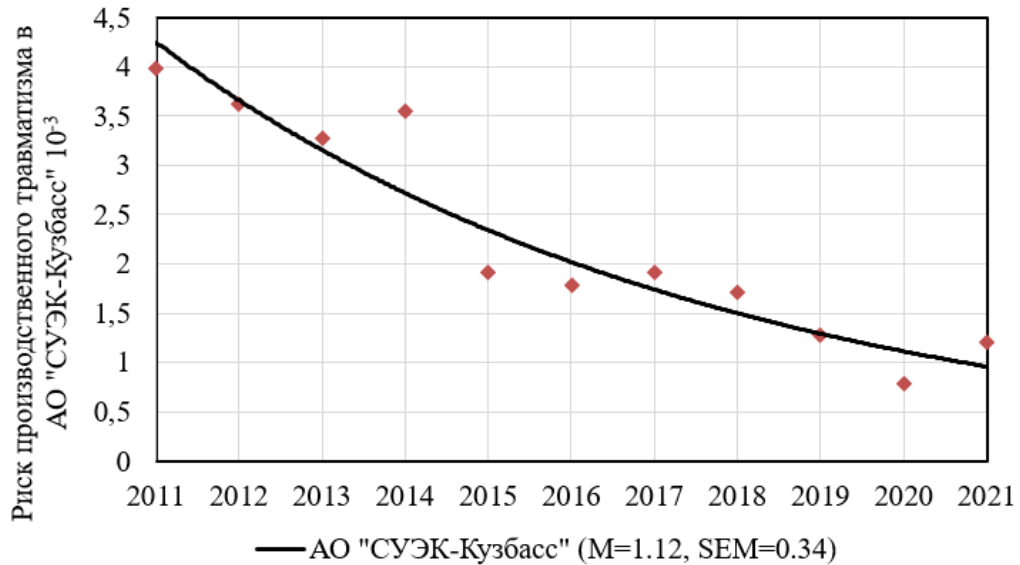


Рисунок 3.8 – Риск производственного травматизма в АО «СУЭК-Кузбасс»

Из анализа полученных данных можно отметить, что за последние 10 лет была зарегистрирована тенденция к снижению риска производственного травматизма, что подтверждается коэффициентом корреляции 0,94.

Риск профессиональных заболеваний

На рисунке 3.9 представлены результаты полученных данных риска профзаболеваний за 10-летний период в АО «СУЭК-Кузбасс».

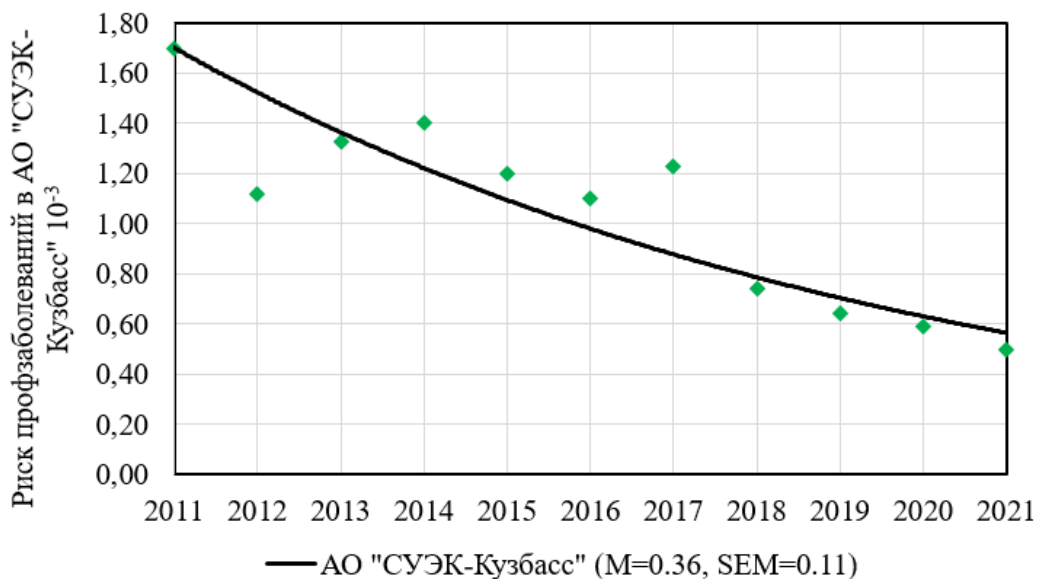


Рисунок 3.9 - Риск профессиональных заболеваний в АО «СУЭК-Кузбасс»

При изучении графика можно отметить, что в течение рассматриваемого периода наблюдается снижение уровня риска профзаболеваний, что подтверждается коэффициентом корреляции 0,91. Однако, несмотря на это, уровень риска профзаболеваний остается высоким.

Экономический ущерб от производственного травматизма и профзаболеваний

Экономический ущерб от травматизма на предприятии является важной составляющей оценки рисков. Размер экономического ущерба предприятия может увеличиваться или уменьшаться из-за уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний, стоимости оборудования, квалификации рабочего персонала и ценности рабочего времени [90,37,106].

Для расчета экономического ущерба, необходимо учитывать, как прямые, так и косвенные финансовые потери согласно известным методикам. Прямые затраты включают выплаты фактических денежных компенсаций за утрату трудоспособности, осуществляемые АО «СУЭК-Кузбасс». Косвенный ущерб можно определить, как потери прибыли, связанные с временной нетрудоспособностью квалифицированных работников, а также упущенной выгодой от возможности получения снижения величины отчислений в фонд социального страхования РФ на 40%.

Исходные данные по определению экономического ущерба от несчастных случаев можно получить в структурных подразделениях предприятия. Так, для АО «СУЭК-Кузбасс» наибольшая величина ущерба связана с упущенной выгодой вследствие переплаты отчислений в ФСС (более 58 %) (таблица 3.2, рисунок 3.10). Наименьший вес в структуре составляющих экономического ущерба от травматизма имеют затраты на компенсацию и реабилитацию пострадавших.

Таблица 3.2 - Распределение составляющих экономического ущерба от производственного травматизма в АО «СУЭК-Кузбасс»

Год	Ущерб вследствие потерь прибыли из-за простоя и снижения добычи, %	Упущенная выгода вследствие переплаты отчислений в ФСС, %	Затраты на компенсацию и реабилитацию пострадавших, %
2011	50	46,1	3,9
2012	39,5	57,1	3,4
2013	28,8	67,1	4,1
2014	34,8	61,1	4,1
2015	35,4	60,6	4
2016	33,2	62,4	4,4
2017	41,3	54,8	3,9
2018	35,8	59,7	4,5
2019	36,9	57,5	5,6
2020	38,1	57,8	4,1
2021	35,6	59,7	4,7
Среднее значение	37,4	58,2	4,4

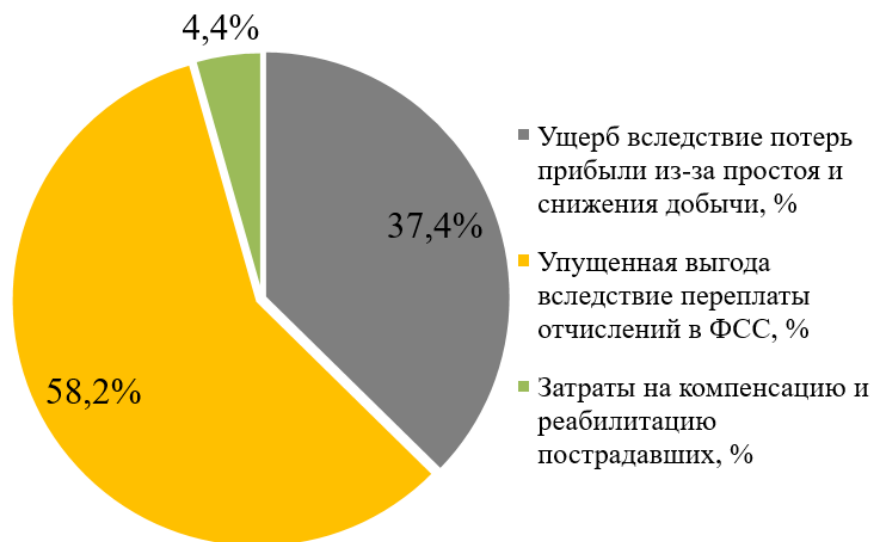


Рисунок 3.10 – Распределение составляющих экономического ущерба от производственного травматизма за 10-летний период работы АО «СУЭК-Кузбасс»

Экономический ущерб от профзаболеваний включает в себя различные финансовые затраты, такие как оплата лечения и реабилитации работника, выплаты компенсаций за утрату трудоспособности, возможные штрафы и санкции со стороны государственных органов за нарушение требований по охране труда. Также профзаболевания могут приводить к снижению производительности труда и уменьшению качества выпускаемой продукции, что в свою очередь может негативно сказаться на финансовых показателях предприятия.

Согласно ст. 8 ФЗ №125 при утрате трудоспособности, связанной с развитием профзаболевания, работнику положены компенсации за полученный вред, объем которых зависит от степени тяжести вреда и утраты дальнейшей трудоспособности (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Компенсация полученного вреда от профзаболеваний [69]

Вид выплаты	НПА	Порядок расчета	Максимальный размер в 2022 году, руб.
на оплату временной нетрудоспособности	ст. 9 закона № 125-ФЗ, п. 2 ст. 1, ст. 14 закона «Об обязательном соцстраховании на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством» от 29.12.2006 № 255-ФЗ, постановление Правительства от 27.01.2022 № 57	До выздоровления пострадавшего или установления степени утраты трудоспособности выплачивается 100% среднемесячного заработка	$4 \times 90\,517,14 = 362\,068,56$
единовременная выплата при получении профзаболевания	ст. 11 закона № 125-ФЗ, постановление Правительства от 27.01.2022 № 57	Устанавливается размер выплаты, который может быть увеличен за счет районных коэффициентов и надбавок	117 722,96

Продолжение таблицы 3.4

ежемесячная компенсация работникам, утратившим трудоспособность	ст. 12 закона № 125-ФЗ	Рассчитывается среднемесячный заработок застрахованного, затем результат умножается на процент утраты трудоспособности, который определяется в соответствии с правилами, утвержденными постановлением Правительства РФ от 16.10.2000 № 789.	90 517,14
прочие компенсирующие выплаты	Локальные или отраслевые нормативно-правовые акты устанавливают возможность получения единовременной денежной компенсации для работников, которые получили инвалидность или профзаболевание в процессе трудовой деятельности. Например, Отраслевое соглашение по строительству и промышленности строительных материалов Российской Федерации на 2020-2023 годы предусматривает компенсацию в размере от 30 до 75% годового заработка (в зависимости от степени инвалидности - см. п. 7.3 данного отраслевого соглашения).		

Начиная с 2021 года, работник получает все выплаты через ФСС на основании переданных необходимых данных от работодателя, за исключением пособия по временной нетрудоспособности, которые выплачивает работодатель.

На рисунке 3.11 представлен экономический ущерб от травматизма и профзаболеваний в тыс. руб. на одного человека на угольных шахтах по годам.

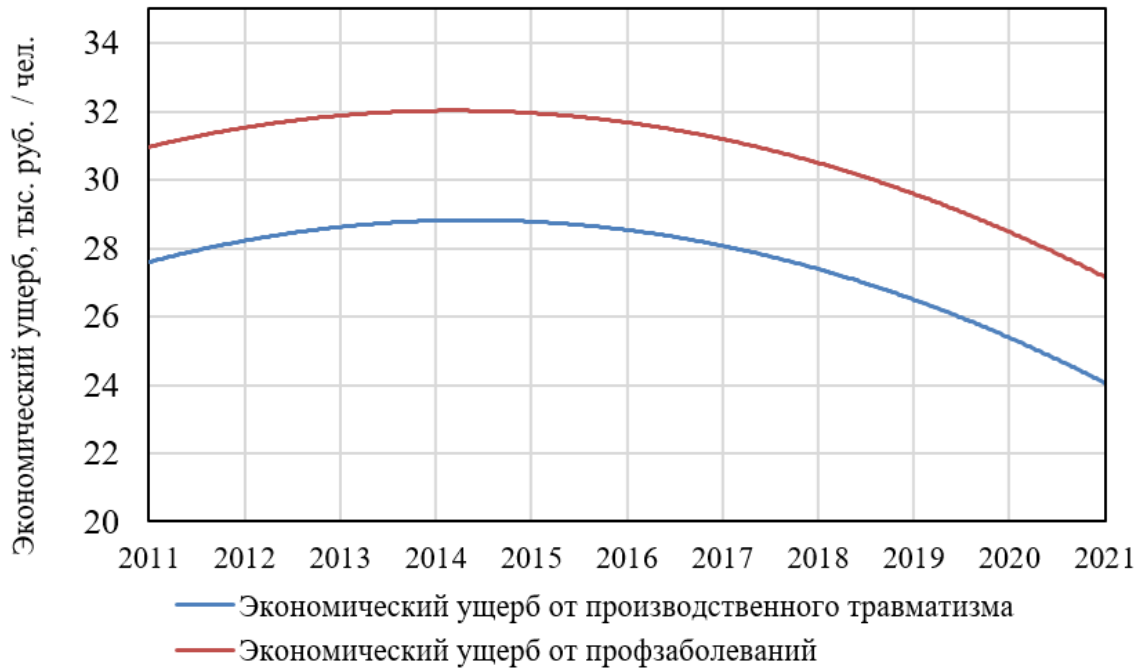


Рисунок 3.11 – Значения экономического ущерба от травматизма и профзаболеваний при подземной добыче угля в АО «СУЭК-Кузбасс», тыс. руб./чел.

Из графика следует, что максимальное значение экономического ущерба от травматизма было зафиксировано в 2014 году, после чего произошло его 20% снижение. Ситуация с экономическим ущербом от профзаболеваний была наиболее неблагоприятной в 2015 году. В остальные годы рассматриваемого периода отмечается, аналогично травматизму, 20% снижение экономического ущерба от профзаболеваний.

Фоновый риск травматизма и профзаболеваний

Согласно статистике, в Кемеровской области наиболее часто встречающиеся заболевания населения - это заболевания органов дыхания, мочеполовой системы, заболевания системы кровообращения, пищеварения и нарушения обмена веществ. Показатели травматизма включают ранения, ушибы, переломы, вывихи и другие повреждения тела. Наиболее высокие показатели травматизма наблюдаются среди мужчин, а также среди лиц молодого возраста. Отравления в основном связаны с употреблением алкоголя и наркотических веществ.

Для оценки влияния фоновых рисков в Кемеровской области на состояние жизни и здоровье населения и горнорабочих, рационально рассмотреть распределение показателей основных заболеваний, травм и отравлений на территории региона с учетом расположения угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик (рисунок 3.12-3.14). Данные по распределению заболеваний и травм получены из государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кемеровской области – Кузбассе в 2021 году» [20].

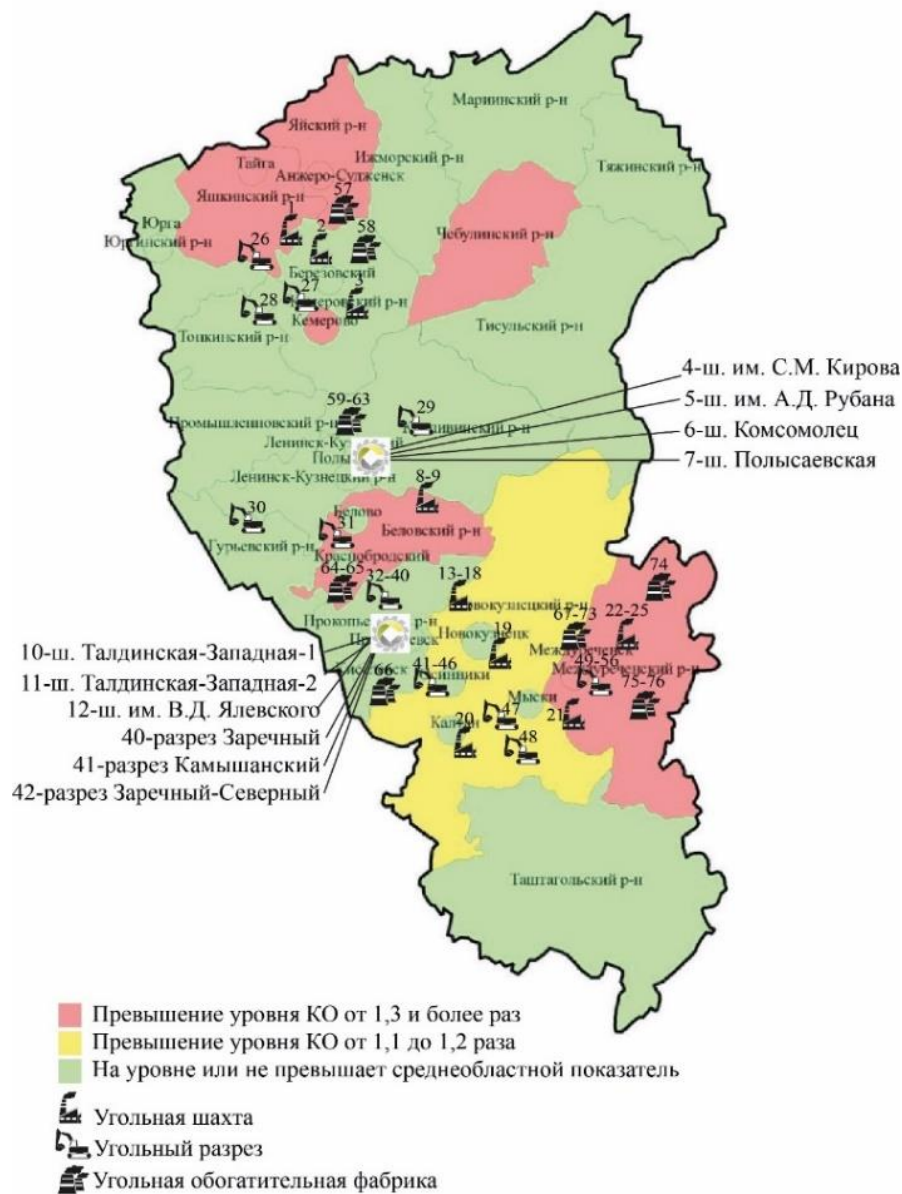


Рисунок 3.12 - Распределение муниципальных образований Кемеровской области по уровню впервые выявленной заболеваемости взрослых болезнями органов дыхания

Согласно представленному на рисунке 3.12 распределению заболеваний органов дыхания в Кемеровской области, можно отметить, что высокие показатели отмечаются на севере и в центральной части региона, особенно вблизи угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик, где превышение составляет 1,1 и более раз. Заболевания органов дыхания являются одной из наиболее распространенных причин заболеваемости и смертности в Кемеровской области. Это связано, в первую очередь, с особенностями климата, высоким уровнем загрязнения атмосферы и производственными рисками в угольной промышленности. Согласно статистическим данным, заболевания органов дыхания занимают первое место среди всех заболеваний населения в Кемеровской области. В частности, по данным на 2021 год, на долю заболеваний органов дыхания приходится около 32% от общего числа зарегистрированных заболеваний. Среди заболеваний органов дыхания наиболее распространены хронические болезни легких, бронхиальная астма, пневмонии, в том числе атипичные формы, туберкулез [20].

Заболевания органов дыхания являются серьезной проблемой здравоохранения в регионе, так как они существенно снижают качество жизни населения. Поэтому в Кемеровской области проводятся мероприятия по профилактике и лечению данных заболеваний, а также улучшение экологической ситуации, контроль за соблюдением санитарно-гигиенических норм на производстве и повышение уровня медицинской помощи населению.

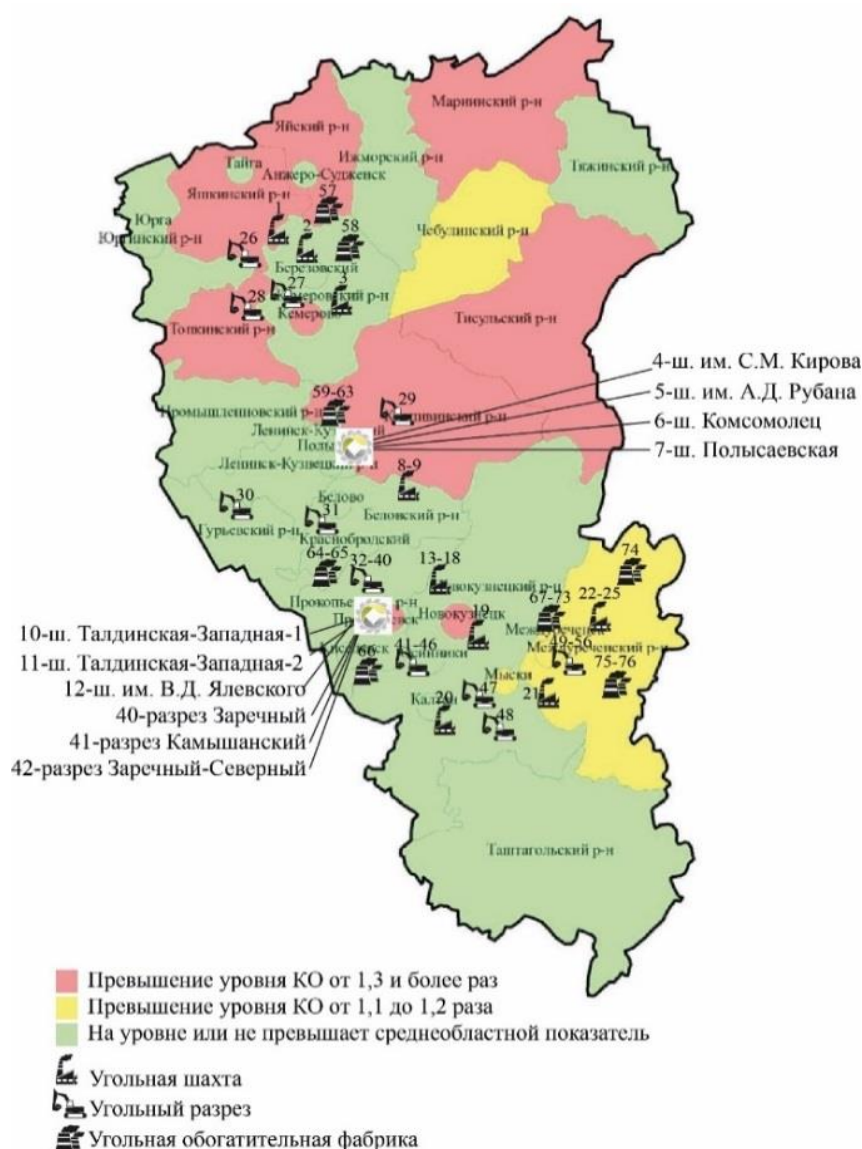


Рисунок 3.13 - Распределение муниципальных образований Кемеровской области по уровню впервые выявленной заболеваемости взрослых болезнями мочеполовой системы

Изучая рисунок 3.13, можно сделать вывод, что на севере Кемеровской области наиболее распространены заболевания мочеполовой системы у людей старше 18 лет, с превышением областного уровня более чем на 1,3 раза. Заболевания мочеполовой системы являются достаточно распространенными в Кемеровской области, как и во всей России. Они могут включать в себя такие заболевания, как цистит, пиелонефрит, уретрит, простатит, рак мочевого пузыря и другие.

По данным статистики за 2021 год, заболевания мочеполовой системы занимают одно из лидирующих мест среди всех заболеваний в Кемеровской

области. Так, согласно информации Росстата, на 100 тысяч населения приходится около 800 случаев заболеваний мочеполовой системы [83]. Однако, необходимо отметить, что данные показатели могут существенно различаться в зависимости от возрастной группы и пола. Так, например, заболевания мочеполовой системы чаще всего диагностируются у мужчин старше 45 лет, что связано с возрастными изменениями. У женщин же, заболевания мочеполовых путей более распространены в возрасте от 25 до 45 лет и связаны с физиологическими особенностями.

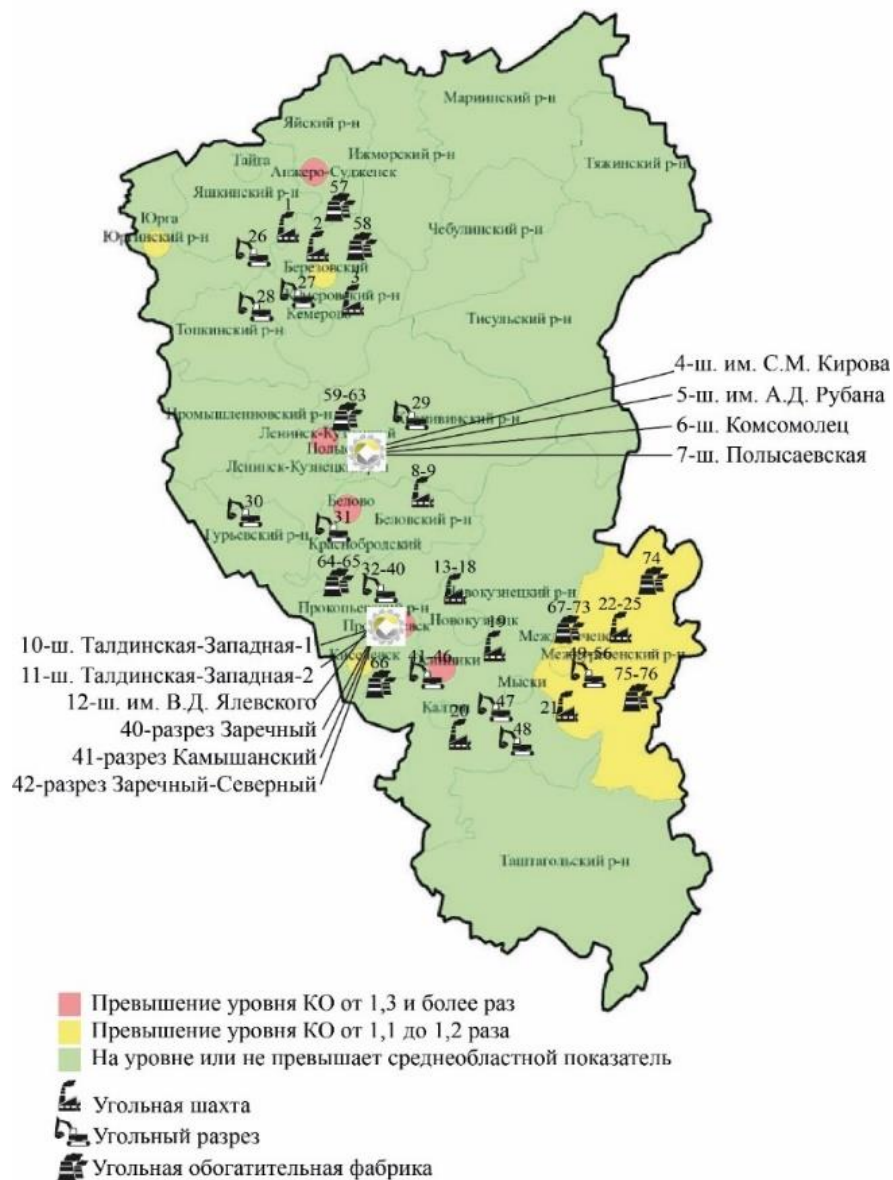




Рисунок 3.14 - Распределение муниципальных образований Кемеровской области по уровню травм и отравлений

Распределение травм и отравлений в Кемеровской области отмечается точно с особым превышением от 1,1 до 1,2 раза на юго-востоке области. Травмы и отравления также являются серьезной проблемой здоровья населения Кемеровской области. Согласно официальной статистике, в 2021 году зарегистрировано более 28 тысяч случаев травм и отравлений среди населения. Наиболее распространенными видами травм являются травмы конечностей (более 10 тысяч случаев в 2021 году), травмы головы и шеи (более 5 тысяч случаев) и травмы грудной клетки и живота (около 2 тысяч случаев). Среди видов отравлений наиболее распространенными являются отравления лекарственными препаратами и ядохимикатами (более 3 тысяч случаев в 2021 году) и отравления алкоголем (более 2 тысяч случаев) [83].

Большинство травм и отравлений происходят в быту и на производстве. Для снижения риска травм и отравлений необходимо проведение мер по обеспечению безопасности на производстве, а также обучение населения правилам безопасного поведения в быту. Также важно содействие в развитии культуры здорового образа жизни и профилактике заболеваний, которые могут привести к травмам и отравлениям [34].

Угольные шахты, разрезы и обогатительные фабрики занимают значительную территорию Кемеровской области и имеют большое значение для экономики региона. Однако, в связи с производством и переработкой угля, на территории региона наблюдается загрязнение окружающей среды и повышенный риск заболеваний и травм у населения. В таблице 3.4 представлены основные показатели угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик.

Таблица 3.4 – Основные показатели угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик Кемеровской области [80]

№	Название	Месторождение	Производственная мощность	Марки углей	Компания
Угольные шахты					
1	Шахта Южная	Глушинское	3 млн. т/год	К, КО, КС	 

Продолжение таблицы 3.4

2	Шахта Березовская	Бирюлинское	1,5 млн. т/год	К, ОС, КС, КО, ГЖ, Ж	
3	Шахта Первомайская	Бирюлинское	1,8 млн. т/год	КО	
4	Шахта им. С.М. Кирова	Ленинское	3,7 млн. т/год	Г, Ж	
5	Шахта им. А.Д. Рубана	Егозово-Красноярское	5,5 млн. т/год	Г, ДГ	
6	Шахта Комсомолец	Ленинское	1,2 млн. т/год	Г	
7	Шахта Полысаевская	Ленинское	2,4 млн. т/год	Г	
8	Шахта Байкаимская	Егозово-Красноярское	2 млн. т/год	Д	
9	Шахта Листвяжная	Егозово-Красноярское	5,2 млн. т/год	Д, Г	
10	Шахта Талдинская-Западная-1	ТалдинскоеСеверо-Талдинское	1,2 млн. т/год	Д	
11	Шахта Талдинская-Западная-2	Талдинское	3 млн. т/год	Д, ДГ	
12	Шахта им. В.Д. Ялевского	Соколовское	2,8 млн. т/год	ДГ	
13	Шахта Ерунаковская-VIII	Ерунаковское	3 млн. т/год	ГЖ, Ж, ГЖО	
14	Шахта Распадская	Распадское	3 млн. т/год	ГЖ	
15	Шахта Увальная	Увальное	2 млн. т/год	ГЖ, Ж	
16	Шахта Усковская	Байдаевское	1,4 млн. т/год	ГЖ	
17	Шахта Большевик	Байдаевское	1,3 млн. т/год	ГЖ	

Продолжение таблицы 3.4

18	Шахта Антоновская	Байдаевское	0,9 млн. т/год	ГЖ	
19	Шахта Осинниковская	Осиновское	2,5 млн. т/год	Ж	
20	Шахта Алардинская	Алардинское	1,6 млн. т/год	КС	
21	Шахта Сибиргинская	Сибиргинское Томское	4 млн. т/год	ОС	
22	Шахта Ольжерасская- Новая	Ольжерасское	2,4 млн. т/год	КО	
23	Шахта Распадская- Коксовая	Распадское ольжерасское	1 млн. т/год	К	
24	Шахта Есаульская	Распадское	1,4 млн. т/год	Ж, ГЖ	
25	Шахта им. В.И. Ленина	Распадское	1,8 млн. т/год		
Угольные разрезы					
26	Разрез Барзасское товарищество	Глушинское	2,8 млн. т/год	Г	
27	Разрез Черниговский	Кедровско- Крохалевское	4,5 млн. т/год	КС	
28	Разрез Кедровский	Кедровско- Крохалевское	5,1 млн. т/год	СС	
29	Разрез Моховский	Егозово- КрасноярскоеБо рисовскоеУропс коеКараканское	5,1 млн. т/год	ДР, ДГ	
30	Разрез Бачатский	Бачатское	9 млн. т/год	СС, КСН, КО, Т	

Продолжение таблицы 3.4

31	Разрез Краснобродский	Краснобродское Новосергеевское Вахрушевское	9 млн. т/год	Т, СС, КС, КО, 1-СС, ДГ	
32	Разрез Поляны	Прокопьевско- Киселевское	1,7 млн. т/год	КСН, КС, СС,Т, Г, ГЖО	
33	Разрез ТалТЭК	Киселевское	4 млн. т/год	К	
34	Разрез Виноградовский	Караканское	3 млн. т/год	Д	
35	Разрез Караканский- Южный	Караканское	3 млн. т/год	Д	
36	Разрез Листвяничный	Караканское	3 млн. т/год	Д	
37	Разрез Черемшанский	Караканское	3 млн. т/год	Д	
38	Разрез Черемшанский	Караканское	5 млн. т/год	Д	
39	Разрез Первомайский	Соколовское	15 млн. т/год	Д	
40	Разрез Заречный	Талдинское	1,5 млн. т/год	ДГ	
41	Разрез Камышанский	Северо- Талдинское	2 млн. т/год	Т	
42	Разрез Заречный- Северный	Талдинское	2 млн. т/год	Д, Г, ДГ	
43	Разрез Восточный	Северо- Талдинский	3 млн. т/год	КСН	ООО «Разрез Восточный»
44	Разрез Талдинский	Талдинское	1,2 млн. т/год	ДГ, Г	
45	Разрез Талдинский	ТалдинскоеНово казанскоеЕрунак овское	22,6 млн. т/год	ДГ, Г	

Продолжение таблицы 3.4

46	Разрез Прокопьевский	Кондомский	3 млн. т/год	КСН, СС, Г	МелТЭК
47	Разрез Калтанский	АлардинскоеЧер нокалтанскоеТе шское	3,5 млн. т/год	Т	 КУЗБАССРАЗУГОЛЬ
48	Разрез Кийзасский	Верхнетёшское	4,5 млн. т/год	Т, ТС	 СИБ АНТРАЦИТ ГРУППА
49	Разрез Восточный	Урегольское	3 млн. т/год	Т, ТС	 СИБ АНТРАЦИТ ГРУППА
50	Разрез Красногорский	КуреинскоеСиби ргинскоеУрегол ьское	6 млн. т/год	Т	 МЕЧЕЛ МАЙНИНГ Южный Кузбасс
51	Разрез Междуречье	Сибиргинское	1,5 млн. т/год	КС, ОС, ТС	 НОВАЯ ГОРНАЯ УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ
52	Разрез Южный	Сибиргинское Томское	3 млн. т/год	КС, ОС	 НОВАЯ ГОРНАЯ УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ
53	Разрез Сибиргинский	Сибиргинское Томское	6,2 млн. т/год	КС, ОС, ТС	 МЕЧЕЛ МАЙНИНГ Южный Кузбасс
54	Разрез Ольжерасский	Томское	1,5 млн. т/год	ОС, КС	 МЕЧЕЛ МАЙНИНГ Южный Кузбасс
55	Разрез Томусинский	БерезовскоеОль жерасскоеРаспад ское	2,5 млн. т/год	ОС, КС, Т	 МЕЧЕЛ МАЙНИНГ Южный Кузбасс
56	Разрез Распадский	Распадское	3 млн. т/год	ГЖ, ГЖО, ОС, КС	 РАСПАДСКАЯ УГОЛЬНАЯ КОМПАНИЯ
Угольные обогатительные фабрики					
57	Угольная обогащательная фабрика Черниговская	Кузнецкий	7 млн. т/год	КС	 ЧЕРНИГОВЕЦ САС УГОЛЬ

Продолжение таблицы 3.4

58	Угольная обогащительная фабрика Кедровская	Кедровско- Крохалевское	6 млн. т/год	ССПК, ССОМ, СССШ, ССМСШ, ССПКО, ССМСШ	
59	Угольная обогащительная фабрика шахты им. С.М. Кирова 2 очередь	Ленинское	5 млн. т/год	Г	
60	Угольная обогащительная фабрика Талдинская- Западная 1	Талдинское, Северо- Талдинское	2,7 млн. т/год	Д	
61	Угольная обогащительная фабрика шахты Полысаевская	Ленинское	1,85 млн. т/год	Г	
62	Угольная обогащительная фабрика шахты Комсомолец	Ленинское	1,85 млн. т/год	А	
63	Угольная обогащительная фабрика Листвяжная	Егорово- Красноярское	6 млн. т/год	Д	
64	Угольная обогащительная фабрика Калтанская- Энергетическая	Алардинское Чернокалтанское Тешское	3 млн. т/год	ССПК, ССОМ, СССШ	

Продолжение таблицы 3.4

65	Угольная обогащительная фабрика Краснобродская- Коксовая	Краснобродское Новосергеевское Вахрушевское	3,5 млн. т/год	КС	
66	Угольная обогащительная фабрика Бачатская- Энергетическая	Краснобродское Новосергеевское Вахрушевское	2,5 млн. т/год	Д	
67	Угольная обогащительная фабрика ш. Польсаевская	Ленинское	1,8 млн. т/год	Г	
68	Угольная обогащительная фабрика Талдинская- Энергетическая	Талдинское	6 млн. т/год	Д, ДГ	
69	Угольная обогащительная фабрика Антоновская	Антоновское	4,7 млн. т/год	ГЖ, Ж, ГЖО	
70	Угольная обогащительная фабрика Распадская	Распадское Ольжерасское Алардинское Байдаевское Осиновское Ерунаковское Межегейское	5 млн. т/год	ГЖ, ГЖО, К, ОС, КС, ТС, Ж	

Продолжение таблицы 3.4

71	Угольная обогащительная фабрика Распадская	Распадское Ольжерасское Алардинское Байдаевское Осиновское Ерунаковское Межегейское	3,5 млн. т/год	Ж,ГЖ, ГЖ+Ж, Т	
72	Угольная обогащительная фабрика Сибирь	Куреинское Сибиргинское Урегольское Томское	6,6 млн. т/год	Ж, Ж	
73	Угольная обогащительная фабрика Междуреченская	Межегейское	6,5 млн. т/год	ОС, КС, ТС, СС	
74	Угольная обогащительная фабрика Красногорская	Сибиргинское Томское	2,5 млн. т/год	ГЖ, Ж	
75	Угольная обогащительная фабрика Томусинская	Томь-Усинское Березовское Ольжерасское Распадское	7,5 млн. т/год	ГЖ, Ж	
76	Угольная обогащительная фабрика Распадская	Распадское	15 млн. т/год	К, КО	

Проанализировав полученные данные, можно отметить, что основная доля опасных производственных объектов находится на севере Кемеровской области, в центральной части и на востоке, где отмечается наибольшее превышение областного показателя заболеваний, травм и отравлений. Данное заключение

доказывает совокупное влияние фоновых рисков, рисков производственного травматизма и профзаболеваний горнорабочих.

Согласно данным по количеству несчастных случаев на производстве в Кемеровской области и среднесписочной численности рабочих, рассчитаны риски общего производственного травматизма. После чего на основе формулы 3.8, определена величина фонового риска травматизма для Кемеровской области. Полученные результаты представлены в виде корреляционных зависимостей за 10-летний период (рисунок 3.15).

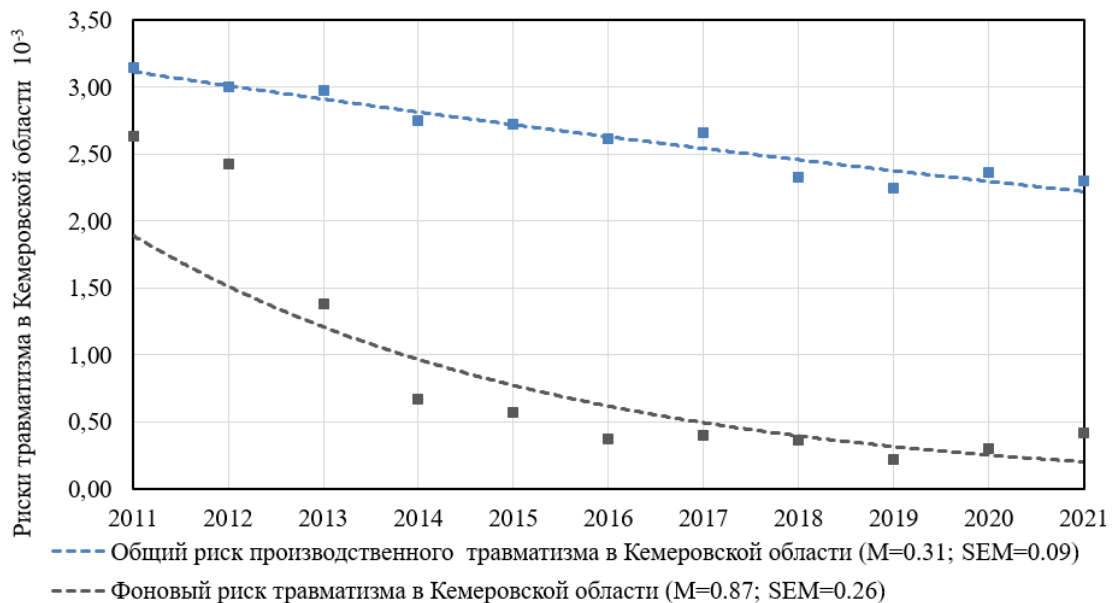


Рисунок 3.15 – Риски травматизма в Кемеровской области

За 10-летний период, общий риск производственного травматизма в Кемеровской области не снижается существенно, в то время как фоновый риск травматизма к концу 2021 года значительно уменьшился.

Аналогично расчету фоновых рисков травматизма, в основе процедуры определения структуры риска лежит допущение о том, что общий риск профзаболеваний в Кемеровской области представляет собой результат сочетанного действия двух видов риска. На основе формулы 3.9, для Кемеровской области определена величина фонового риска профзаболеваний. На рисунке 3.16 представлены корреляционные зависимости общего и фонового риска профзаболеваний в Кемеровской области.

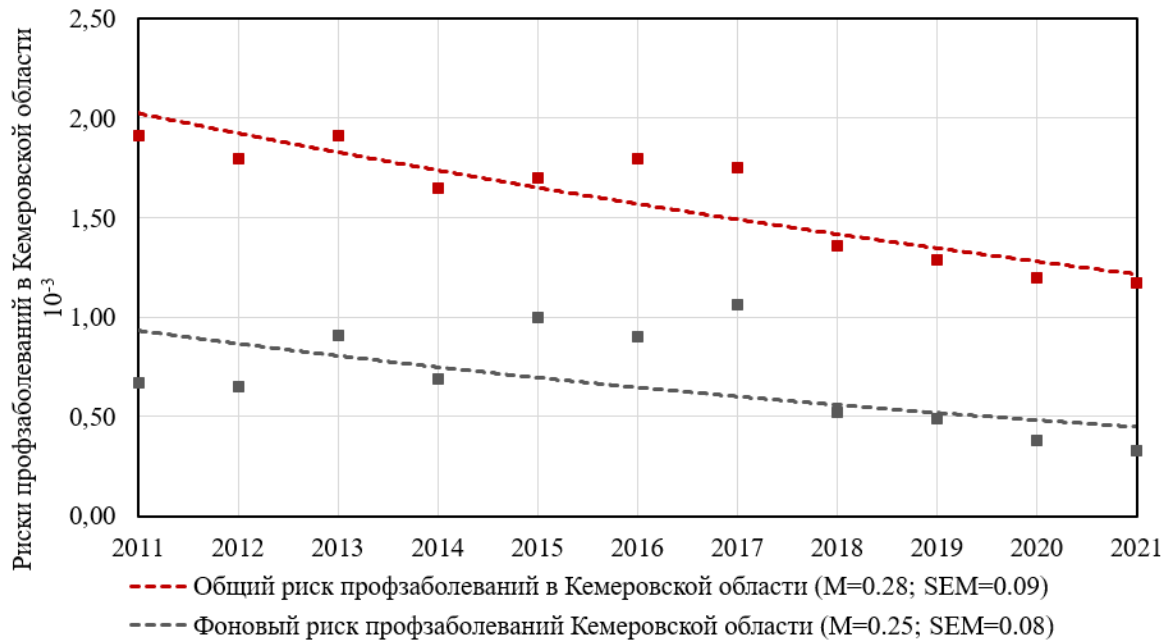


Рисунок 3.16 – Риски профзаболеваний в Кемеровской области

Анализ представленных данных свидетельствует о том, что в течение рассматриваемого периода значения фонового риска профзаболеваний в Кемеровской области остаются практически неизменными, аналогично с общим риском профзаболеваний.

Основная доля профзаболеваний в Кемеровской области приходится на добычу полезных ископаемых (78,56%) (рисунок 3.17). Данный факт объясняется тем, что на территории области разведано и учтено Государственным балансом полезных ископаемых Российской Федерации более 800 месторождений полезных ископаемых, среди которых преобладают каменный уголь, железная руда, торф и ведется активная их добыча [2].

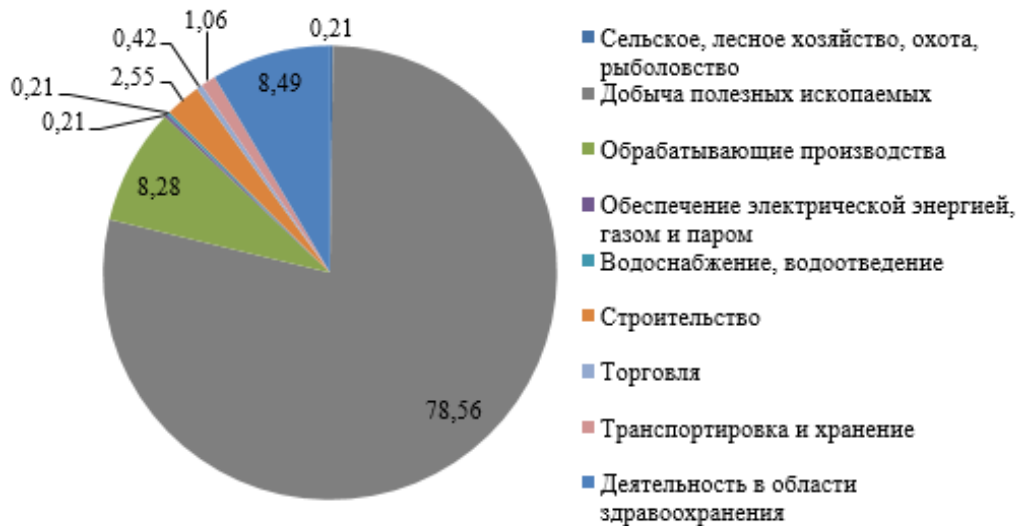


Рисунок 3.17 – Доля профессиональных заболеваний в Кемеровской области

Необходимость учета фоновых рисков травматизма и профзаболеваний, характеризующих влияние факторов окружающей среды на величину общего риска, подтверждается их сравнительно высоким вкладом в величины суммарных рисков травматизма и профзаболеваний. Так, среднее значение фонового риска травматизма в структуре общего риска травматизма равно 28,74%, а значение фонового риска профзаболеваний в структуре общего риска профзаболеваний составляет 29,9% (рисунок 3.18). При этом, для Кемеровской области характерна тенденция снижения «фоновых значений риска» к концу 2021 года [107].

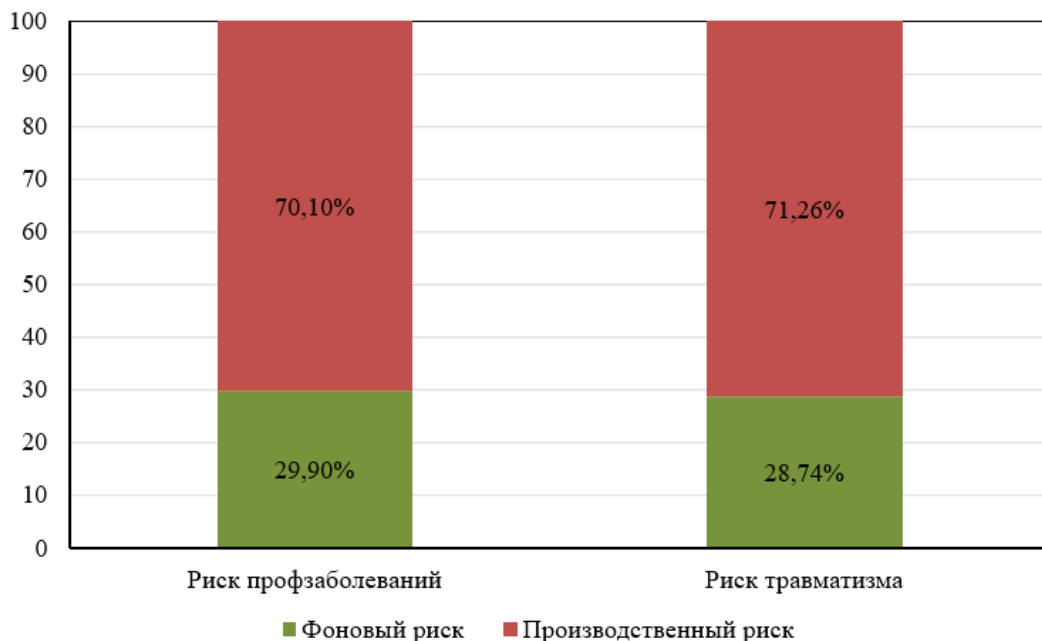


Рисунок 3.18 – Структура фонового и производственного риска в Кемеровской области

Таким образом, рассчитав все составляющие уравнения 3.10, можно определить интегральный риск травматизма и профзаболеваний для каждого года работы компании (рисунок 3.19).

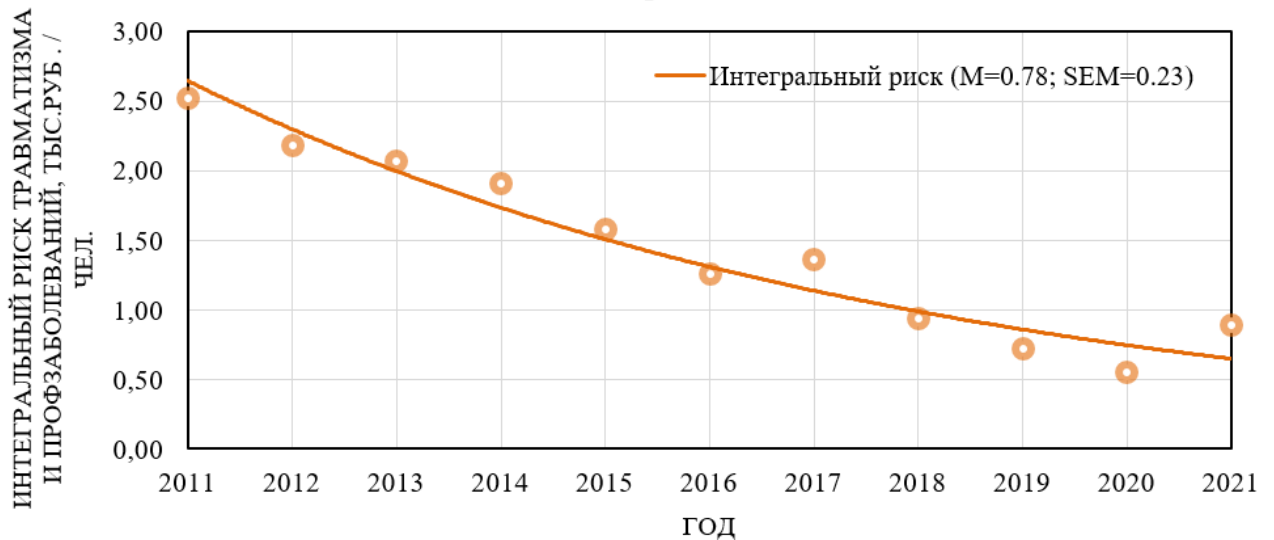


Рисунок 3.19 – Зависимость интегрального риска травматизма и профзаболеваний при подземной добыче угля в АО «СУЭК-Кузбасс»

Интегральный риск травматизма и профзаболеваний в АО «СУЭК-Кузбасс» к концу 2021 года снизился в 3,5 раза, что свидетельствует о положительном влиянии принимаемых компанией мер по снижению травматизма и профзаболеваний на безопасность труда. Дальнейшее повышение безопасности труда в среднесрочной и долгосрочной перспективах будет определяться адресным финансированием мероприятий по снижению травматизма и профзаболеваний в соответствии с установленными приоритетными направлениями [22].

3.4 Ранжирование угольных шахт по величине динамики интегрального риска травматизма и профзаболеваний

Выбор приоритетных направлений повышения безопасности труда в компании АО «СУЭК-Кузбасс», включающей 7 шахт, предполагает определение объекта, характеризующегося худшими показателями травматизма и профзаболеваний. Так как для каждой шахты влияние на травматизм и профзаболеваемость горнотехнических и управленческих факторов существенно различно, что затрудняет использование традиционных методических подходов,

то для их ранжирования по показателям травматизма и профзаболеваний предлагается использовать отношение динамик интегральных рисков травматизма и профзаболеваний каждой шахты и компании в целом. Параметры, характеризующие динамики интегрального риска шахт и компании устанавливаются на основе представления результатов вычисления $M_{н.в.}$ по формуле (3.6) в виде корреляционных зависимостей интегрального риска травматизма и профзаболеваний за рассматриваемый период работы предприятий T (год). Вид корреляционных зависимостей (линейный, экспоненциальный или степенной) выбирается по максимальному значению коэффициентов детерминации или корреляционного отношения (для функций, отличных от линейной функции) и непротиворечивый логики характеру их изменения в пределах и за пределами рассматриваемого периода (значение интегрального риска не должно принимать нулевое значение). Как показали результаты предварительных оценок, этим условиям в наибольшей степени удовлетворяет экспоненциальная зависимость (формула 3.12).

$$M_{н.в.} = a \exp(-bT) \quad (3.12)$$

где b - коэффициент, характеризующий динамику риска.

На рисунке 3.20 представлены экспоненциальные зависимости интегрального риска травматизма и профзаболеваний для каждой шахты за 10-летний период.

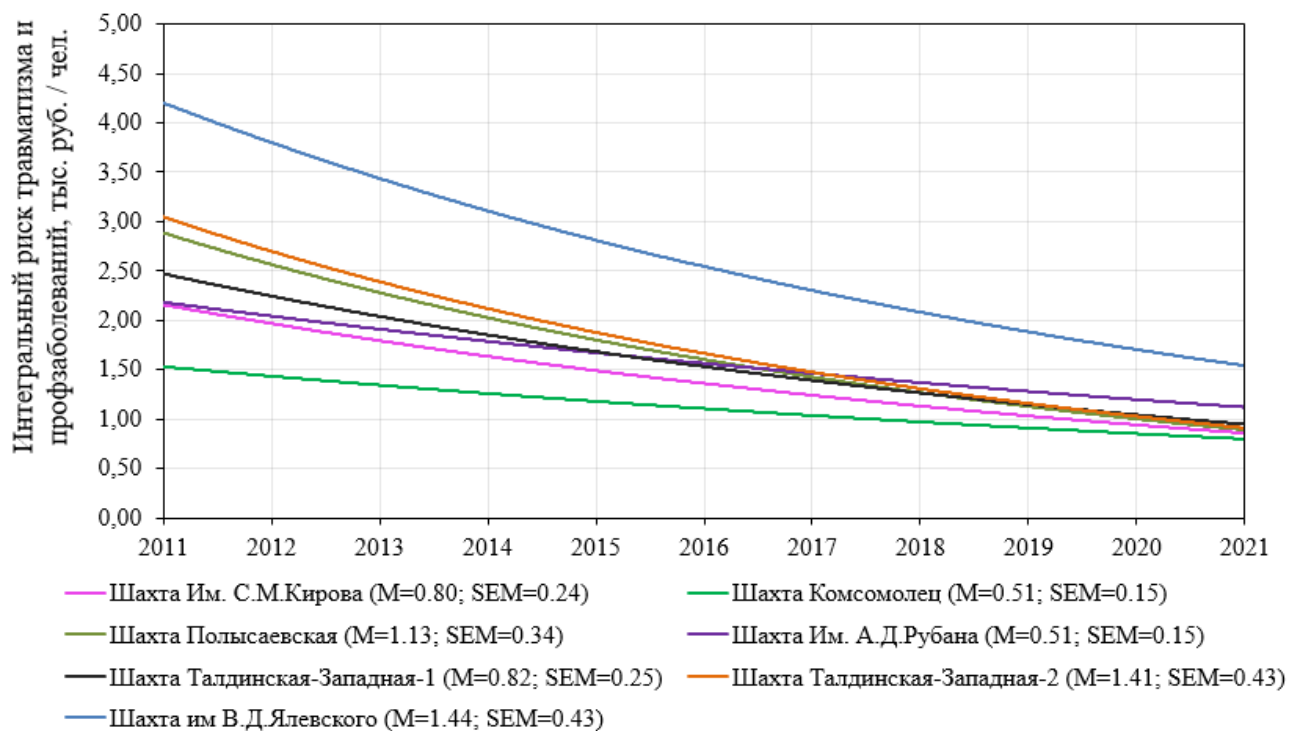


Рисунок 3.20 – Зависимость интегрального риска травматизма и профзаболеваний на угольных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс»

Согласно полученным данным, следует отметить общую тенденцию снижения рассматриваемого комплексного показателя к концу 2021 года. Поддержание тенденции снижения интегральных рисков травматизма и профзаболеваний связано с необходимостью адресного финансирования систем охраны труда и промышленной безопасности шахт, входящих в состав компании, в соответствии с текущим состоянием системы охраны труда и промышленной безопасности на этих шахтах.

Сопоставительная оценка состояния систем охраны труда и промышленной безопасности шахт, входящих в состав компании, должна осуществляться на основе сравнения показателей интегрального риска травматизма и профзаболеваний. Рисунок 3.20 демонстрирует зависимости интегрального риска травматизма и профзаболеваний для каждой из 7 угольных шахт компании в течение 10-летнего периода. При общей тенденции уменьшения интегрального риска травматизма и профзаболеваний в течение рассматриваемого периода, темп его снижения для каждой шахты может существенно отличаться от темпа, характеризующего компанию в целом. Поэтому ранжирование шахт по величине

интегрального риска, целесообразно осуществлять на основе расчета соотношения коэффициентов b , вычисленных для каждой шахты «СУЭК-Кузбасс» и АО «СУЭК-Кузбасс» в целом по формуле 3.13.

$$K = \frac{b_{\text{ком.}} - b_{\text{ш.}i}}{b_{\text{ш.}i}} \quad (3.13)$$

где $b_{\text{ш.}i}$ – коэффициент, характеризующий динамику интегрального риска для каждой шахты «СУЭК-Кузбасс»,

$b_{\text{ком.}}$ - коэффициент динамики интегрального риска для компании «СУЭК-Кузбасс».

В таблице 3.5 представлены параметры корреляционных зависимостей интегрального риска травматизма и профзаболеваний для каждой шахты, входящей в структуру АО «СУЭК-Кузбасс».

Таблица 3.5 – Параметры корреляционных зависимостей интегрального риска травматизма и профзаболеваний для шахт АО «СУЭК-Кузбасс»

Подразделение	Вид корреляционного уравнения	Корреляционное отношение	Параметр b , характеризующий динамику $M_{\text{н.в.}}$	K
АО «СУЭК-Кузбасс»	$M_{\text{н.в.}}=3,04e^{-0,141t}$	0,94	0,141	-
Шахта «Им. С.М. Кирова»	$M_{\text{н.в.}}=2,37e^{-0,092t}$	0,80	0,092	0,53
Шахта «Комсомолец»	$M_{\text{н.в.}}=1,63e^{-0,065t}$	0,90	0,065	1,17
Шахта «Полысаевская»	$M_{\text{н.в.}}=3,25e^{-0,118t}$	0,89	0,118	0,19
Шахта «Им. А.Д. Рубана»	$M_{\text{н.в.}}=2,33e^{-0,067t}$	0,82	0,067	1,10
Шахта «Талдинская-Западная-1»	$M_{\text{н.в.}}=2,72e^{-0,096t}$	0,75	0,096	0,47
Шахта «Талдинская-Западная-2»	$M_{\text{н.в.}}=3,44e^{-0,121t}$	0,75	0,121	0,17
Шахта «Им. В.Д. Ялевского»	$M_{\text{н.в.}}=4,65e^{-0,1t}$	0,81	0,1	0,41

По величине рассчитанного показателя K представляется возможным сделать заключение об относительной динамике интегрального риска травматизма и профзаболеваний. Если значение показателя K меньше единицы, это свидетельствует о высоком темпе снижения интегрального риска травматизма и профзаболеваний. И, наоборот, при величине K превышающего единицу, шахта

должна быть отнесена к проблемной с точки зрения обеспечения безопасности труда, а реализация применительно к ней компенсационных мероприятий рассматриваться в качестве приоритета по сравнению с другими предприятиями компании. Результаты ранжирования шахт по динамике уровня интегрального риска травматизма и профзаболеваний на основе полученного параметра К, представлены на рисунке 3.21.

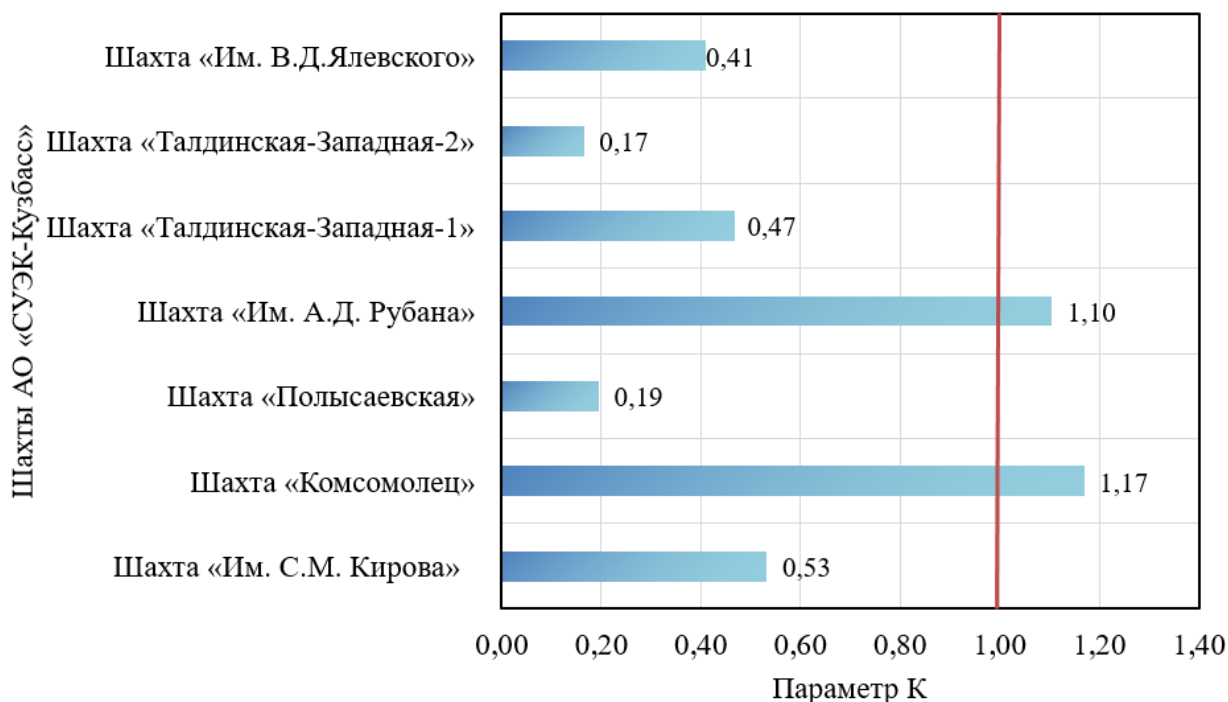


Рисунок 3.21 – Ранжирование шахт АО «СУЭК-Кузбасс» по величине динамики интегрального риска травматизма и профзаболеваний

Таким образом, согласно рисунку выше, можно выделить две шахты «Галдинская-Западная-2» и «Полысаевская», у которых показатель К является наименьшим, что говорит о интенсивном уменьшении интегрального риска по сравнению с интегральным риском в АО «СУЭК-Кузбасс». Также стоит отметить, что шахта «Комсомолец» и шахта «Им. А.Д. Рубана» имеют показатель К больше 1, что говорит о необходимости обратить особое внимание на улучшение комплексного показателя безопасности труда и соответственно разработать рекомендации по снижению уровней рисков в зависимости от причин их возникновения.

3.5 Выводы по главе 3

1. На основании корреляционно- регрессионного анализа статистических данных рисков в угледобывающих регионах России было выявлено, что риски производственного травматизма и профзаболеваний имеют наиболее высокое значение в Кемеровской области.

2. Риск производственного травматизма за 10-летний период на угледобывающих предприятиях Кузбасса снизился на 27% при его среднем значении за этот период 0,0027. В свою очередь, риск профзаболеваний уменьшился на 38,5% при его среднем значении за рассматриваемый период 0,0016.

3. При сопоставлении рисков травматизма и профзаболеваний была отмечена линейная зависимость с коэффициентом корреляции 0,907, то есть, с течением времени, влияние профзаболеваний рабочих приводит к повышению риска производственного травматизма.

4. Рассчитанная ковариация случайных величин рисков травматизма и профзаболеваний, составила 0,0801, что свидетельствует о наличии корреляционной связи рассматриваемых показателей.

5. Для повышения безопасности труда на угледобывающих предприятиях необходим комплексный подход. Постоянное совершенствование системы охраны труда, анализ рисков возникновения производственного травматизма и развития профессиональных заболеваний, а также повышение мотивации работников к безопасному труду.

6. Для более детальной оценки уровня безопасности горнорабочих целесообразно рассчитывать интегральный риск травматизма и профзаболеваний, который включает в себя фоновые риски травматизма и профзаболеваний для рассматриваемой территории, а также риски производственного травматизма и профзаболеваний с учетом экономического ущерба.

7. Наибольшая величина экономического ущерба от травматизма связана с упущенной выгодой вследствие переплаты отчислений в ФСС (более 58 %).

Наименьший вес в структуре экономического ущерба от травматизма составляют затраты на компенсацию и реабилитацию пострадавших.

8. Ранжирование угольных шахт по величине динамики интегрального риска травматизма и профзаболеваний, позволяет осуществлять выбор приоритетов при планировании работ по охране труда в угольных компаниях, включающих несколько шахт.

ГЛАВА 4 ОБОСНОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЛЯ ПОДЗЕМНОГО ПЕРСОНАЛА УГОЛЬНЫХ ШАХТ

4.1 Оценка рисков производственного травматизма на угольных шахтах

Показатель риска производственного травматизма включает в себя риски легкого, тяжелого и смертельного травматизма на основе степени тяжести травм. С помощью классификатора травматизма АО «СУЭК-Кузбасс» за период с 2011 по 2021 год были рассчитаны риски легкого, тяжелого, смертельного и общего травматизма для компании в целом и для каждой шахты отдельно. Общий риск травматизма представляет собой вероятность возникновения хотя бы одного вида травматизма из трех независимых в совокупности его проявлений, формула 4.1 [61,71,28].

$$R_{\Sigma} = 1 - (1 - R_{л})(1 - R_{т})(1 - R_{с}) \quad (4.1)$$

где $R_{л}$ – риск легкого травматизма;

$R_{т}$ – риск тяжелого травматизма;

$R_{с}$ – риск смертельного травматизма.

Риски легкого, тяжелого и общего травматизма для компании в целом и для каждой шахты представлены в виде корреляционных зависимостей по годам работы компании (рисунок 4.1-4.8).

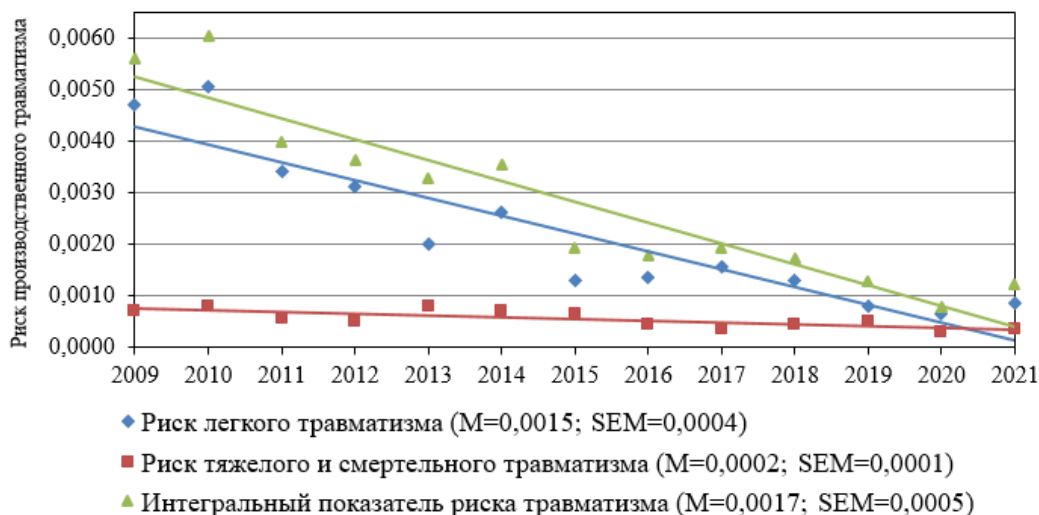


Рисунок 4.1 – Риски травматизма для АО «СУЭК-Кузбасс»

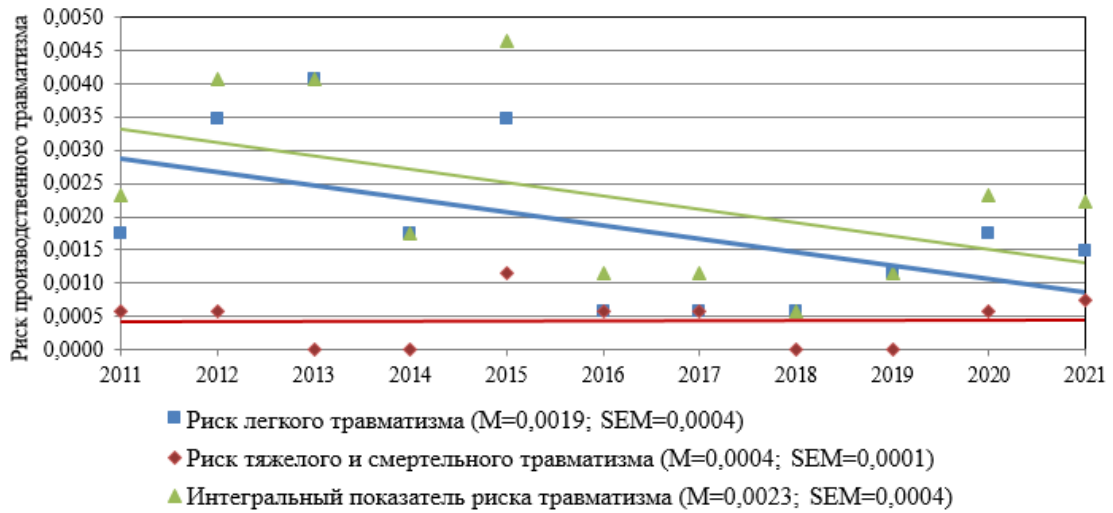


Рисунок 4.2 – Риски травматизма для шахты «Им. С.М. Кирова»

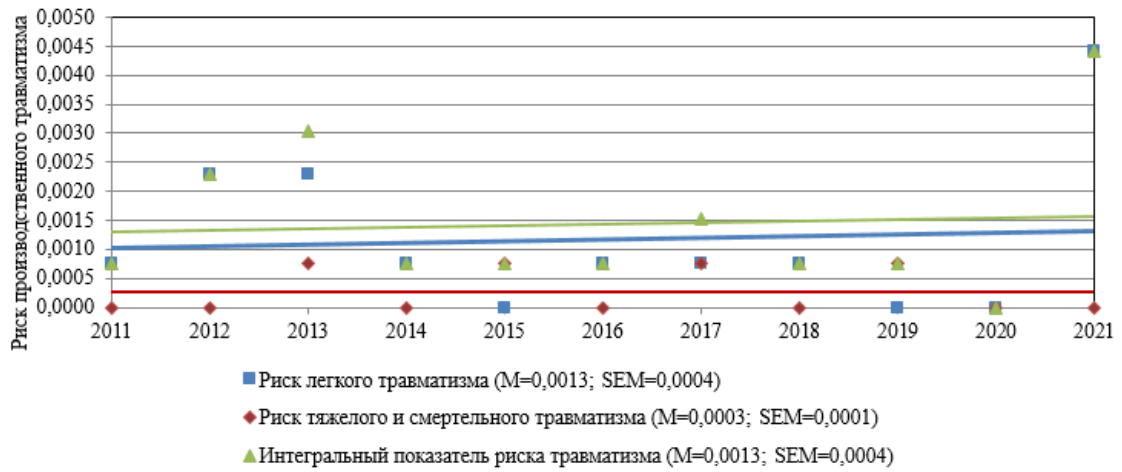


Рисунок 4.3 – Риски травматизма для шахты «Комсомолец»

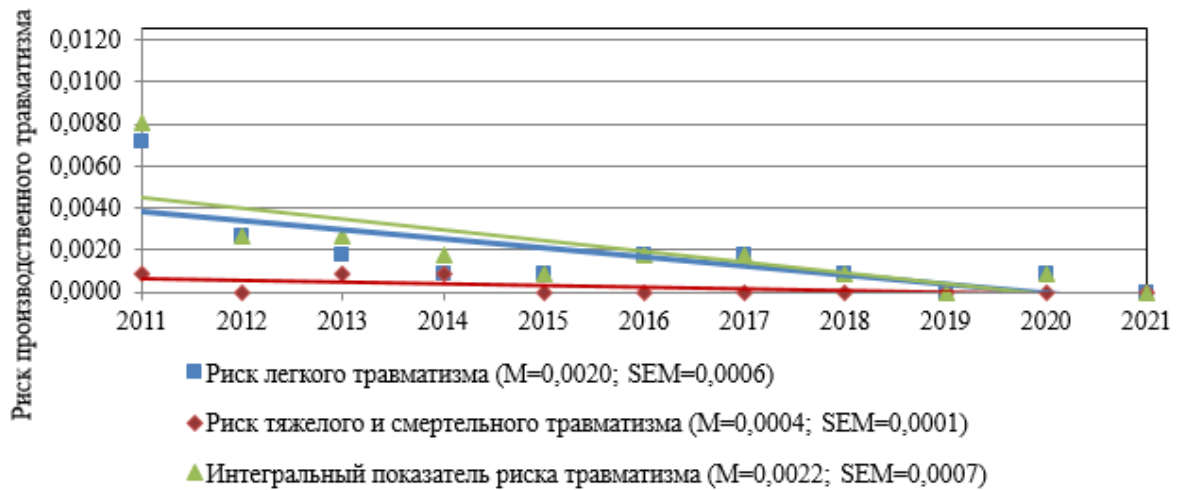


Рисунок 4.4 – Риски травматизма для шахты «Полысаевская»

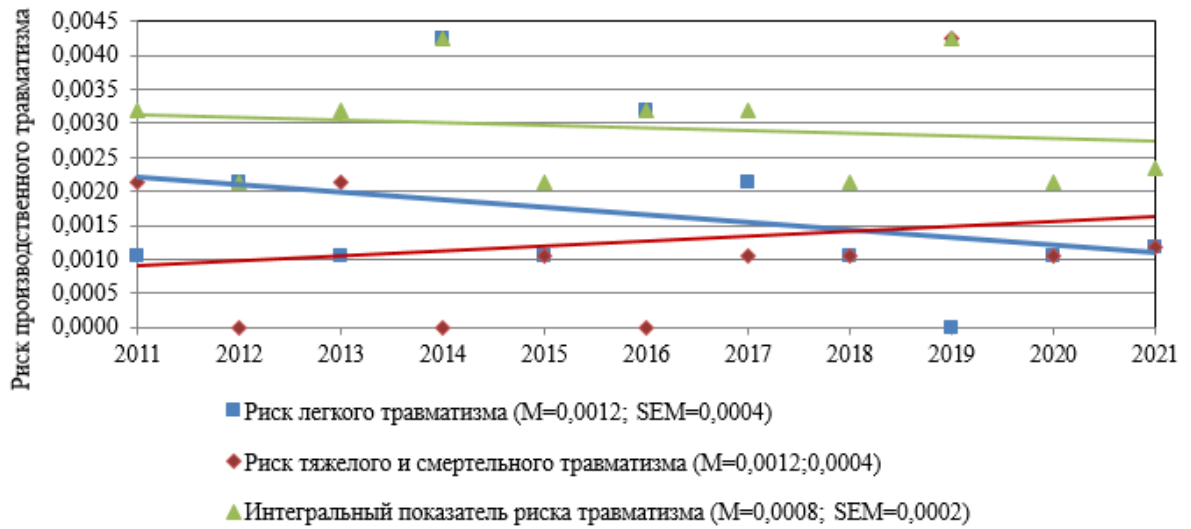


Рисунок 4.5 – Риски травматизма для шахты «Им. А.Д. Рубана»

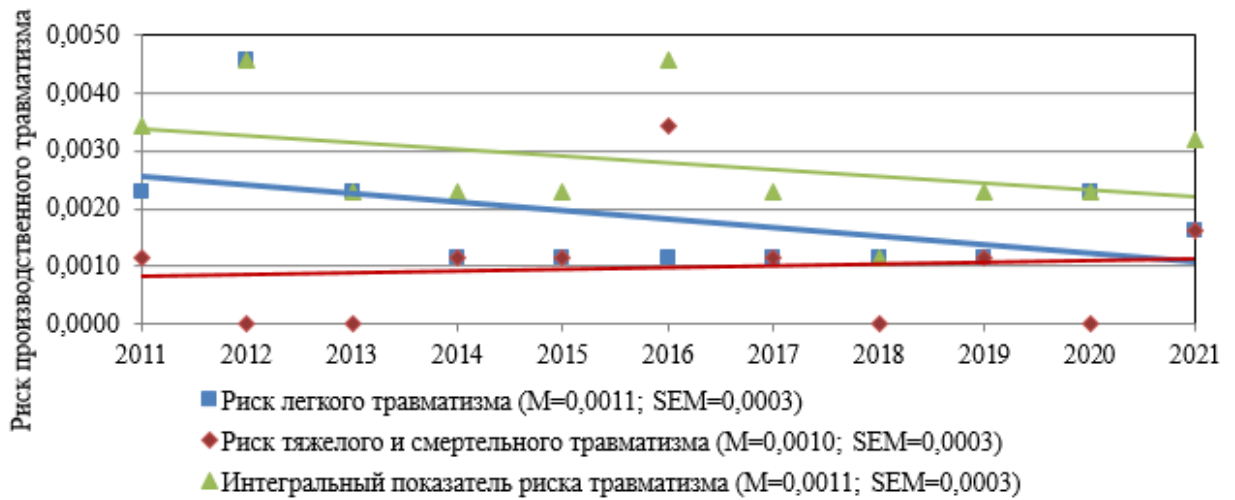


Рисунок 4.6 – Риски травматизма для шахты «Талдинская-Западная-1»

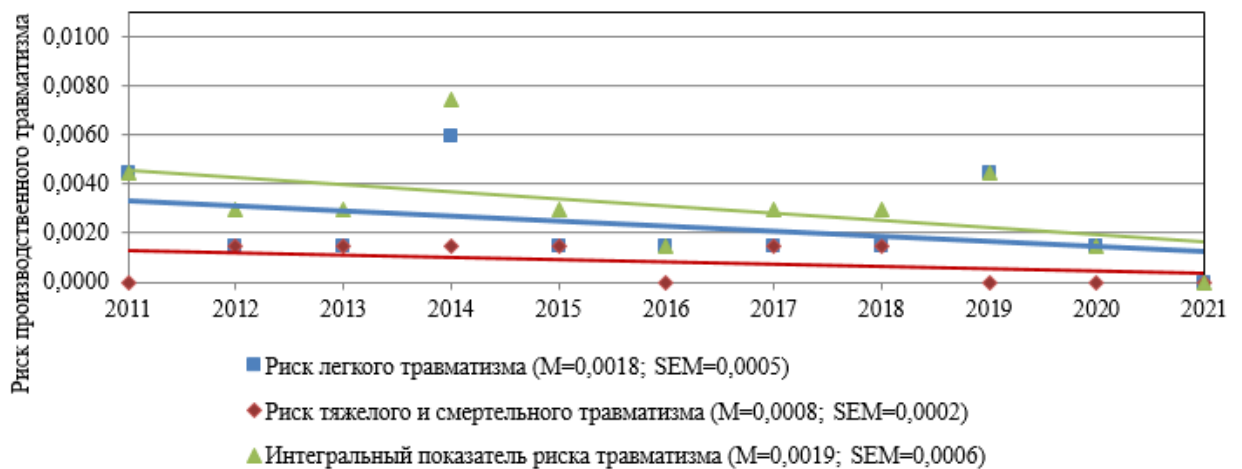


Рисунок 4.7 – Риски травматизма для шахты «Талдинская-Западная-2»

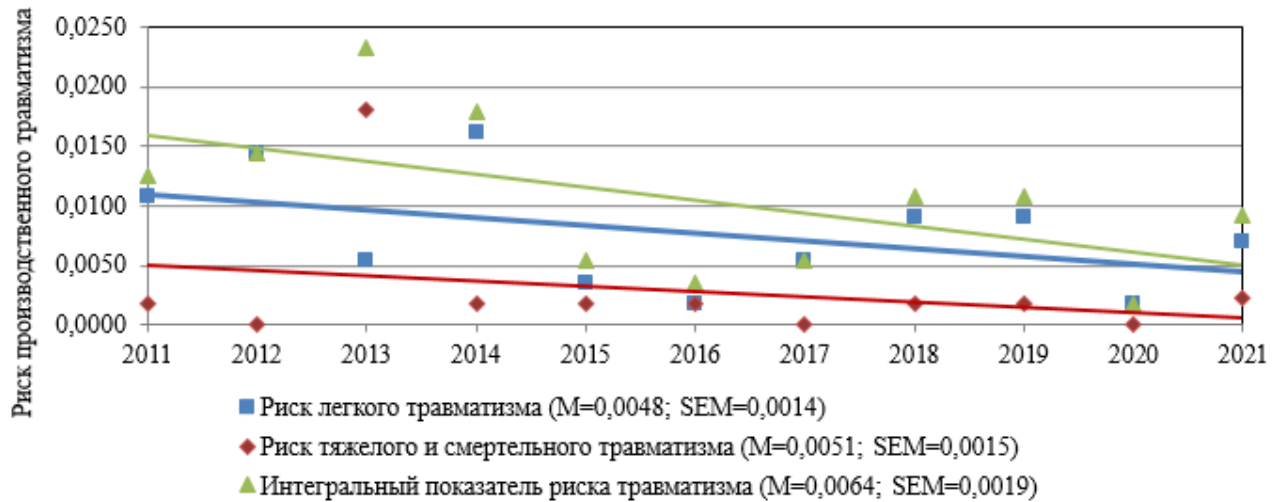


Рисунок 4.8 – Риски травматизма для шахты «Им. В.Д. Ялевского»

Каждая из линейных корреляционных зависимостей между рисками легкого, тяжелого и смертельного травматизма и годом работы компании имеет свой коэффициент регрессии, который отражает тенденцию снижения рисков данных видов травматизма за 10-летний период работы предприятия. Это позволяет оценить эффективность работы системы охраны труда как в компании в целом, так и на каждой шахте «СУЭК-Кузбасс» [59,81,74].

Для ранжирования шахт «СУЭК-Кузбасс» по величине травматизма, было осуществлено сопоставление показателей, рассчитанных как отношение коэффициентов регрессии линейной корреляции риска травматизма для каждой шахты «СУЭК-Кузбасс» и компании «СУЭК-Кузбасс» в целом (формула 4.2).

$$P = \frac{P_i}{P_o} \quad (4.2)$$

где P_i – коэффициент регрессии линейной корреляции риска травматизма для каждой шахты «СУЭК-Кузбасс»

P_o - коэффициент регрессии линейной корреляции риска травматизма для компании «СУЭК-Кузбасс» [62].

По величине полученного параметра (P) шахты могут быть дифференцированы по изменению уровня травматизма. Если показатель $p > 1$, то это говорит о высоком темпе изменения риска травматизма в течение 10 лет, следовательно, можно сказать об эффективности мероприятий по охране труда. Если показатель $p < 1$, то риск травматизма изменяется не так интенсивно в

течение времени. Таким образом, как видно из таблицы 4.1, можно выделить шахту «Полысаевская» и шахту «Им. В.Д. Ялевского» у которых показатель легких несчастных случаев и показатель тяжелых и смертельных несчастных случаев >1 , что говорит о интенсивном уменьшении риска травматизма в сравнении с целой компанией «СУЭК-Кузбасс». Также можно выделить шахту «Им. Рубана» у которой показатель отрицательный, следовательно, для данной шахты необходимо первоочередное внимание к риску тяжелых и смертельных несчастных случаев и соответственно усовершенствование системы охраны труда.

Таблица 4.1 - Ранжирование шахт «СУЭК-Кузбасс» по уровню травматизма

Шахты «СУЭК-Кузбасс»	Рл (легкие несчастные случаи)	Рт (тяжелые и смертельные несчастные случаи)
Шахта «Им. С.М. Кирова»	0,71	0,91
Шахта «Комсомолец»	0,42	0,49
Шахта «Полысаевская»	2,06	1,15
Шахта «Им. А.Д. Рубана»	0,21	-0,69
Шахта «Талдинская-Западная-1»	1,99	0,21
Шахта «Талдинская-Западная-2»	0,71	1,92
Шахта «Им. В.Д. Ялевского»	1,80	2,44

Если ввести относительную шкалу, характеризующую динамику производственного травматизма, то при $p > 1$ его уровень можно считать удовлетворительным, при $0 < p < 1$ – неудовлетворительным, а в случае $p < 1$ - весьма неудовлетворительным. В таком случае, придерживаясь данной относительной шкалы, ситуация по уровню производственного травматизма на шахтах «СУЭК-Кузбасс» показана в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Динамика производственного травматизма на шахтах «СУЭК-Кузбасс»

Шахты «СУЭК-Кузбасс»	Рл (легкие несчастные случаи)	Рт (тяжелые и смертельные несчастные случаи)
Шахта «Им. С.М. Кирова»	неудовлетворительно	неудовлетворительно
Шахта «Комсомолец»	неудовлетворительно	неудовлетворительно
Шахта «Полысаевская»	удовлетворительно	удовлетворительно
Шахта «Им. А.Д. Рубана»	неудовлетворительно	весьма неудовлетворительно
Шахта «Галдинская-Западная-1»	удовлетворительно	неудовлетворительно
Шахта «Галдинская-Западная-2»	неудовлетворительно	удовлетворительно
Шахта «Им. В.Д.Ялевского»	удовлетворительно	удовлетворительно

Представленный выше анализ характеризует тренд динамики рисков производственного травматизма для предприятий в целом за рассматриваемый период.

4.1.1 Анализ причин несчастных случаев и их тяжести на угольных шахтах

Причины несчастных случаев являются важным аспектом анализа и оценки производственного травматизма, поскольку позволяют выявить основные факторы, приводящие к несчастным случаям на производстве, что позволит разработать и внедрить мероприятия по предотвращению подобных ситуаций в будущем. Анализ причин травматизма также может показать, где в системе охраны труда есть недостатки и где необходимо усовершенствование мероприятий и правил безопасности. Кроме того, понимание причин травматизма может помочь повысить осведомленность работников о рисках, связанных с работой, и обучить их методам безопасной работы, что в свою очередь способствует снижению производственного травматизма. Причины несчастных случаев можно разделить на травматизм, обусловленный организационными,

техническими причинами, а также причинами с «человеческим фактором» (рисунок 4.9) [26].

Организационные причины являются наиболее распространенными причинами производственного травматизма в АО «СУЭК-Кузбасс». Эти причины включают неудовлетворительную организацию производства работ, нарушение трудового распорядка и дисциплины труда со стороны работников, недостатки в организации рабочих мест и недостатки в подготовке работников по охране труда. Технические причины также являются значимыми, включая нарушение технологического процесса и неудовлетворительное техническое состояние зданий, сооружений и оборудования. Наконец, психофизиологические причины, такие как нарушение трудового распорядка и дисциплины со стороны работников и неправильное использование средств индивидуальной защиты, занимают последнее место по значимости в структуре причин производственного травматизма [73].

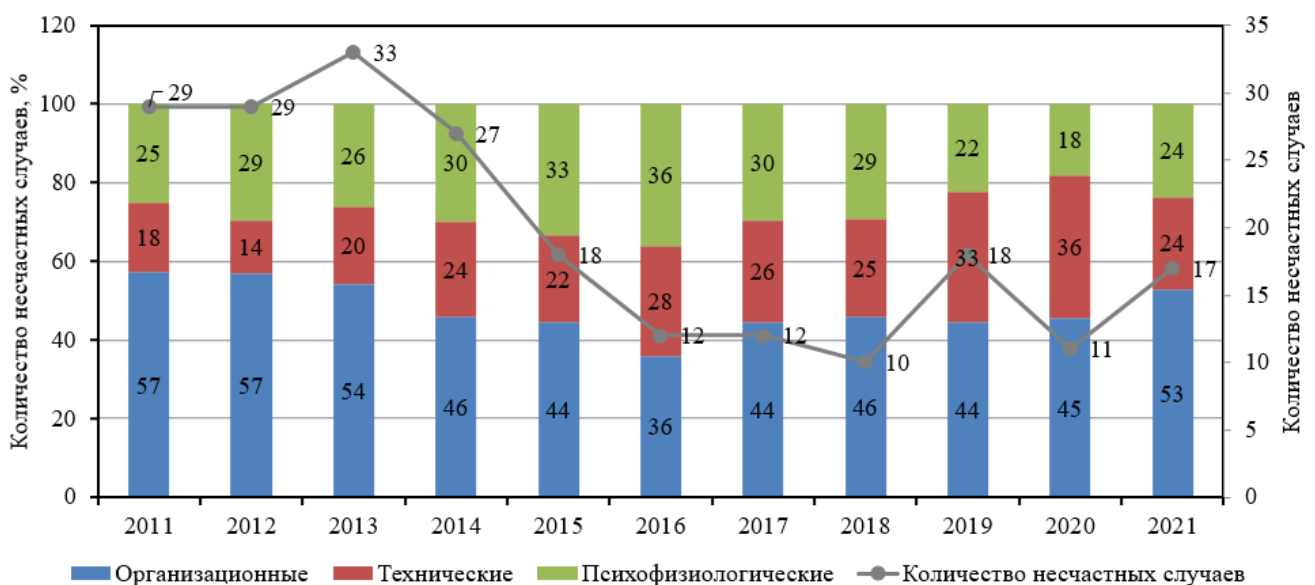


Рисунок 4.9 - Распределение причин несчастных случаев в АО «СУЭК-Кузбасс» в течение рассматриваемого периода

Ранжирование или установление тяжестей несчастных случаев по причинам - это один из способов определения, какой риск несчастных случаев является наиболее серьезным, и, следовательно, который нужно контролировать в первую очередь. Приоритет устанавливается с учетом воздействия на работника вредных

и опасных факторов и вероятности возникновения несчастного случая или профессионального заболевания. До настоящего времени, риск травматизма оценивался, как одномерный массив, но более объективным является оценка нескольких факторов, то есть двумерный массив. Таким образом, определив тяжесть и риск несчастных случаев по причинам можно определить мероприятия необходимые для минимизации данных несчастных случаев. Матрица причин несчастных случаев и их тяжести на шахтах «СУЭК-Кузбасс» представлена на рисунке 4.10, данная матрица отображает качественное описание ситуации на предприятии [29,112].

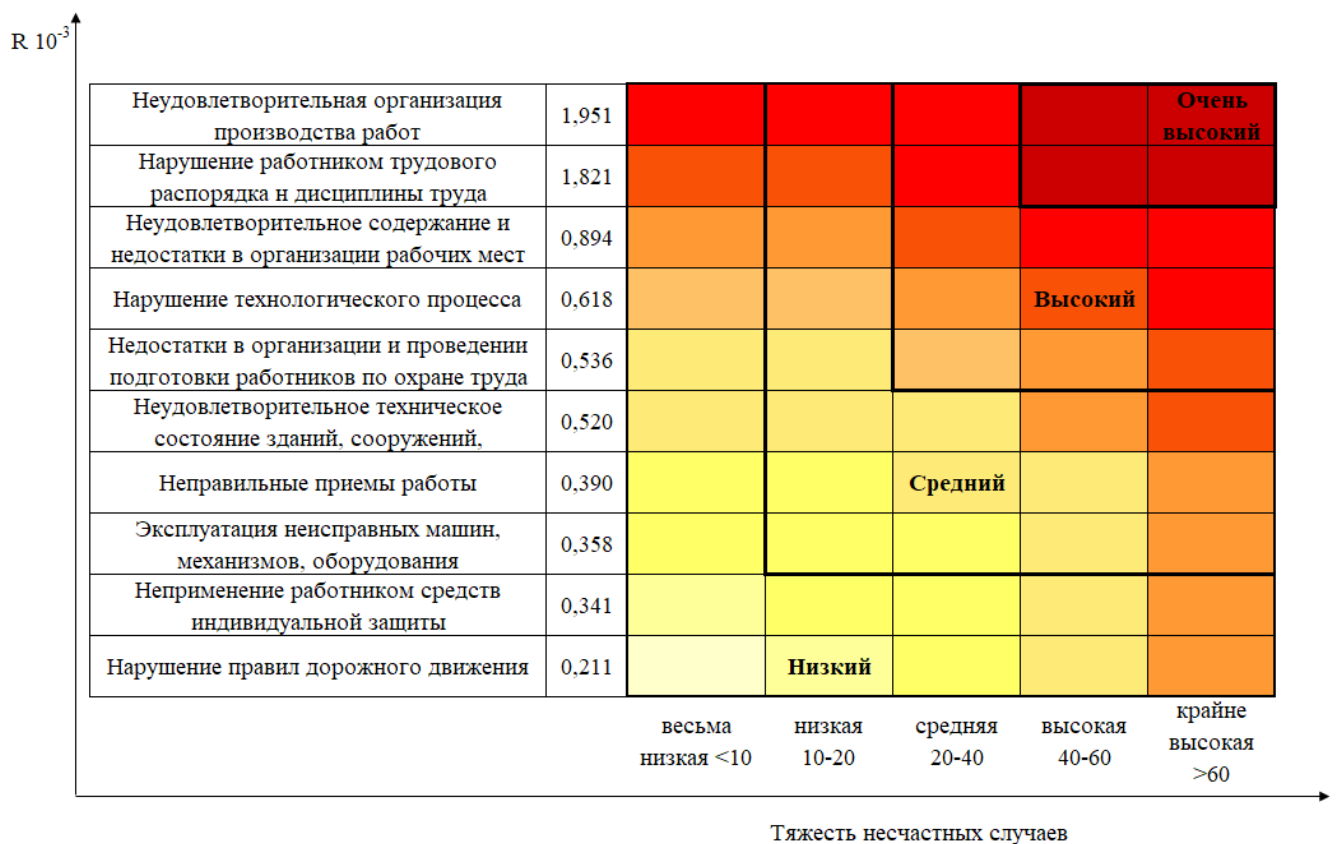


Рисунок 4.10 - Матрица причин несчастных случаев и их тяжести на шахтах «СУЭК-Кузбасс»

Рейтинг тяжести несчастных случаев представляют:

Крайне высокая: летальный исход;

Высокая: серьезный перелом, значительная потеря крови, серьезная травма головы или смертельная болезнь;

Средняя: растяжение связок, напряжение, локальный ожог, травмы, требующие выходных дней;

Низкая: травма, требующая только первой помощи;

Весьма низкая: кратковременная боль, раздражение или головокружение [62].

Рейтинг причин несчастных случаев представлен по возрастанию количества случившихся несчастных случаев и возрастанию риска на шахтах «СУЭК-Кузбасс» за 10-летний период работы. Значения каждой ячейки в матрице представлены на рисунке 4.11.

Цветовой код	Значение	Описание
	$K_T < 10$ $R < 0,3 \times 10^{-3}$	Крайне низкий риск
	$K_T < 20$ $R < 0,35 \times 10^{-3}$	Весьма низкий риск
	$K_T < 40$ $R < 0,4 \times 10^{-3}$	Низкий риск
	$K_T < 60$ $R < 0,6 \times 10^{-3}$	Умеренный риск
	$K_T < 40$ $R < 0,7 \times 10^{-3}$	Умеренно-повышенный риск
	$K_T > 1$ $R < 1 \times 10^{-3}$	Повышенный риск
	$K_T > 1$ $R < 1,9 \times 10^{-3}$	Высокий риск
	$K_T > 1$ $R < 2 \times 10^{-3}$	Весьма высокий риск
	$K_T > 40$ $R < 2 \times 10^{-3}$	Крайне высокий риск

Рисунок 4.11 - Рейтинг риска

Ячейки в матрице соответствуют риску несчастных случаев, в зависимости от которого необходимо применять следующие мероприятия:

Крайне высокий риск: остановить рабочий процесс и устранить риск незамедлительно;

Весьма высокий риск: приостановить рабочий процесс и устранить риск;

Высокий риск: исследовать рабочий процесс и осуществлять контроль за работой;

Повышенный риск: осуществлять контроль за работой;

Умеренно-повышенный риск: продолжать рабочий процесс, но разработать план контроля и реализовать его незамедлительно;

Умеренный риск: продолжать рабочий процесс, но начать разрабатывать план контроля;

Низкий риск: продолжать рабочий процесс, но регулярно контролировать;

Весьма низкий низкий риск: продолжать мониторинг рабочего процесса;

Крайне низкий риск: периодически осуществлять мониторинг рабочего процесса.

Два основных фактора, которые могут приводить к несчастным случаям с высоким риском производственного травматизма и повышенной тяжестью, связаны с неудовлетворительной организацией производства работ и нарушением работником трудового распорядка и дисциплины труда. Обе эти причины являются организационными, что связано с недостаточным профессионализмом, низкой трудовой дисциплиной и мотивацией для безаварийного труда [36,47].

Для снижения риска производственного травматизма на предприятиях АО «СУЭК-Кузбасс» требуется усиление организационных мероприятий по охране труда. Эти меры включают проведение постоянных обучений и проверок знаний рабочих, обучение правилам поведения в чрезвычайных ситуациях, выявление и ликвидацию опасных факторов, анализ причин травматизма. Кроме того, необходимо проводить обучающие курсы для руководящего персонала на местах работы и семинары, направленные на повышение заинтересованности сотрудников в соблюдении безопасных приемов работ и дисциплины труда на рабочих местах.

4.1.2 Определение влияние фактора стажа на риск производственного травматизма

Предполагается, что опыт работы по специальности существенно влияет на уровень безопасности труда, так как с увеличением продолжительности стажа у работников повышается профессиональная квалификация, что в свою очередь приводит к снижению риска травматизма [3]. Для того чтобы подтвердить или

опровергнуть данную гипотезу, был проведен статистический анализ уровня производственного травматизма на угольных шахтах в зависимости от стажа работы. Информация о продолжительности стажа в соответствующих должностях была получена из классификатора травматизма АО «СУЭК-Кузбасс», который основывался на результатах расследования причин и обстоятельств получения травм. Рассчитанные риски производственного травматизма на угольных шахтах в зависимости от стажа работы рабочих в среднем за период 2011-2021 гг., представлены на рисунке 4.12.

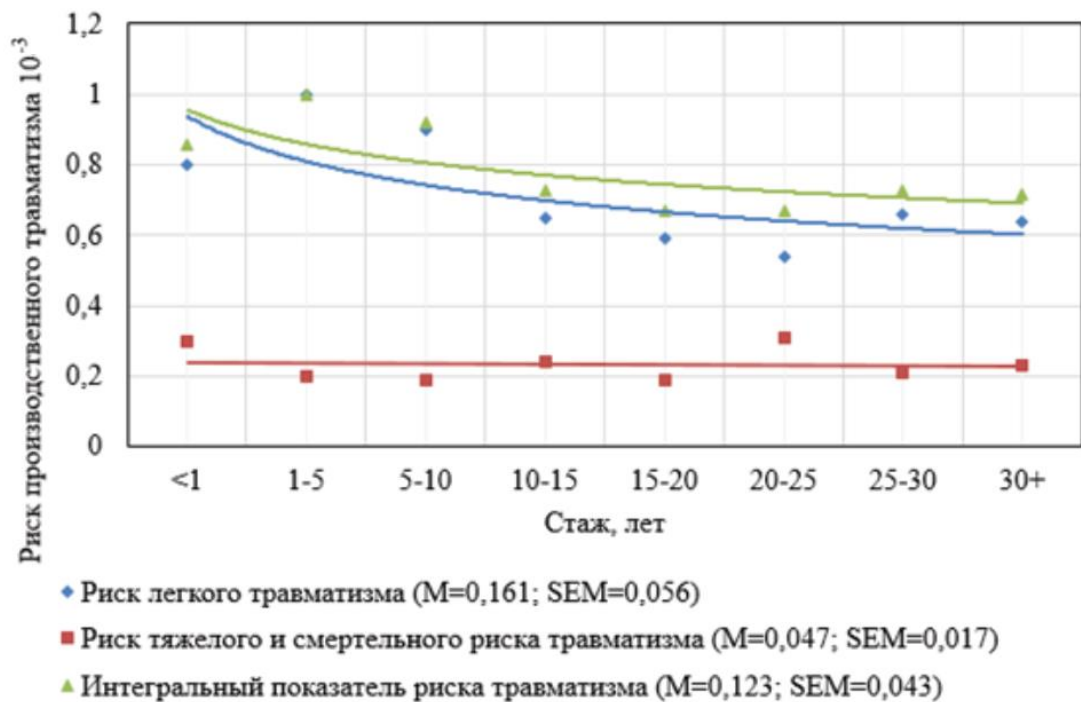


Рисунок 4.12 – Риск производственного травматизма в зависимости от стажа работы в АО «СУЭК-Кузбасс»

Согласно полученным данным, можно сделать вывод, что за рассматриваемый период времени работы компании, интегральный показатель риска производственного травматизма наибольший при трудовом стаже менее 5 лет, после чего риск снижается, а затем плавно возрастает. Аналогичная ситуация отмечается и у риска легкого производственного травматизма. Однако риск тяжелого и смертельного риска травматизма за рассматриваемый период при любом стаже работ остается на одном уровне.

На рисунке 4.13 представлен риск общего производственного травматизма от стажа работы для угольных шахт АО «СУЭК-Кузбасс».

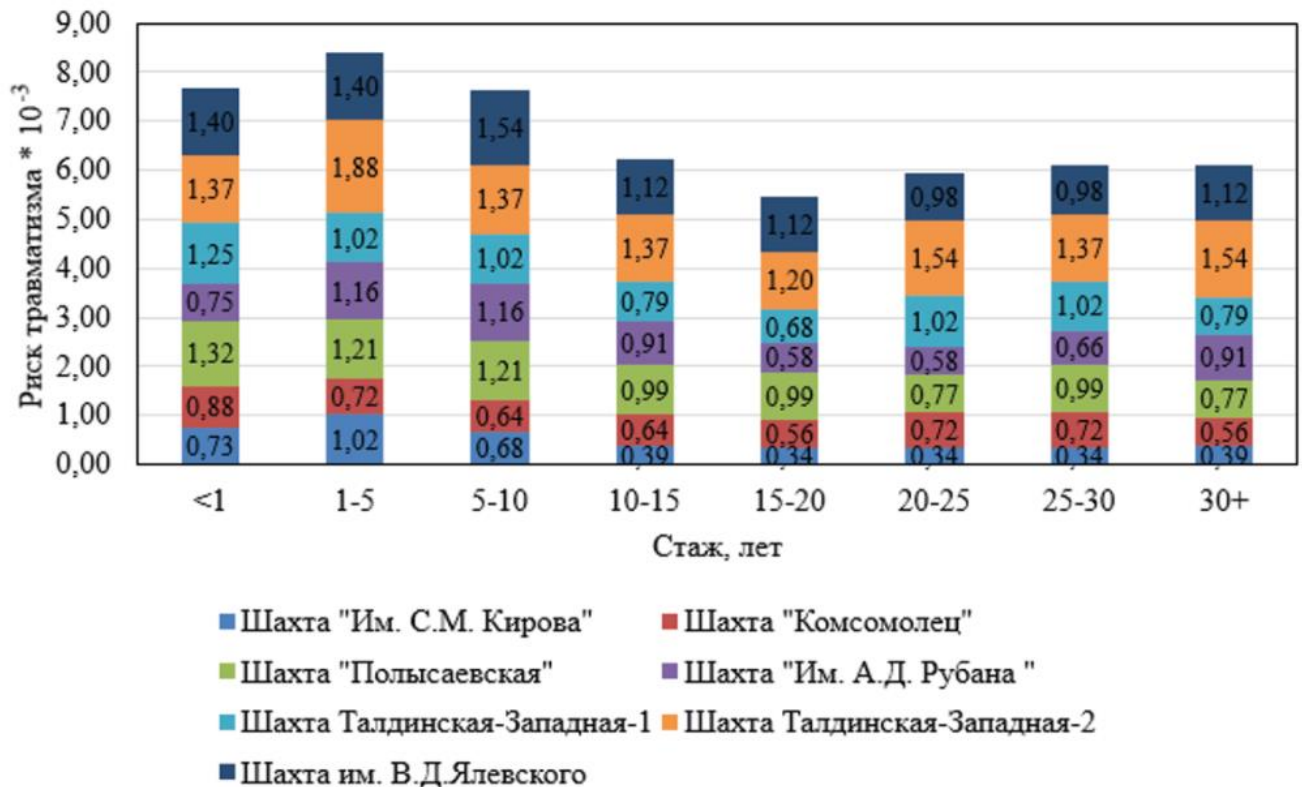


Рисунок 4.13 – Риск производственного травматизма в зависимости от стажа работы на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс»

Анализируя риски производственного травматизма от стажа работ на угольных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс», можно отметить, что наибольший риск характерен для шахты Талдинская-Западная-2 при стаже работ от 1 до 5 лет. В целом, тенденция сохраняется, как на отдельных шахтах, так и в целом в АО «СУЭК-Кузбасс» [116].

Инструмент, известный как диаграмма Вильфредо Парето, используется для анализа и ранжирования факторов, влияющих на производственный травматизм, с целью выделения наиболее значимых факторов и определения категории пострадавших, на которую следует обратить внимание при проведении профилактических мероприятий. Принцип Парето утверждает, что приблизительно 20% наиболее важных факторов являются причиной 80% изменений в показателях. Для построения диаграммы используются данные статистического анализа, где на левой оси ординат представлен риск

производственного травматизма за определенный период, а на правой оси – шкала с интервалами от 0 до 100%, отображающая общий риск. На оси абсцисс каждый столбец представляет риск травматизма для определенного стажа работы по специальности (рисунок 4.14).

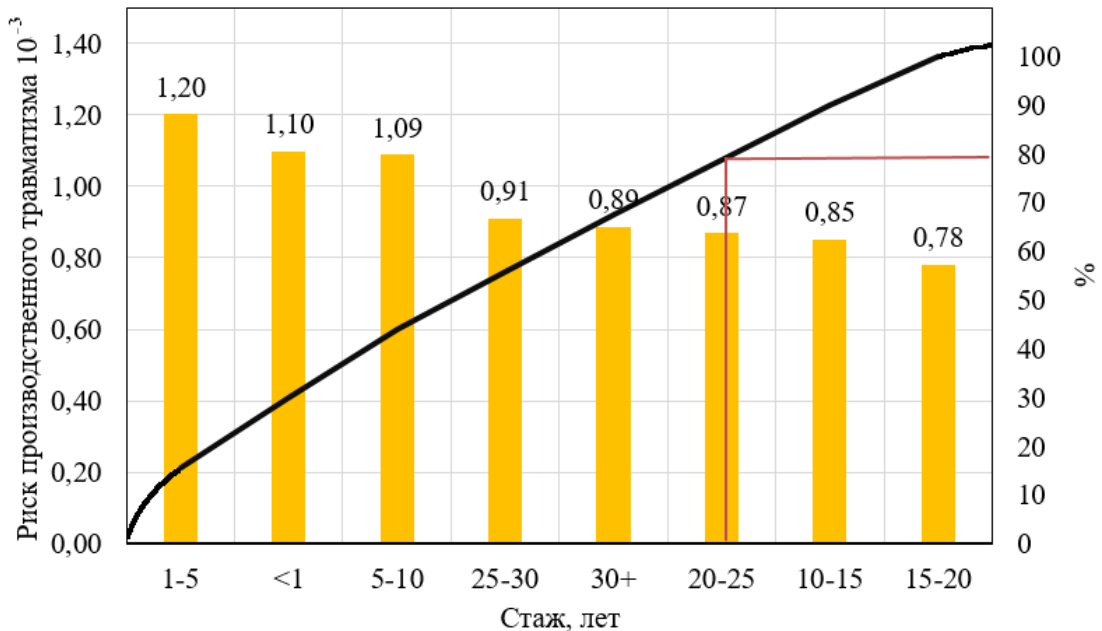


Рисунок 4.14 - Диаграмма Парето – распределение риска травматизма по стажу работы за период 2011-2021 гг.

Чтобы создать кумулятивную кривую, на графике отображаются точки, которые представляют собой накопленные суммы, соответствующие количественному значению накопленного процента по каждому фактору, на правой оси ординат. Затем эти точки соединяются линиями, начинающимися в точке 80% и оканчивающимися на кривой Парето, и отмечают горизонтальную линию из этой точки, которая опускается перпендикулярно на ось абсцисс. Этот перпендикуляр делит факторы на значимые, расположенные слева, и незначимые – справа. На диаграмме можно заметить, что главными категориями работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве, являются те, у кого стаж работы в угольных шахтах менее 10 лет или более 25 лет. Данную тенденцию можно объяснить тем, что работники с большим стажем работы привыкают к потенциальным угрозам и уже имеющимся рискам, что приводит к потере бдительности и внимательности к безопасным методам труда, что является

главной причиной производственных травм. С другой стороны, работники с меньшим стажем не имеют достаточных навыков и знаний в области безопасности труда, что также может приводить к несчастным случаям [15].

Стоит отметить, что согласно законодательству РФ, граждане, занятые полный рабочий день на подземных горных работах имеют право на трудовую пенсию по старости, независимо от возраста, если они были заняты на соответствующих работах не менее 25 лет [65]. Рабочим профессий, такие как: ГРОЗ, проходчик, МГВП, забойщик на отбойных молотках, трудовая пенсия по старости назначается досрочно, если они работали на подземных горных работах не менее 20 лет. В связи с чем, целесообразно рассмотреть распределение рисков производственного травматизма по профессиям (рисунок 4.15).

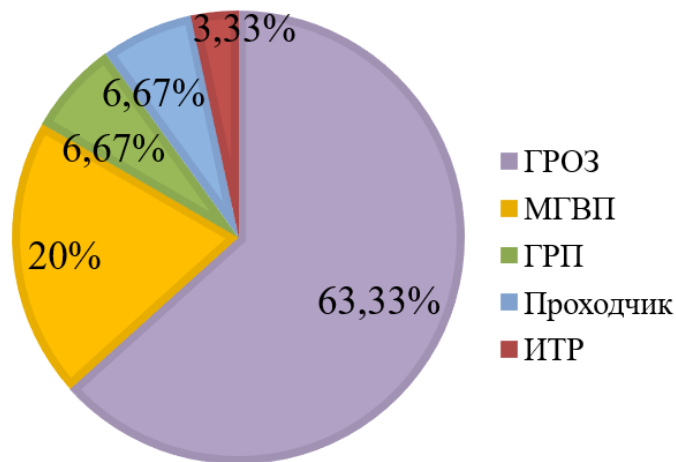


Рисунок 4.15 – Распределение рисков производственного травматизма по профессиям

Таким образом, основная доля производственного травматизма на угольных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» характерна для ГРОЗ (63,33%) и МГВП (20%).

4.1.3 Оценка рисков производственного травматизма при ведении очистных работ на угольных шахтах

При анализе производственного травматизма в АО «СУЭК-Кузбасс», было выявлено, что 32% случаев происходят во время очистных работ, 19% - во время подготовительных работ, а 49% - в действующих выработках. Исходя из полученных данных, очистные работы являются наиболее травмоопасными в

угольных шахтах, причем большинство несчастных случаев отмечено в лавах. В то же время, в конвейерных, вентиляционных штреках, монтажной и демонтажной камере количество несчастных случаев остается примерно на одном уровне (рисунок 4.16).

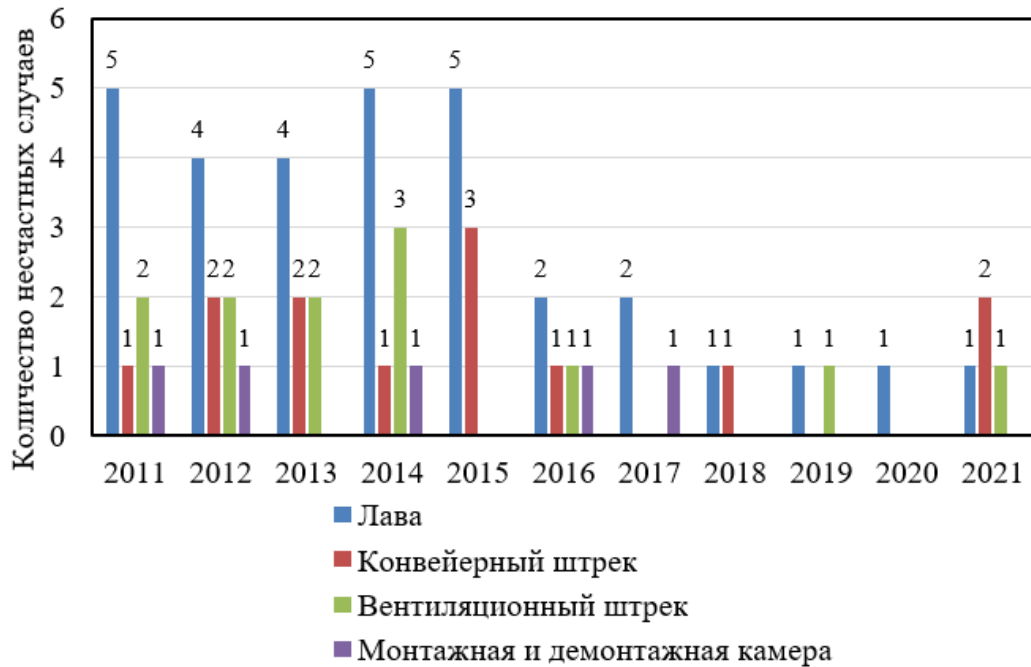


Рисунок 4.16 - Динамика производственного травматизма в местах выполнения очистных работ на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс»

В период 2011–2015 гг. в лавах угольных шахт количество тяжелых и смертельных несчастных случаев составляло в среднем 30% (Рисунок 4.17).

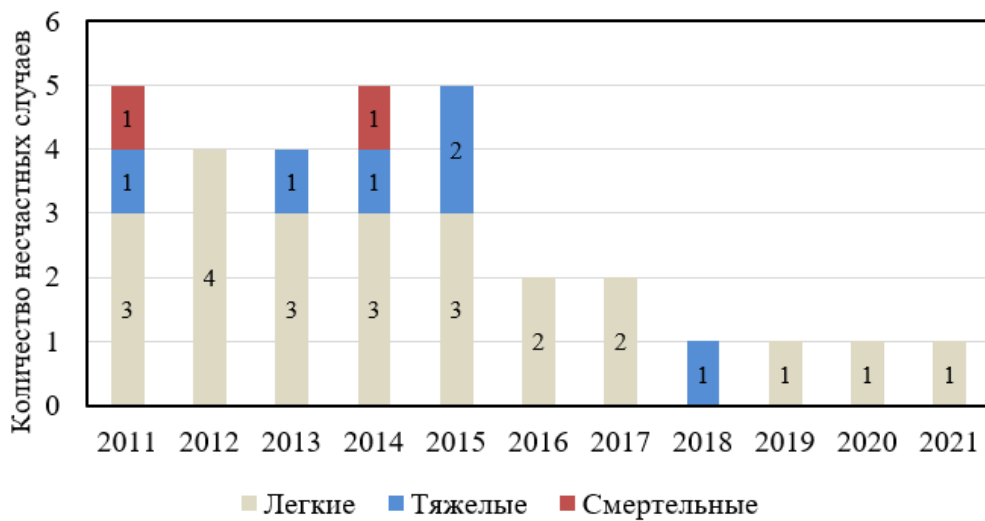


Рисунок 4.17 - Распределение несчастных случаев, произошедших в лавах на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс», по степени тяжести

После 2015 года происходили только легкие несчастные случаи, что подтверждает стохастический характер производственного травматизма, не исключая появления тяжелых и смертельных несчастных случаев в будущем. Чтобы предотвратить такие случаи, целесообразно использовать адресный подход, учитывая причины травматизма и выбирая конкретные организационные или технические мероприятия [115].

Рассчитана динамика рисков легкого, тяжелого и смертельного травматизма в лавах на основе показателя риска производственного травматизма для каждого года работы компании (рисунок 4.18). Результаты расчётов показали, что если риск лёгкого производственного травматизма за 10 лет снизился на 55% при его среднем значении за этот период 0,00062, то величина риска тяжёлого и смертельного травматизма практически не изменяется, составляя 0,00018. Последнее свидетельствует о необходимости разработки адресных мероприятий, направленных на снижение тяжёлого и смертельного производственного травматизма в лавах угольных шахт [53].

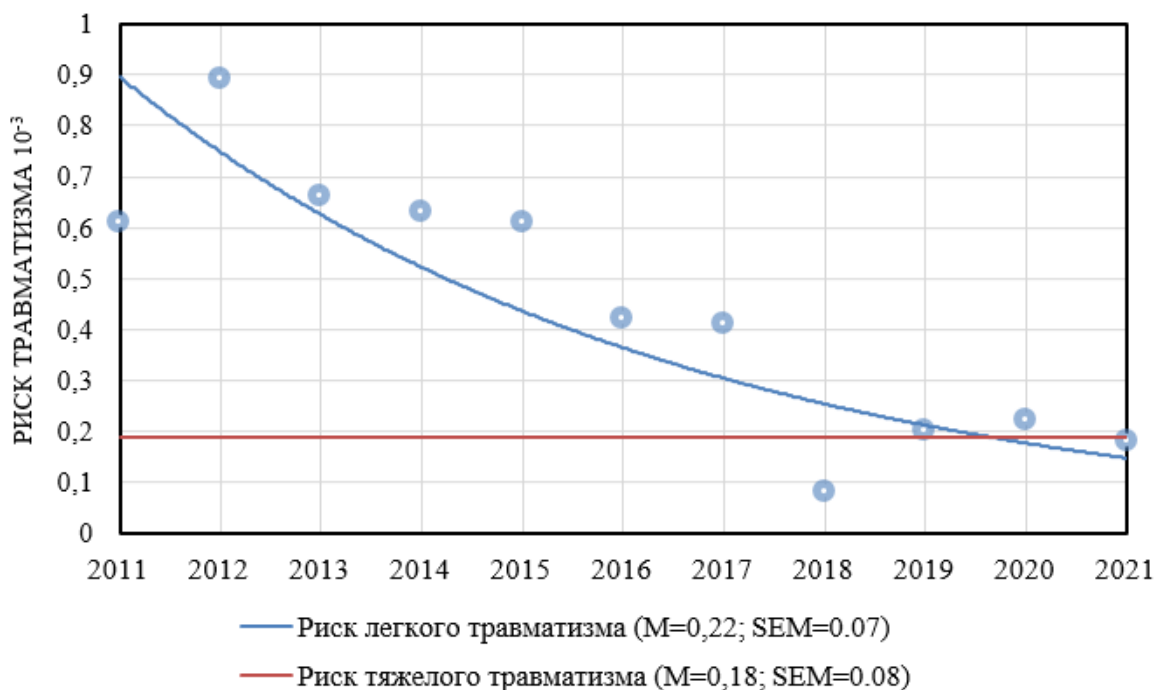


Рисунок 4.18 - Риск производственного травматизма в лавах угольных шахт АО «СУЭК-Кузбасс»

На угольных шахтах осуществляется организация производства работ с четким чередованием добычных и ремонтно-подготовительных смен с

сохранением строгой технологической последовательностью выполнения отдельных процессов цикла очистной выемки угля. Перерывы в выемке для подготовки забоя к следующему циклу предусмотрены после окончания выемки угля по всей длине лавы. На угольных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» паспортом принимается трехсменный режим работы очистного забоя, при этом в первую смену (8 часов) производится техническое обслуживание оборудования, профилактические, ремонтные и вспомогательные работы.

На примере шахты «Галдинская-Западная-2» рассмотрим организацию работ в лаве. В ремонтную смену по добыче работают: машинист горных выемочных машин (МГВМ), горнорабочий очистного забоя (ГРОЗ), электрослесарь, горнорабочий подземный (ГРП).

Очистные работы в лаве производятся во вторую и третью смены: машинист комбайна, помощник машиниста комбайна, ГРОЗ, занятые в лаве на передвижке секций крепи и лавного конвейера, ГРОЗ, занятые передвижкой верхней концевой головки лавного конвейера и зачисткой секции сопряжения, ГРОЗ, обеспечивает контроль за недопущением прохода людей в лаву при подходе комбайна к вентиляционному штреку, ГРОЗ, обеспечивает контроль за недопущением прохода людей в лаву при подходе комбайна к конвейерному штреку, ГРОЗ, на конвейерном штреке, занятые передвижкой ПТК, матильды сокращения става ленточного конвейера, дежурный эл. слесарь на смене, ГРП – выполнение подсобных работ на конвейерном штреке на конвейерном штреке, зачистка, осланцовка, доставка, складирование материалов.

Для анализа производственного травматизма в зависимости от смены и времени суток были рассчитаны риски производственного травматизма в местах выполнения очистных работ за период с 2011 по 2021 года в среднем на угольных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» по времени смены (рисунок 4.19).

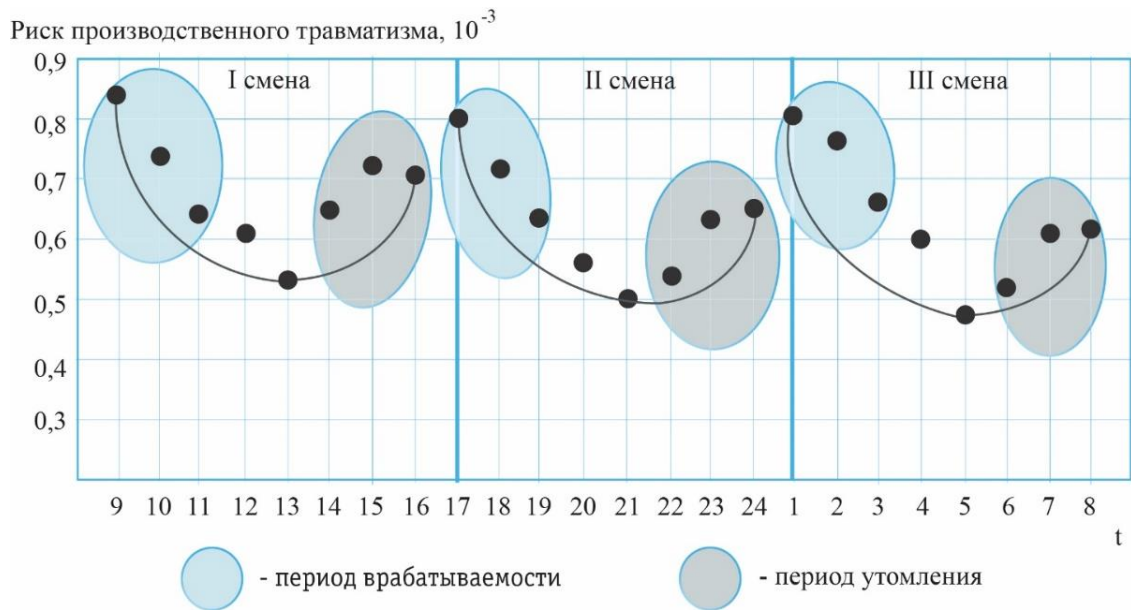


Рисунок 4.19 – Риски производственного травматизма при ведении очистных работ по времени на угольных шахтах в среднем за период 2011-2021 гг.

Анализируя рисунок можно отметить циклическую зависимость риска производственного травматизма в течение каждой рабочей смены. Пик производственного травматизма отмечается в начале рабочей смены, что можно объяснить периодом вработываемости горнорабочих, далее через 4 часа работы отмечается минимальное значение риска производственного травматизма, после которого отмечается плавный рост показателей. Второе пиковое значение риска травматизма отмечается в конце рабочей смены, которое можно отметить как период утомления [70].

4.2 Оценка рисков профессиональной заболеваемости на угольных шахтах

На рисунке 4.20 представлено распределение показателей профессиональной заболеваемости рабочих на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс». Согласно данным, в среднем по компании отмечается снижение показателей профессиональных заболеваний в структуре заболеваемости. Превалирующее число профессиональных заболеваний занимают заболевания от физических нагрузок (173 профессиональных заболеваний в период 2011-2021 гг.), но к 2021 году их частота уменьшилась на 80%. Следующим показателем по частоте профессиональных заболеваний является вибрационная болезнь (119 профзаболеваний за 11-летний период работы предприятия) и нейросенсорная

тугоухость (118 профзаболеваний с 2011 по 2021 год). Наименее частыми профессиональными заболеваниями в АО «СУЭК-Кузбасс» являются заболевания органов дыхания (54 профзаболевания в период 2011-2021 г.).

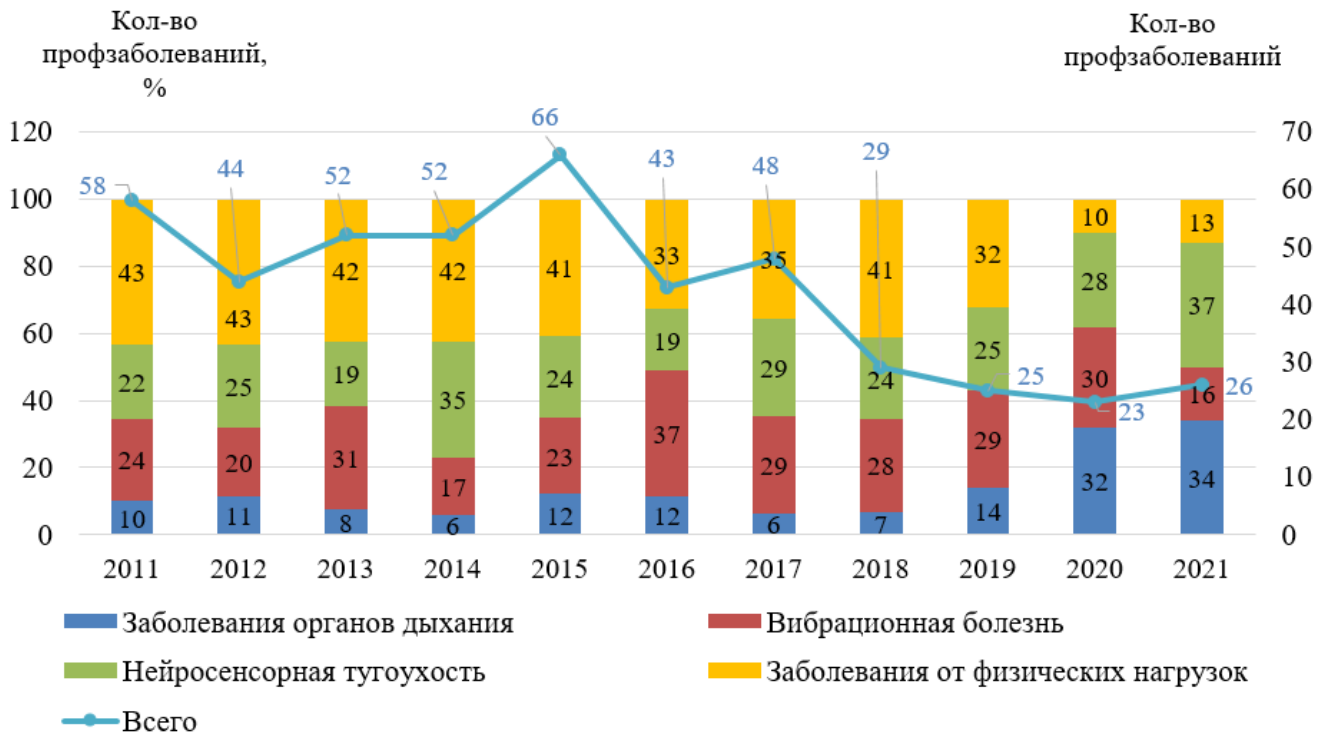


Рисунок 4.20 - Распределение профзаболеваний по показателям на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс»

Профессиональные группы на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс», в которых выявлен вредный класс условий труда по показателям тяжести трудового процесса, включают горного мастера, подземного электрослесаря, машиниста подземной установки (МПУ), машиниста горной выемочной машины (МГВП), горнорабочего очистного забоя (ГРОЗ), проходчика и горнорабочего подземного (ГРП). Большинство профессиональных заболеваний выявлено у проходчиков и горнорабочих очистного забоя, что обусловлено комплексом воздействующих вредных производственных факторов. Распределение профзаболеваний по профессиям на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» представлены на рисунке 4.21.

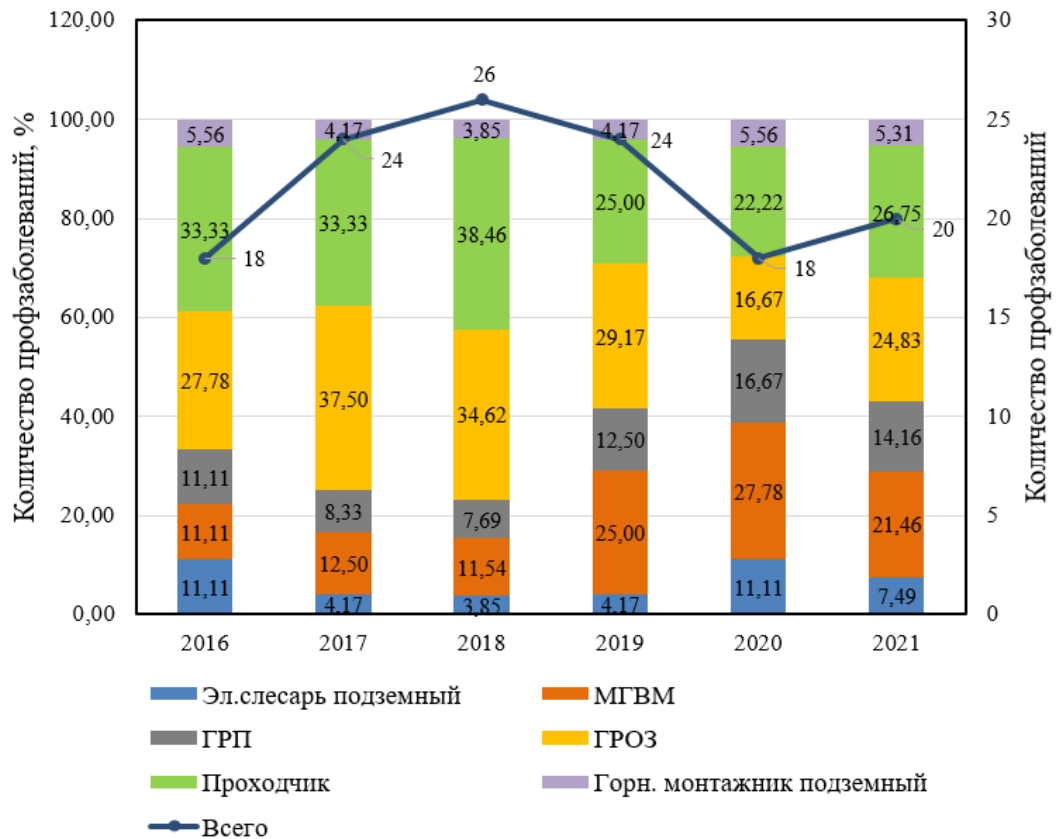


Рисунок 4.21 - Распределение профзаболеваний по профессиям на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс»

Профессии проходчика (21%) и горнорабочего очистного забоя (18%) на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» представляют основную долю профзаболеваний за рассматриваемый период, поскольку данные профессии связаны с комплексом вредных и опасных производственных факторов, включая массу поднимаемого груза вручную, статическую нагрузку и рабочее положение [16]. Проходчики и ГРОЗ имеют среднее значение энергозатрат в диапазоне от 4,4 до 6,4 ккал/мин за рабочую смену, что указывает на интенсивность выполнения операций, требующих физической нагрузки. В то же время, около 87% работников с профессиональными заболеваниями имеют высокую квалификацию (5 и более разряд) и производственный стаж более 10 лет.

Основными причинами профзаболеваний являются: несовершенство технологического процесса, конструктивные недостатки используемого оборудования, нарушение технологического процесса, неприменение средств

индивидуальной защиты и недостатки в организации рабочих мест. Распределение профзаболеваний по причинам представлены на рисунке 4.22.

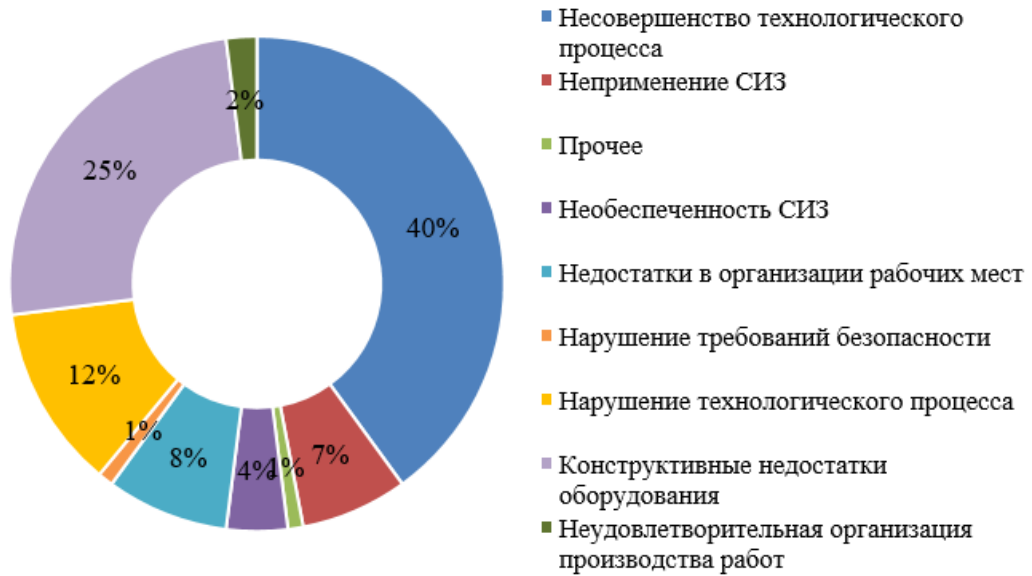


Рисунок 4.22 - Распределение профзаболеваний на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» по причинам (по состоянию на 2022 год)

Рисунок 4.23 показывает изменение риска профессиональных заболеваний в период с 2011 по 2021 годы работы компании АО «СУЭК» в виде линейных корреляционных зависимостей. Для каждой зависимости риска рассчитывается среднее значение (M), отображающее центральный тренд, и стандартная ошибка (SEM), указывающая на точность расчета среднего значения.

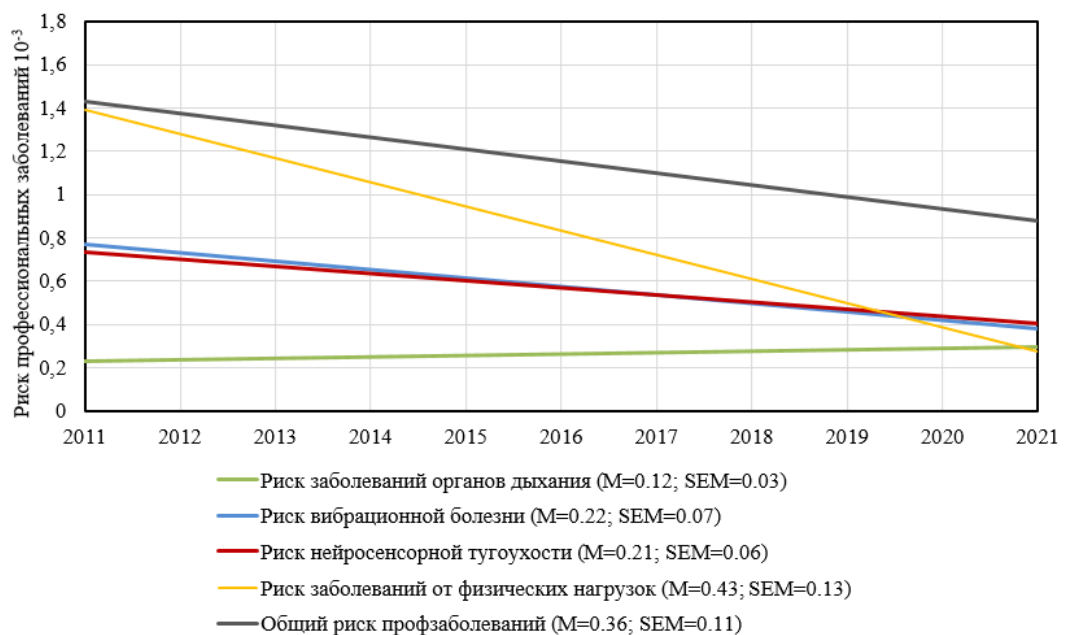


Рисунок 4.23 - Риск профессиональной заболеваемости в АО «СУЭК»

Согласно представленным данным, наибольший риск профессиональных заболеваний связан с физическими нагрузками, а его уменьшение за 10-летний период объясняется механизацией производственных процессов, что снизило тяжесть труда горнорабочих. Тем не менее, на угольных шахтах работы, требующие значительных физических усилий, до сих пор составляют большую долю работ. Это приводит к высокой частоте заболеваний опорно-двигательного аппарата, что отрицательно влияет на производительность труда горнорабочих и снижает качество их жизни в настоящее и будущее время.

Снижение риска профессиональных заболеваний, связанных с физическими нагрузками, может быть достигнуто различными способами, включая механизацию и автоматизацию производственных процессов, использование современного оборудования и технологий, обеспечение правильной организации рабочих мест и использование средств индивидуальной защиты.

Сокращение риска профессиональных заболеваний у горнорабочих, работающих в условиях физических нагрузок, является важным, так как профзаболевания могут существенно ухудшить качество жизни рабочих, снизить их работоспособность, а также вызвать длительные перерывы в работе и дополнительные расходы на медицинское обслуживание. Более того, профзаболевания связаны с увеличением риска травм на рабочем месте, что может привести к серьезным последствиям для здоровья и жизни рабочих. Сокращение риска профессиональных заболеваний позволит не только сохранить здоровье рабочих, но и повысить производительность и эффективность работы на предприятии.

4.3 Установление взаимосвязи рисков травматизма и профессиональной заболеваемости горнорабочих

Воздействие на подземный персонал угольных шахт комплекса вредных факторов: запыленности воздушной среды, шумового и вибрационного воздействия, тяжести труда, ненормативных параметров микроклимата приводят к развитию профессиональных заболеваний и ухудшению здоровья работников. Эти заболевания оказывают влияние на психофизиологические показатели

горнорабочих, что снижает их возможности адекватного реагирования на возникающие в период производственной деятельности опасности, что может провоцировать несчастные случаи, и связанный с ними травматизм. Для проверки данного допущения был осуществлен корреляционный анализ тесноты связи между рисками производственного травматизма и профзаболеваний различной этиологической природы (рисунок 4.24).

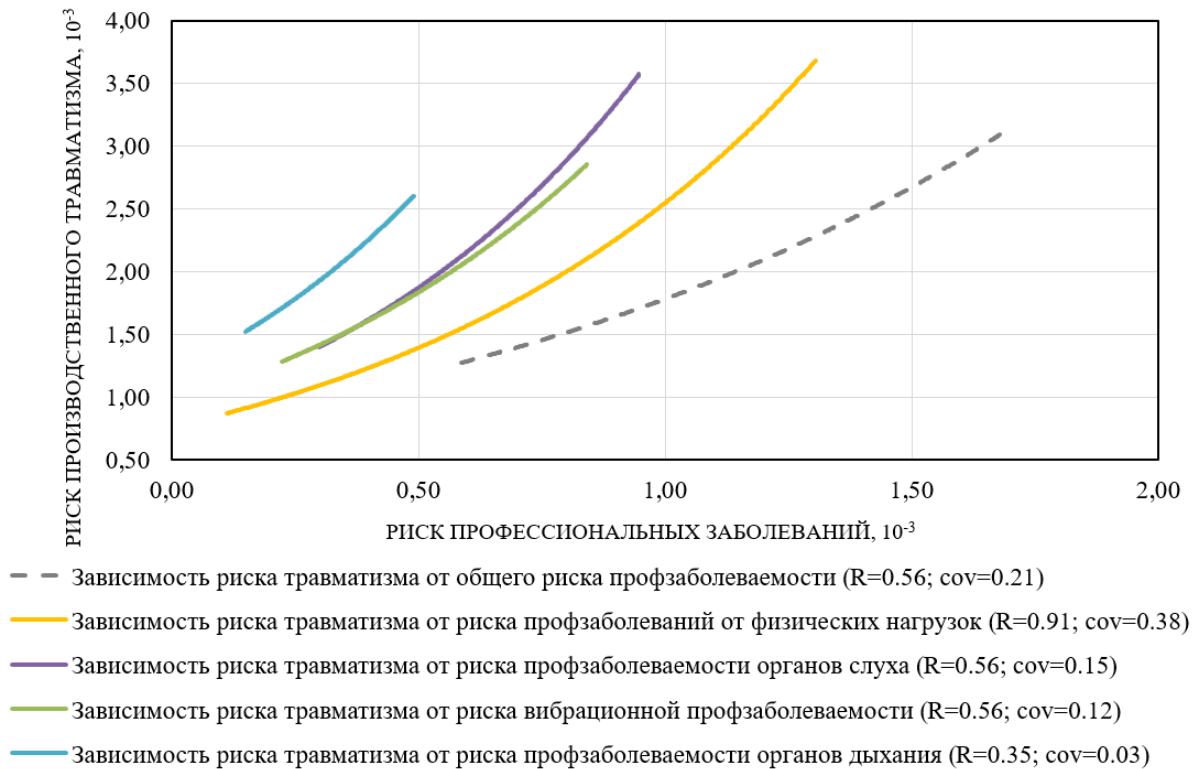


Рисунок 4.24 - Зависимость риска производственного травматизма от риска профессиональных заболеваний

(R – корреляционное отношение; cov – ковариация случайных величин)

Из графиков следует, что теснота связи между производственным травматизмом и профессиональными заболеваниями, зависит от их этиологической природы. При величине корреляционного отношения 0,56, характеризующим взаимосвязь между общими рисками травматизма и профзаболеваний, корреляционное отношения для риска травматизма и риска профзаболеваний от физических нагрузок, определяющих тяжесть труда, составляет 0,91. При этом, корреляционная связь остальных видов

профессиональных заболеваний с травматизмом более слабая (корреляционное отношение не более 0,56).

Между случайными величинами риска травматизма и профзаболеваний существует функциональная взаимосвязь и вероятностная (стохастическая) взаимосвязь, то есть при изменении одной случайной величины, другая случайная величина принимает соответствующее значение. В качестве одной из числовых характеристик стохастической взаимосвязи двух случайных величин вводится ковариация случайных величин. Таким образом, рассчитав ковариацию случайных величин между рисками травматизма и рисками профзаболеваний различной этиологической природы, можно отметить наиболее тесную связь между риском травматизма и риском профзаболеваемости от физических нагрузок ($\text{cov}=0,38$).

Сформулированный вывод свидетельствует о превалирующем влиянии на производственный травматизм тяжести труда, что дает возможность говорить о необходимости реализации адресных компенсационных мероприятий. Одним из таких мероприятий является промышленный экзоскелет, использование которого позволяет снизить нагрузку на опорно-двигательный аппарат человека, что приведет к уменьшению физических нагрузок и предотвращению травм

4.4 Исследование эффективности использования промышленного экзоскелета для снижения тяжести труда горнорабочих

На сегодняшний день на угольных шахтах существует множество мероприятий по уменьшению тяжести труда горнорабочих, связанных с оснащением основных технологических операций оборудованием с высоким уровнем механизации. Для проведения основного объема горных выработок используются проходческие комбайны, которые выполняют полный цикл работ, начиная с разрушения горной массы в сечении выработки и заканчивая её погрузкой на конвейер. Управление работой комбайна осуществляется с помощью пульта на самом комбайне или с дистанционного, радио- или проводного пульта.

Если необходимо проводить буровзрывные работы, бурение шпуров выполняется бурильными установками, установленными на манипуляторах проходческого комбайна или погрузочной машины. При очистной выемке угля с использованием системы разработки ДСО, используются высокомеханизированные комплексы современного технического уровня, которые минимизируют ручной труд. Управление работой оборудования осуществляется с помощью пультов на самом оборудовании или с помощью дистанционного управления, и часть управленческих функций может быть автоматизирована.

Транспортировка добытого угля и других материалов по горным выработкам полностью конвейеризована, используя скребковые и ленточные конвейеры. Для транспортировки материалов и оборудования также используются подвесные дизель-гидравлические локомотивы.

Для выполнения различных задач на шахте используются средства малой механизации, которые позволяют проводить вспомогательные операции, техническое обслуживание шахтного оборудования, ремонт горных выработок и горнотехнических сооружений. Технические службы шахты разрабатывают проекты производства работ на конкретных рабочих местах, в которых определяются допустимые нормы тяжести работ.

Несмотря на высокий уровень механизации труда в угольных шахтах, горнорабочие все еще сталкиваются с физическими перегрузками, связанными с выполнением различных задач, таких как установка и демонтаж оборудования, транспортировка материалов и оборудования, крепление горных выработок и т.д. В результате частых повторяющихся движений и неправильных поз горнорабочие могут страдать от профзаболеваний, таких как боли в спине, суставах и мышцах. Для уменьшения риска профзаболеваний необходимо проводить регулярные медицинские осмотры горнорабочих, обучать их правильным приемам работы и использованию средств защиты, а также осуществлять эргономический контроль рабочих мест.

Наиболее частыми физическими нагрузками являются поднятие груза с пола. Биомеханические исследования показывают, что процесс поднятия грузов характеризуется определенной последовательностью движений. Сначала человек принимает стартовую позицию, затем опускается к грузу, сгибая колени и тазовый сустав. Затем он берет груз, выпрямляя ноги и туловище, и поднимает его до нужной высоты. Во время поднятия груза человек использует мышцы ног, спины, брюшного пресса и рук. Каждая группа мышц выполняет свою функцию, при этом они совместно создают достаточную силу для поднятия груза. Однако, если груз слишком тяжелый или подъем происходит неправильно, это может привести к травмам и болезням опорно-двигательной системы. Поэтому важно придерживаться правил безопасности при подъеме грузов, таких как соблюдение правильной техники подъема.

Применение промышленных экзоскелетов на угольных шахтах может быть одним из способов снижения тяжести труда горнорабочих и предотвращения профессиональных заболеваний, связанных с физическими нагрузками. Экзоскелеты - это устройства, которые надеваются на тело человека и помогают уменьшить нагрузку на мышцы и суставы, снижая риск травм и перенапряжений.

Поскольку на подземный персонал действуют предельные физические нагрузки, которые приводят к производственным травмам и развитию профессиональных патологий, применение экзоскелетов позволит снизить нагрузку на позвоночник и ноги, принимая на себя 90% веса при подъеме груза до 60 кг, а также позволит распределить нагрузку по всему телу и поможет усилить физические возможности человека, тем самым снизив тяжесть труда и физические нагрузки человека. На сегодняшний день, экзоскелеты не нашли широкого применения в промышленности, в виду ограниченности выпуска и дороговизны, но они позволят облегчить физический труд рабочих и уменьшат риск производственного травматизма и дальнейшего развития профзаболеваний, что является важным аспектом безопасности труда. На данный момент времени, компания «Норникель» и его подразделение «Цифровая лаборатория» разрабатывают экзоскелеты промышленного назначения и проводят испытания на

производственной площадке «Норникеля», также компания «Воркутауголь» испытывает экзоскелеты опытного образца, но на постоянной основе ни на одном предприятии России не применяются экзоскелеты. Поэтому для развития АО «СУЭК-Кузбасс» предлагается внедрение экзоскелетов на шахты для снижения рисков профзаболеваний и производственного травматизма [75,97].

Стоит отметить, что профессиональные группы горный мастер и подземный электрослесарь на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» относятся к вредному классу условий труда 3.1 по показателю тяжести трудового процесса, а машинист подземной установки (МПУ), машинист горной выемочной машины (МГВП), горнорабочий очистного забоя (ГРОЗ), проходчик и горнорабочий подземный (ГРП) относятся к классу условий труда 3.2.

Промышленный экзоскелет представляет собой внешнюю механическую несущую конструкцию, которая крепится к телу человека с помощью манжет и предназначена для снижения нагрузки при выполнении производственных операций.

В настоящее время разрабатываются экзоскелеты для поднятия тяжестей, которые могут быть активными или пассивными и помогают снизить уровень усталости при выполнении монотонной работы по поднятию тяжестей до 90 кг. Применение таких экзоскелетов в различных отраслях промышленности, где условия труда по тяжести трудового процесса превышают нормативные значения, является современным мероприятием. В настоящее время доступны экономически выгодные промышленные экзоскелеты от отечественных производителей. Например экзоскелет X-Soft, разработанный и запатентованный российской компанией Exorise, внешний вид которого представлен на рисунке 4.25.



Рисунок 4.25 - Внешний вид экзоскелета компании Exorise X-Soft [60]

Принцип действия основан на свойствах эластомеров и рессор накапливать и отдавать энергию. Экзоскелет не требует дополнительных источников питания и работает благодаря усилиям пользователя, правильно распределяя нагрузку по телу при наклонах и поворотах с грузом и без него. Основные характеристики модели X-Soft:

- Легкий вес – 2,5 кг;
- Оптимальные эргономические свойства;
- Адаптивность к конкретной задаче;
- Возможность использования в течение длительного времени;
- Способствует правильному выполнению работ;
- Конструкция проста в эксплуатации и не стесняет движений.

Компания "Северсталь" приобрела первые 30 промышленных экзоскелетов, которые будут использоваться на Череповецком металлургическом комбинате (ЧерМК) и предприятии "Воркутауголь". Конструкция экзоскелета снижает нагрузку на позвоночник до 30% и способствует правильному выполнению физических работ. Экзоскелет X-Soft прост в эксплуатации, и его конструкция является более доступной, чем известные аналоги. Чтобы оценить эффективность экзоскелета X-Soft, было проведено добровольно-информированное участие 18 мужчин с различными антропометрическими характеристиками (рисунок 4.26).



Рисунок 4.26 - Исследование по использованию экзоскелета мужчинами с разными антропометрическими характеристиками

Группа испытуемых поднимала груз весом 40 кг в течение 1 минуты, как с использованием экзоскелета, так и без него, с последующим измерением частоты сердечных сокращений. Результаты показали, что использование экзоскелета увеличило количество поднятий тяжелого груза в среднем на 21% по сравнению с подъемом без использования экзоскелета (рисунок 4.27).

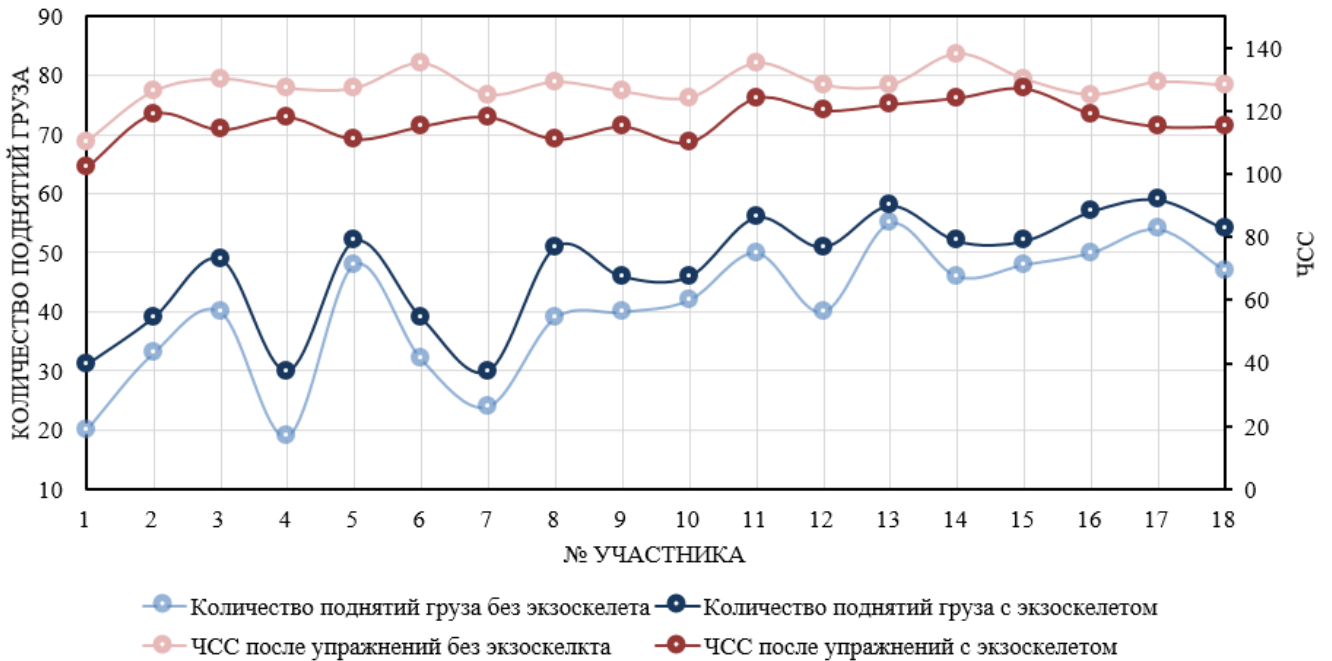


Рисунок 4.27 - Количество поднятий груза массой 40 кг и частота сердечных сокращений

После проведения эксперимента, участники опроса высоко оценили комфортность использования экзоскелета, менее выраженное утомление после физических нагрузок и отсутствие напряжения при выполнении поставленных задач по подъему груза с пола, что было подтверждено снижением частоты сердечных сокращений на 10% после физической нагрузки с использованием экзоскелета по сравнению с нагрузкой без него (таблица 4.3).

Таблица 4.3 - Характеристика субъективных ощущений респондентов (18 человек) при выполнении физических упражнений

Тип ощущения	Номера участника								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Удобство использования	96%	99%	85%	80%	65%	90%	62%	89%	95%
Отсутствие напряжения	70%	80%	75%	80%	70%	75%	75%	80%	60%
Менее выраженное утомление	75%	79%	70%	90%	80%	60%	65%	80%	80%

Продолжение таблицы 4.3

Тип ощущения	Номера участника								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Удобство использования	70%	65%	98%	90%	75%	80%	99%	95%	90%
Отсутствие напряжения	65%	70%	75%	70%	80%	65%	70%	75%	70%
Менее выраженное утомление	80%	70%	75%	80%	65%	70%	80%	75%	75%

Следующий этап эксперимента был посвящен изучению влияния антропометрических характеристик испытуемых на эффективность использования экзоскелета. Все участники были разделены на три весовые категории: менее 70 кг, 70-90 кг и более 90 кг. Результаты опроса показали, что у более тяжелой весовой категории испытуемых (90 кг и более) был замечен дискомфорт при использовании экзоскелета в связи с несоответствием размеров экзоскелета их антропометрическим характеристикам (рисунок 4.28). Однако, у испытуемых с меньшим весом этот дискомфорт не наблюдался. У исследуемых весовых категорий было зарегистрировано различное уменьшение частоты сердечных сокращений, величина которого сокращалась с ростом веса испытуемых, что также свидетельствует о снижении эффективности использования экзоскелета.

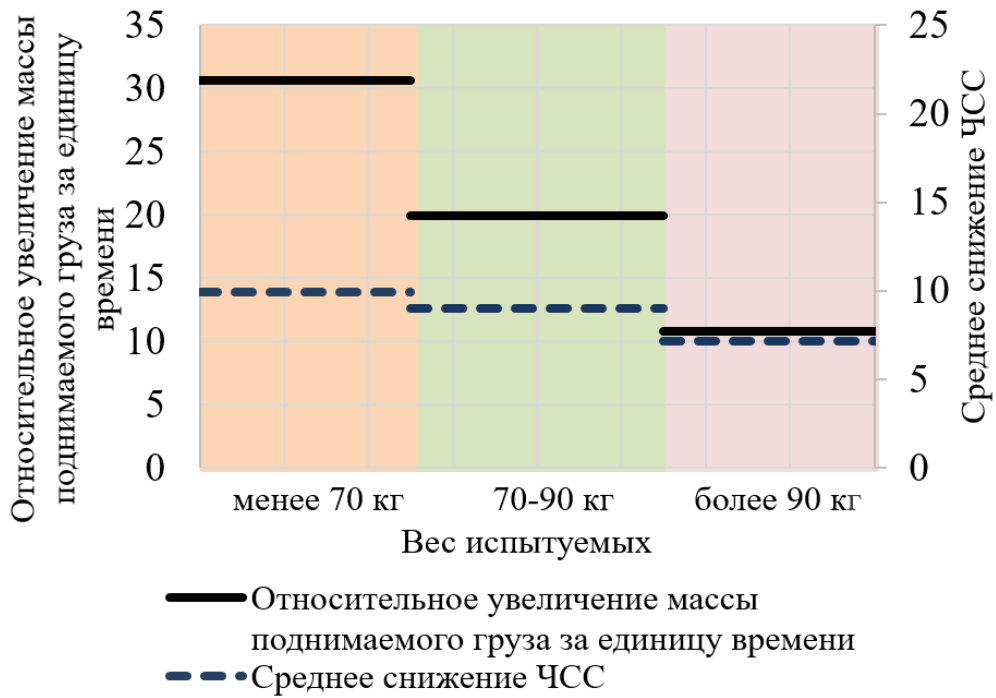


Рисунок 4.28 - Изменение показателей, характеризующих эффективность использования экзоскелета для различных весовых категорий испытуемых

Исходя из рисунка можно отметить, что у категории лиц с весом менее 70 кг относительное увеличение массы поднимаемого груза за единицу времени, т.е. среднее увеличение количества подъемов груза при использовании экзоскелета, составляет 30%, что является максимальным значением среди всех рассматриваемых весовых категорий. В то время как категория лиц с весом более 90 кг имеет наименьшее увеличение массы поднимаемого груза, равное 10%. Также у категории испытуемых с весом менее 70 кг было отмечено снижение среднего значения пульса на 11% при использовании экзоскелета при выполнении физических нагрузок.

Таким образом, рассматриваемая конструкция экзоскелета является наиболее эффективной для категорий лиц с весом менее 70 кг. Аналогичный анализ был проведен с учетом различных значений роста испытуемых, которые также были разделены на 3 категории: менее 170 см, 170-185 см и более 185 см (рисунок 4.29).

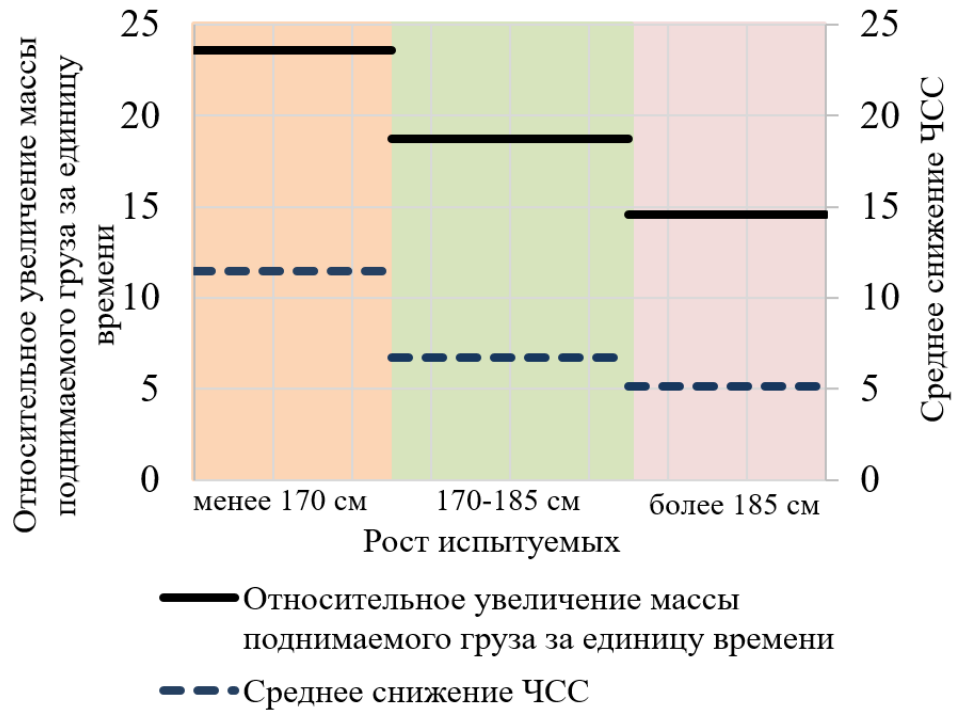


Рисунок 4.29 - Изменение показателей, характеризующих эффективность использования экзоскелета для различного роста испытуемых

Согласно данным на рисунке 4.29, наибольшее увеличение массы поднимаемого груза за единицу времени отмечается у категории людей с ростом менее 170 см и составляет 24% в сравнении с более высокими испытуемыми. Использование экзоскелета при подъеме тяжестей среди испытуемых привело к правильной фиксации осанки и снижению нагрузки на мышцы спины, что было подтверждено результатами опроса [54].

Оценку тяжести выполняемой физической работы можно осуществлять по комплексу физиологических показателей, таких как: частота сердечных сокращений, минутный объем дыхания, потребление кислорода, энергозатраты. При проведении исследования по эффективности использования экзоскелета особое внимание уделялось изменению частоты сердечных сокращений. В зависимости от категории изменения частоты сердечных сокращений можно выделить четыре группы: малые ($75-100 \text{ с}^{-1}$), умеренные ($101-120 \text{ с}^{-1}$), тяжелые ($121-150 \text{ с}^{-1}$) и очень тяжелые (более 150 с^{-1}) физические нагрузки. Таким образом, в среднем у 18 участников исследования без использования экзоскелета и с

использованием экзоскелета частота сердечных сокращений после выполнения физических нагрузок составила 128 с^{-1} и 117 с^{-1} соответственно, что относится к тяжелой и умеренной физической нагрузке.

Для оценки эффективности использования экзоскелета, рационально рассчитать коэффициент устойчивости вегетативной регуляции сердечного ритма, формула 4.3.

$$КУ = \frac{ЧСС_1}{ЧСС_2} \quad (4.3)$$

где $ЧСС_1$ – частота сердечных сокращений в покое, с^{-1}

$ЧСС_2$ – частота сердечных сокращений после физических нагрузок, с^{-1} .

Полученные результаты КУ участников при выполнении физических упражнений с использованием экзоскелета и без него, представлены на рисунке 4.30.

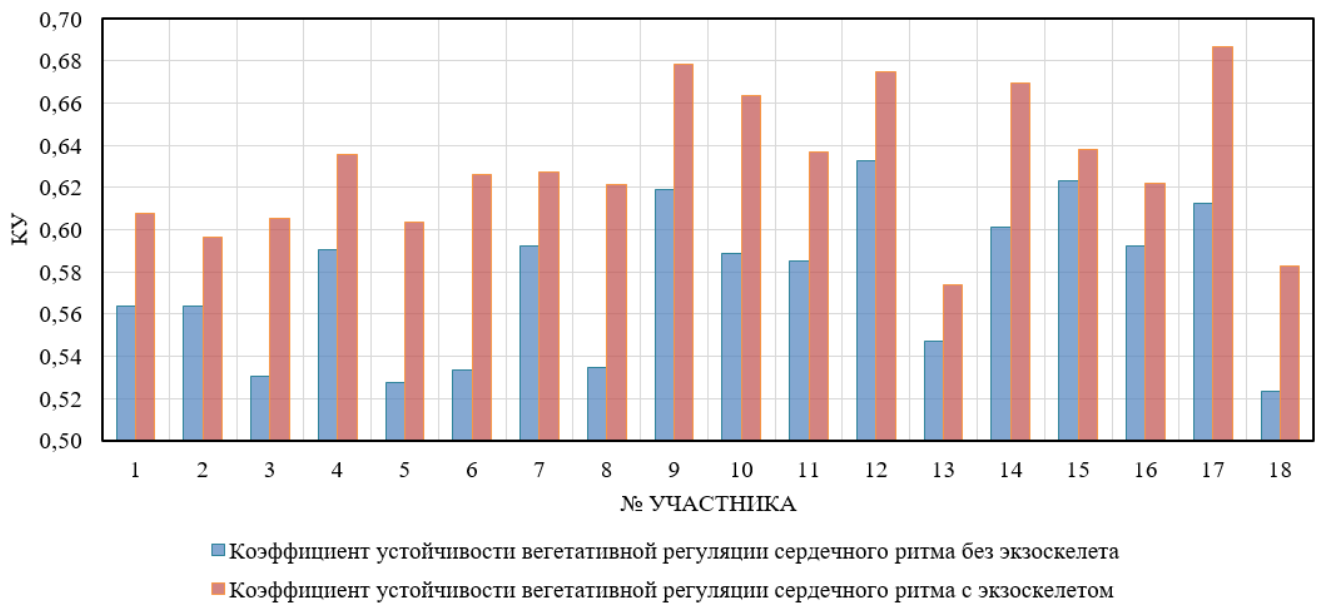


Рисунок 4.30 – Анализ коэффициентов устойчивости вегетативной регуляции сердечного ритма

На основе полученных значений, представленных на рисунке 4.30, можно сделать вывод, что использование экзоскелета увеличивает коэффициент устойчивости вегетативной регуляции сердечного ритма человека в условиях профессиональной деятельности.

Для сравнения двух рядов изменений коэффициентов устойчивости вегетативной регуляции сердечного ритма необходимо использовать Т-критерий

Уилкоксона (критерий Вилкоксона). Этот метод заключается в сопоставлении абсолютных величин сдвигов в каждом направлении. Сначала все абсолютные значения сдвигов ранжируются, затем ранги суммируются. Если сдвиги происходят случайно, то суммы их рангов будут примерно равны. Если сдвиги в одну сторону значительно превышают сдвиги в противоположную сторону, сумма рангов абсолютных значений сдвигов будет значительно ниже, чем при случайных изменениях. Т-критерий Уилкоксона для связанных выборок рассчитывается по формуле 4.4.

$$T = \sum Rr \quad (4.4)$$

где $\sum Rr$ - сумма рангов, соответствующих нетипичным изменениям показателя.

Далее полученное значение сравнивается с критическим по таблице для выбранного уровня статистической значимости и численности выборок. Если расчетное значение Т-критерия меньше табличного, то признается статистическая значимость изменений показателя в типичную сторону. Достоверность различий тем выше, чем меньше значение Т. Если Т-критерий больше табличного, принимается нулевая гипотеза об отсутствии статистической значимости изменений показателя [17].

По результатам анализа коэффициентов устойчивости вегетативной регуляции сердечного ритма было рассчитано значение Т-критерия Уилкоксона, которое составило 0,000196. Это доказывает статистически значимые различия в показателях частоты сердечных сокращений при использовании экзоскелета и без него ($p < 0,05$).

Таким образом, применение экзоскелета дает возможность уменьшить физиологическую цену деятельности человека примерно на 10%, что косвенно определяет аналогичное снижение тяжести труда горнорабочих и будет способствовать сокращению рисков профзаболеваний и травматизма.

Апробация данного экзоскелета также была проведена в военизированном горноспасательном пункте г. Санкт-Петербург ВГСО 21 (рисунок 4.31).



Рисунок 4.31 – Апробация экзоскелета в военизированном горноспасательном пункте г. Санкт-Петербург ВГСО 21

Горноспасателями было проведено 2 эксперимента: прохождение полосы препятствий и спасение человека с использованием экзоскелета. В результате чего было отмечено, что экзоскелет удобен в использовании и обеспечивает хорошую поддержку мышц спины, что позволяет снизить риск травматизма при выполнении физических упражнений.

Таким образом, использование экзоскелета имеет ряд преимуществ:

- Уменьшение нагрузки на мышцы и суставы. Экзоскелеты снижают нагрузку на мышцы и суставы при выполнении физических работ, что может снизить риск травматизма и усталости.

- Повышение работоспособности. Использование экзоскелета позволяет работникам выполнить больший объем физических работ за короткий период времени, что повышает их работоспособность и производительность.

- Уменьшение риска профессиональных заболеваний. Снижение нагрузки на тело работника может снизить риск профессиональных заболеваний, связанных с повторяющимися движениями и перегрузками мышц и суставов.

- Улучшение осанки. Экзоскелеты могут помочь поддерживать правильную осанку при выполнении физических работ, что может снизить риск развития болей в спине и других проблем со здоровьем.

- Снижение затрат компании. Использование экзоскелета может снизить затраты на здравоохранение, связанные с лечением профессиональных заболеваний и травм, вызванных физическими работами.

- Повышение безопасности. Экзоскелеты могут повысить безопасность работников при выполнении физических работ.

Стоит отметить, что для горнорабочих целесообразно осуществлять выбор промышленного экзоскелета в зависимости от его антропометрических характеристик, чтобы обеспечить оптимальную поддержку и разгрузку мышц и суставов в зависимости от индивидуальных особенностей телосложения.

Производители экзоскелетов обычно предлагают несколько размеров, отличающихся по объему грудной клетки, талии и бедер, а также по длине конечностей. При выборе экзоскелета необходимо учитывать не только размеры работника, но и тип выполняемой работы и характер физической нагрузки.

Важно также обращать внимание на наличие регулируемых элементов экзоскелета, таких как ремни и петли, которые позволяют настроить конструкцию на индивидуальные особенности работника. Кроме того, экзоскелет должен обеспечивать свободу движений и не ограничивать работника в выполнении своих задач.

Таким образом, для наибольшей эффективности использования экзоскелета при выполнении технологических операций горнорабочими, подбор промышленного экзоскелета должен осуществляться индивидуально для каждого работника с учетом его типоразмеров, типа выполняемой работы и индивидуальных особенностей телосложения.

Использование экзоскелетов в угольной отрасли, в том числе на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс», получает подтверждение своей целесообразности благодаря проводимым в настоящее время исследованиям их эффективности. Многие компании в настоящее время занимаются разработкой и тестированием

промышленных экзоскелетов с целью повышения производительности и безопасности работников при выполнении физических нагрузок. Одной из таких компаний является "Норникель", которая совместно с подразделением "Цифровая лаборатория" разрабатывает и тестирует экзоскелеты промышленного назначения. Они используются на предприятиях компании для уменьшения нагрузки на работников при выполнении тяжелых работ. Компания "Воркутауголь" также проводит испытания экзоскелетов опытного образца с целью повышения эффективности труда и снижения риска профессиональных заболеваний.

Кроме того, некоторые компании, такие как "Toyota" и "General Motors", уже давно используют экзоскелеты в производстве автомобилей для уменьшения риска травматизма при выполнении тяжелых и монотонных операций.

4.5 Выводы по главе 4

1. В АО «СУЭК-Кузбасс» при повышении объёмов добычи угля в период 2011-2021 годов на 14%, постоянное совершенствование охраны труда и промышленной безопасности привело к сокращению общего количества несчастных случаев в 5 раз. Но стоит отметить, что это уменьшение произошло лишь за счёт снижения лёгких несчастных случаев. Не смотря на большие инвестиции компании, вкладываемые на развитие охраны труда, травматизм, в частности смертельный, остается на прежнем уровне.

2. Корреляционные зависимости для рисков травматизма и профзаболеваний имеют индивидуальные коэффициенты регрессии, определяющие динамику снижения рисков этих видов травм за рассмотренный период, которые косвенно характеризуют эффективность функционирования системы охраны труда;

3. В структуре профессиональной заболеваемости в АО «СУЭК-Кузбасс», отмечается снижение абсолютных показателей на 56%. Наиболее частыми профессиональными заболеваниями являются заболевания от физических нагрузок, которые остро выражены у таких профессий, как проходчик и горнорабочий очистного забоя.

4. Доказана тесная связь между производственным травматизмом и профзаболеваниями от физических нагрузок, что подчеркивает необходимость принятия мер по сокращению тяжести труда горнорабочих.

5. В результате выполненных исследований установлена целесообразность применения промышленных экзоскелетов на шахтах АО «СУЭК», которые характеризуются высокими значениями риска профессиональных заболеваний, связанных с физическими нагрузками;

6. Применение экзоскелета дает возможность уменьшить физиологическую цену деятельности человека примерно на 10%, что косвенно определяет аналогичное снижение тяжести труда горнорабочих и будет способствовать сокращению рисков профзаболеваний и травматизма.

7. Эффективность использования экзоскелета определяется с антропологическими характеристиками пользователей, что требует индивидуального подхода к выбору типоразмеров экзоскелета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Снижение рисков производственного травматизма и профессиональных заболеваний на угольных шахтах является актуальной задачей, поскольку подземный персонал подвергается высоким рискам, вызванными тяжелыми условиями труда и воздействием вредных факторов производственной среды. Это не только создает угрозу жизни и здоровью работников, но и может привести к снижению производительности труда и прочих затрат для компаний. Поэтому снижение рисков производственного травматизма и профессиональных заболеваний на угольных шахтах является не только социально, но и экономически значимой задачей.

В диссертации обоснован комплексный показатель, объединяющий риски травматизма и профессиональных заболеваний, а также экономические ущербы, связанные с ними. На основе разработанного показателя представляется возможным осуществлять выбор управленческих решений по определению приоритетных направлений при планировании работ по охране труда для повышения безопасности труда компании.

По результатам работы сделаны следующие выводы:

1. На основе анализа рисков производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в угледобывающих регионах России была выявлена общая тенденция снижения этих рисков за последние 10 лет, с наиболее высокими значениями в Кемеровской области.

2. Связь между рисками травматизма и профессиональной заболеваемостью в Кемеровской области характеризуется линейной зависимостью, имеющей коэффициент корреляции 0,907, то есть, с течением времени, влияние профзаболеваний рабочих приводит к повышению риска производственного травматизма.

3. Совокупное воздействие вредных и опасных факторов на горнорабочих, может быть учтено с помощью интегрального риска травматизма и профзаболеваний, в структуру которого входят риски производственного

травматизма и профзаболеваний, а также фоновые риски рассматриваемого региона с учетом экономического ущерба от данных факторов.

4. Ранжирование угольных шахт по величине коэффициента, учитывающего сравнительную динамику интегрального риска травматизма и профзаболеваний, позволяет осуществлять выбор приоритетных направлений обеспечения безопасности труда в подразделениях компании.

5. В структуре интегрального риска травматизма и профзаболеваний основную долю занимают риски от производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, составляющие соответственно 46,6% и 21,2%.

6. При определении тесноты связи между рисками производственного травматизма и профзаболеваний различной этиологической природы при подземной добыче угля, было выявлено, что преобладающее влияние на производственный травматизм оказывает тяжесть труда.

7. Уменьшение рисков производственного травматизма на работах, связанных с высокой тяжестью труда, может быть достигнуто за счет сокращения риска профессиональной заболеваемости в результате использования экзоскелетов.

Дальнейшее развитие темы диссертации предполагает использование предложенной методологии адресной поддержки предприятий, входящих в состав компании, для рабочих участков каждой из них и конкретных профессий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян, С.А. Статистические исследования зависимостей / С.А. Айвазян. – М. : Metallurgia, 1968.- 227с.
2. Актуальные проблемы исследований в области наук о Земле и освоения минерально-сырьевых ресурсов / А. К. Карабанов, Р. Е. Айзберг, Р. Г. Гарецкий [и др.] // Природопользование. – 2012. – № 21. – С. 5-19.
3. Анализ травматизма работников, обусловленного трудовым стажем. Оценка рисков травматизма / Ю. М. Иванов, Н. В. Куракина, А. И. Фомин [и др.] // Уголь. – 2022. – № 2 (1151). – С. 37-40.
4. Анисимов, И. М. Современные проблемы охраны труда на производстве / И. М. Анисимов, А. И. Фомин // Вестник Научного центра по безопасности. – 2016. – №7. С. 113-120
5. Апарина, Н. Ф. К вопросу о традиционных профессиональных рисках угледобычи на угольных предприятиях Кемеровской области - Кузбасса / Н. Ф. Апарина // Уголь. – 2023. – № 2(1164). – С. 45-51.
6. Аршава, В. Г. Структурный системный подход анализа причин травматизма / В. Г. Аршава, Б. Д. Малов, Б. Д. Саралидзе // Безопасность труда в промышленности. - 2006. - № 11. - С. 4-6.
7. Балашова, Д. Д. Анализ отечественного и зарубежного опыта компенсаций при производственном травматизме и профессиональных заболеваниях / Д. Д. Балашова, Е. А. Кондакова, Е. М. Литвиновский, Е. А. Сорокина // Актуальные проблемы техносферной безопасности : сборник трудов III национальной научно-практической конференции РОАТ (Москва, 30–31 марта 2021 г.). – Москва: РОАТ ФГБОУ ВО МИИТ, 2021. – С. 8-15.
8. Баловцев, С. В. Анализ состояния безопасности в угольной промышленности России / С. В. Баловцев, О. В. Воробьева // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № S17. – С. 3-10.
9. Баловцев, С. В. Многофункциональные системы промышленной безопасности в угледобывающей отрасли / С. В. Баловцев, О. В. Воробьева // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 1. – С. 31-38.

10. Баловцев, С. В. Управление производственными рисками на угольных шахтах на основе ранжирования требований безопасности / С. В. Баловцев, О. В. Воробьева // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2016. – № 12. – С. 15-20.

11. Васильева, Е. В. Подходы к построению пенсионной системы: международный и российский опыт / Е. В. Васильева // Государственное управление. Электронный вестник. - 2020. - № 79. – С. 5-24.

12. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : Учебник для студентов высших технических учебных заведений / Е. С. Вентцель. – 12-е издание, стереотипное. – Москва : "Юстиция", 2018. – 658 с.

13. Вишняков, Я. Д. Общая теория рисков: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Я. Д. Вишняков, Н. Н. Радаев. – М.: Академия, 2008. – 368 с.

14. Галкин, А. В. Применение системы риск - мониторинга на промышленных предприятиях. Проблемы реструктуризации угледобывающих предприятий / А. В. Галкин, А. И. Ефимов // Тр. НИИОГР Вып. 2, Челябинск. 1997. - С. 84-87.

15. Гендлер, С. Г. Особенности формирования у подземного персонала угольных шахт устойчивых навыков безопасной работы на основе риск ориентированного подхода / С. Г. Гендлер, А. М. Гришина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – № 49. – С. 401-41

16. Гендлер, С. Г. Оценка влияния на профзаболеваемость и травматизм рабочих угольных шахт г. Воркуты техногенных и социально-экономических факторов / С. Г. Гендлер, Н. Н. Даль, Е. А. Кочеткова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 4. – С. 217-221.

17. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : Учебное пособие для вузов / В. Е. Гмурман, В. В. Гмурман, Т. В. Колосова. – 12-е изд.. – Москва : Издательство Юрайт, 2011. – 479 с.

18. ГОСТ 12.0.230.5-2018 «Система стандартов безопасности труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ» : введен 01.06.2019

19. Государственный доклад "О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году" [электронный ресурс]. - URL: <https://www.rosnedra.gov.ru/article/13930.html> (дата обращения 22.11.2022).

20. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Кемеровской области – Кузбассе в 2021 году» [электронный ресурс]. - URL: <https://42.rospotrebnadzor.ru/content/813/111647/> (дата обращения 09.08.2022).

21. Гридина, Е. Б. Актуальность комплексной оценки негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов на безопасность и здоровье трудящихся горнодобывающих компаний / Е. Б. Гридина, В. Ю. Гришин, З. Н. Черкай // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 7. – С. 431-436.

22. Гридина, Е. Б. Комплексный подход и реализация принципов обеспечения промышленной безопасности на горнодобывающих предприятиях / Е. Б. Гридина, В. Ю. Гришин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 7. – С. 437-443.

23. Даль, Н.Н. Повышение безопасности труда персонала угольных шахт г. Воркуты на основе учета экологических, социально-экономических и организационных факторов: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Даль Надежда Николаевна; Санкт-Петербургский государственный горный университет. - СПб, 2011. - 20 с.

24. Денисов, Э.И. Профессионально обусловленная заболеваемость: основы методологии / Э. И. Денисов, П. В. Чесалин // Медицина труда и промышленная экология. – 2006. – № 8. – С. 5–10.

25. Ивашев-Мусатов, О. С. Теория вероятностей и математическая статистика : Учебник и практикум / О. С. Ивашев-Мусатов. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2017. – 224 с.

26. Индекс персонального риска, как перспективный инструмент управления человеческим фактором в охране труда / М. В. Туманов, С. Г.

Гендлер, Е. И. Кабанов, В. А. Родионов, Е. А. Прохорова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 6-1. – С. 230-247.

27. История производственного травматизма и социального страхования в России / А. Н. Шабаров, Г. И. Коршунов, З. Н. Черкай [и др.] // Записки Горного института. – 2012. – Т. 197. – С. 262-267.

28. Кабанов, Е. И. Определение допустимого профессионального риска травмирования работников угледобывающих предприятий / Е. И. Кабанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 5. – С. 167-180.

29. Кабанов, Е. И. Совершенствование матричного метода оценки риска для решения задач управления охраной труда / Е. И. Кабанов, А. Н. Панькин, Г. И. Коршунов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 23. – С. 31-42.

30. Какаулин, С. П. Экономика безопасного труда.: учебно-практическое пособие. / С. П. Какаулин. – М. : Альфа-пресс, 2007. - 192 с.

31. Каледина, Н. О. Проблемы безопасности шахт / Н. О. Каледина, К. З. Ушаков // Уголь. – 2009. - № 1. – С. 59-61.

32. Килимиченко, О. П. Практика социального страхования в Германии / О. П. Килимиченко // Вестник государственного социального страхования. - 2001. - № 2. – С. 55-59.

33. Кирсанов, В. В. Прогнозирование производственного травматизма / В. В. Кирсанов // Безопасность труда в промышленности. – 2000. – №. 1. – С. 15-17.

34. Коршунов, Г. И. Радоновая опасность для населения и персонала угольных шахт Кузбасса / Г. И. Коршунов, Н. А. Мироненкова, Е. И. Кабанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 7. – С. 201-208.

35. Костеренко, В. Н. Анализ причин аварий с целью повышения эффективности системы управления безопасностью труда угледобывающих предприятий / В. Н. Костеренко, А. Н. Тимченко, О. В. Воробьева // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 12. – С. 194-199.

36. Кравчук, И. Л. Риск негативных событий, обусловленный нарушениями требований безопасности, и способ его снижения / И. Л. Кравчук, А. В. Смолин,

В. Ю. Гришин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 6-28. – С. 3-20.

37. Кравчук, И. Л. Экономический аспект управления производственным риском / И. Л. Кравчук, Е. М. Неволина, Ю. А. Емелин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 10. – С. 16-21.

38. Крамер, Г. Математические методы статистики / Г. Крамер. – Москва-Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2003. – 648 с.

39. Кусаинова, А. А. Особенности организации и управления социальным страхованием: передовой опыт и выявление проблем / А. А. Кусаинова, И. П. Герашенко // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2018. – № 3 (33). – С. 185-194.

40. Лавренчук, Е. Н. Риск-менеджмент и экономическая безопасность предприятия / Е. Н. Лавренчук, Ж. А. Мингалева // Российское предпринимательство. - 2010. - № 4-2. – С. 45-48.

41. Мамаев, Э. А. Социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний: законодательство зарубежных стран / Э. А. Мамаев // Закон и власть. – 2022. – № 4. – С. 59-62.

42. Мартынова, Н. А. Профессиональная заболеваемость шахтеров (обзор) / Н. А. Мартынова, В. В. Кислицына // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2017. – № 5 (72). – С. 46-52.

43. Маслова, Л. Ф. От риск-ориентированного подхода к нулевому травматизму / Л. Ф. Маслова // Вестник АПК Ставрополя. – 2021. – № 1 (41). – С. 15-18.

44. Многоуровневая модель состояния человеческого фактора для оценки профессионального риска / Е. В. Бакико, Е. Э. Мелещенко, Н. О. Зонова [и др.] // Вестник Научного центра. - 2022. - № 2. – С. 60-70.

45. Муллер, Н. В. Математическое моделирование и исследование производственных и социальных процессов на основе фрактального и вейвлет-анализа / Н. В. Муллер, С. В. Серый // Информатика и системы управления. – 2009. – № 3 (21). – С. 52-60.

46. Муллер, Н. В. Прогнозирование риска производственного травматизма методом вейвлет и фрактального анализа / Н. В. Муллер // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия. – 2009. – № 2 (68). – С. 146-154.

47. О механизме устранения повторяющихся нарушений требований безопасности на шахтах ОАО "СУЭК-Кузбасс" / Ю. М. Иванов, В. Ю. Гришин, Е. Е. Китляйн [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2013. – № 11. – С. 28-30.

48. Об утверждении значений основных показателей по видам экономической деятельности на 2022 год : Постановление ФСС РФ от 28.05.2021 N 17 : зарегистрировано в Минюсте России 29.06.2021 N 64021

49. Об утверждении Правил установления страхователям скидок и надбавок к страховым тарифам на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний : Постановление Правительства РФ от 30.05.2012 N 524 (ред. от 24.12.2022)

50. Об утверждении Правил финансового обеспечения предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний работников и санаторно-курортного лечения работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными производственными факторами : Приказ Минтруда России от 14.07.2021 N 467н (ред. от 15.12.2022) : зарегистрировано в Минюсте России 08.09.2021 N 64932

51. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья»: приказ Ростехнадзора от 03.09.2020 № 331. Министерство юстиции Российской Федерации. [электронный ресурс]. - URL:<https://minjust.consultant.ru/documents/24930> (дата обращения 12.04.2022).

52. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых»: приказ Ростехнадзора от 08.12.2020 № 505

[электронный ресурс]. - URL:<https://docs.cntd.ru/document/573156117> (дата обращения 12.04.2022).

53. Обоснование технических решений по снижению производственного травматизма в лавах угольных шахт / С. Г. Гендлер, В. В. Габов, Н. В. Бабырь, Е. А. Прохорова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 1. – С. 5-19.

54. Оценка перспектив использования промышленных экзоскелетов для снижения тяжести труда в угольной промышленности / С. Г. Гендлер, М. В. Туманов, Е. А. Прохорова, В. Г. Шехманов // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – № 4. – С. 209-222.

55. Павлов, А. Н. Вейвлет-анализ и примеры его применения / А. Н. Павлов // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. – 2009. – Т. 17, № 5. – С. 99-111.

56. Пиктушанская, Т. Е. Оценка апостериорного профессионального риска шахтеров-угольщиков / Т. Е. Пиктушанская // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 1. – С. 32-37.

57. Показатели производственного травматизма в мире, России и МЧС России в 2011–2020 гг. / В. И. Евдокимов, Е. В. Бобринев, А. А. Кондашов, В. С. Путин // Безопасность труда в промышленности. — 2022. - № 7. - С. 51–57.

58. Пособие по наблюдению за условиями труда на рабочем месте в промышленности. Система Элмери / Х. Лайтинен, П. Раса, Т. Ланкинен [и др.] // Хельсинки: Институт профессионального здравоохранения Финляндии. – 2000.

59. Программа для ЭВМ Программа для расчёта риска производственного травматизма / С.Г. Гендлер, А.С. Семенов, Е.А. Прохорова; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский горный университет. - № 2021612666; опубли. 20.02.2021. – 1 с.

60. Промышленный экзоскелет X-Soft [электронный ресурс]. - URL:<https://exorise.com/projects/x-soft.html> (дата обращения 17.10.2021).

61. Прохорова, Е.А. Особенности использования риск-ориентированного подхода для оценки эффективности управления системой

охраны труда в горнодобывающем секторе России / Е.А. Прохорова, И.Р. Фазылов // Неделя науки СПбПУ : материалы научной конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 18–23 ноября 2019 года / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Том Часть 3. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – С. 228-230.

62. Развитие риск-ориентированного подхода для выбора приоритетных направлений снижения производственного травматизма в АО "СУЭК-Кузбасс" / С. Г. Гендлер, Е. А. Прохорова, Л. Ю. Самаров, Д. О. Хомяков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – № 1. – С. 64-76.

63. Разработка методики оценки рисков аварий на угольных шахтах с учетом конкретных горно-геологических условий / Г. И. Коршунов, О. И. Казанин, М. Л. Рудаков [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень – 2017. – № 5-1. – С. 374-382.

64. Раимов, А. И. Метод «галстук-бабочка» и его применение при оценке рисков / А. И. Раимов, Н. Г. Николаева, В. Ф. Сопин // Компетентность. – 2020. – №. 3. – С. 48-53.

65. Риск-ориентированный подход как инструмент повышения качества подготовки и развития персонала АО "СУЭК-Кузбасс" / В. В. Смирняков, А. П. Каргополова, В. В. Смирнякова [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 6-1. – С. 214-229.

66. Роль человеческого фактора в происхождении и предотвращении аварий и травм на горнодобывающих предприятиях / В. Б. Артемьев, Г. П. Ермак, В. А. Галкин [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2022. – № 11. – С. 79-84.

67. Российская Федерация. Законы. О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний на 2006 год : Федеральный закон от 22.12.2005 N 179-ФЗ (с изм. от 19.12.2022)

68. Российская Федерация. Законы. О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов : Федеральный закон от 21 декабря 2021 г. N 413-ФЗ

69. Российская Федерация. Законы. Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний : Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ (ред. от 21.11.2022) : вступ. в силу с 01.01.2023 г.

70. Рудаков, М. Л. Корпоративные программы "ноль несчастных случаев" как элемент стратегического планирования в области охраны труда для угледобывающих предприятий / М. Л. Рудаков // Записки Горного института. – 2016. – Т. 219. – С. 465-471.

71. Самаров, Л. Ю. Обоснование системы показателей для оценки производственного травматизма в вертикально-интегрированных угольных компаниях: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Самаров Леонид Юрьевич; Санкт-Петербургский горный университет. – СПб, 2016 – 120 с.

72. Сердюк, В. С. Экономика безопасности труда. / В. С. Сердюк, Е. В. Бакико - Омск: Издательство ОмГТУ, 2011. – 160 с.

73. Смолин, А. В. Риск-ориентированный подход к контролю нарушений требований безопасности на угледобывающих предприятиях / А. В. Смолин, Е. М. Неволлина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 37. – С. 176-182.

74. Снижение производственного травматизма, как следствие повышения культуры промышленной безопасности (на примере ОАО "СУЭК") / И. В. Курта, Г. М. Коршунов, С. М. Скударнов, С. В. Ковшов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 2-5. – С. 48-53.

75. Совершенствование медико-профилактических мероприятий по охране труда / Г. И. Коршунов, А. Н. Никулин, А. Ф. Романов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 7. – С. 382-388.

76. СУЭК на пути к "нулевому травматизму" / В. Б. Артемьев, В. В. Лисовский, Г. М. Циношкин, И. Л. Кравчук // Уголь. – 2018. – № 8 (1109). – С. 71-75.

77. СУЭК-Кузбасс [электронный ресурс] – URL:<http://suek-kuzbass.ru/> (дата обращения 21.07.2022)

78. Тодрадзе, К. Н. Важнейшие всемирные мероприятия по охране труда с активным участием НАЦОТ и Кузбасс-ЦОТ / К. Н. Тодрадзе, С. П. Ворошилов, Н. Н. Новиков // Безопасность и охрана труда. – 2021. – № 2 (87). – С. 5-8

79. Травматизм на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» и его причины / Г. И. Коршунов, Р. С. Истомир, И. В. Курта, М. А. Логинов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 6. – С. 18-20.

80. Угольные шахты Кемеровской области [электронный ресурс]. - URL: <https://energybase.ru/region/kemerovskaya-oblast/coal-mines> (дата обращения 25.09.2022).

81. Фалова, Е. С. разработка метода оценки производственного травматизма и профессиональной заболеваемости для горнодобывающей промышленности крайнего севера на основе риск-ориентированного подхода: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Фалова Екатерина Сергеевна; Санкт-Петербургский государственный горный университет. – СПб., 2020. – 115 с.

82. Фалькова, Г. Н. Геоэкологические проблемы угледобывающих регионов и пути их решения на примере Кузбасса: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Фалькова Галина Николаевна ; – Москва., 2005 – 208 с.

83. Федеральная служба государственной статистики [электронный ресурс]. - URL https://rosstat.gov.ru/%20working_conditions?print=1 (дата обращения 22.11.2022).

84. Федеральная служба по труду и занятости [электронный ресурс]. - URL: <https://rostrud.gov.ru/> (дата обращения 17.08.2022).

85. Федорец, А. Г. "Охрана труда" и "безопасность труда" в системах управления / А. Г. Федорец // – 2016. – № 2 (67). – С. 58-63.
86. Федорец, А. Г. Менеджмент техносферной безопасности : Учебное пособие / А. Г. Федорец. – М. : АНО "ИБТ", 2016. – 596 с.
87. Федоров, П. М. Охрана труда, 4-е Издание / П. М. Федоров. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 156 с.
88. Фёристер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Фёристер, Б. Рёну – М. : Финансы и статистика, 1983. – 302 с.
89. Фишер, Р. А. Статистические методы для исследователей / Р. А. Фишер. – М. : Госстатиздат, 1958. - 267 с.
90. Фомин, А. И. Исследование затрат, связанных с несчастными случаями / А. И. Фомин, А. Ф. Павлов, М. Н. Халявина // Безопасность труда в промышленности. – 2019. – № 10. – С. 20-27.
91. Фомин, А. И. Мониторинг состояния условий труда и профессиональных рисков в отраслях экономики Кузбасса / А. И. Фомин, Н. С. Михайлова, Е. А. Волгина, Е. А. Заволокина // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2022 : сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции (Кемерово, 23–24 ноября 2022 г.) / Редколлегия: А.А. Хорешок (отв. редактор), А.И. Фомин [и др.]. – Кемерово: КузГТУ, 2022. – С. 609.1-609.6.
92. Фонд социального страхования Российской Федерации [электронный ресурс]. - URL:<https://sfr.gov.ru> (дата обращения 19.01.2023).
93. Харман, Г. Современный факторный анализ / Г. Харман. – М. : Статистика, 1972. - 489 с.
94. Хорошилова, Л. С. К вопросу о профессиональной заболеваемости населения Кузбасса в 2005 - 2010 годах / Л. С. Хорошилова, Л. М. Табакаева, Л. Е. Скалзубова // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2012. – № 2(50). – С. 194-197.

95. Шаклеин, С. В. Концепция развития сырьевой базы Кузнецкого угольного бассейна / С. В. Шаклеин, М. В. Писаренко // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 3. – С. 118-125.

96. Шакурова, М. М. Концепция "Нулевой травматизм" - основа инновационных технологий на пути к наивысшей безопасности в промышленности / М. М. Шакурова // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. - 2022. – № 2. – С. 90-95.

97. Шевченко, Л. А. Подход к оценке результативности работы персонала угледобывающего предприятия по предотвращению нарушений требований безопасности /Л. И. Шевченко, В. Ю. Гришин // Вестник КузГТУ. – 2016. – № 5. - С. 123 - 131.

98. A comparative study of coal mine safety performance indicators in china and the USA / A. Nieto, Y. Gao, L. Grayson, G. Fu // International Journal of Mining and Mineral Engineering. – 2014. - № 5(4). – P. 299-314.

99. A review on existing opencast coal mining methods within Australia / B. Scott, P. G. Ranjith, S. K. Choi, M. Khandelwal // Journal of Mining Science. – 2010. - № 46 (3). – P. 280-297.

100. Application of China's CCUS environmental risk assessment technical guidelines (exposure draft) to the Shenhua CCS project / Q. Li, X. Li, G. Liu [et al.] // Energy Procedia. – 2017. -№ 114. – P. 4270-4278.

101. Canadian centre for Occupational Health and Safety [электронный ресурс]. - URL:https://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/risk_assessment.html (дата обращения 15.01.2021).

102. Canadian centre for Occupational Health and Safety [электронный ресурс]. - URL:https://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/sample_risk.html (дата обращения 15.01.2021).

103. Eurostat Statistics Explained [электронный ресурс]. - URL:https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents_at_work_statistics (дата обращения 20.03.2021).

104. Friedman, L. S. Injuries associated with long working hours among employees in the US mining industry: Risk factors and adverse outcomes / L. S. Friedman, K. S. Almborg, R. A. Cohen. // Occupational and Environmental Medicine. – 2019. - № 76 (6). - P. 389-395.

105. **Gendler, S. G. Assessment of the cumulative impact of occupational injuries and diseases on the state of labor protection in the coal industry / S. Gendler, E. Prokhorova // Mining Informational and Analytical Bulletin. – 2022. – № 10-2. – P. 105-116.**

106. Gendler, S. Optimization of expenditures for labor protection at deep mining / S. Gendler, A. Grishina, E. Kochetkova // Eurasian Mining. – 2017. – № 2. – P. 35-39.

107. **Gendler, S. Risk-based methodology for determining priority directions for improving occupational safety in the mining industry of the arctic zone / S. Gendler, E. Prokhorova // Resources. – 2021. – Vol. 10, No. 3. – P. 1-14.**

108. Major hazard risk indicators for monitoring of trends in the Norwegian offshore petroleum sector / J. E. Vinnem, T. Aven, T. Husebo [et al.] // Reliability Engineering & System Safety. - 2006. - № 91 (7). - P. 778-791.

109. Mining Association of Canada [электронный ресурс]. - URL:<https://mining.ca/our-focus/regulatory-effectiveness/> (дата обращения 22.11.2022).

110. Mishra, R. K. Guidelines to design the scope of a geotechnical risk assessment for underground mines / R. K. Mishra, M. Rinne // Journal of Mining Science. – 2014. – № 50. – С. 745-756.

111. Occupational safety and health in Spain / A. Sese, A. L. Palmer, B. Cajal [et al.] // Journal of Safety Research. - 2002. - № 33 (4). – P. 511-525.

112. **Prokhorova, E.A. Assessment of the state of labor protection at the mines of SUEK-Kuzbass JSC / E.A. Prokhorova, S.G. Gendler // Topical Issues of Rational Use of Natural Resources : Scientific conference abstracts, St Petersburg, 2020. – P. 325-326.**

113. Risk Management Techniques HAZOP & HAZID Study / N. A. Siddiqui, A. Nandan, M. Sharma, A. Srivastava // International journal on occupational health & safety, fire & environment – Allied science. – 2014. - № 1. - P. 5–8.

114. RISKGATE: Promoting and redefining best practice for risk management in the Australian coal industry / P. Kirsch, S. Goater, J. Harris [et al.] // 12th Coal Operators' Conference, University of Wollongong & The Australasian Institute of Mining and Metallurgy. -2012. - P. 315-325.

115. Rudakov, M. Assessment of the individual risk of fatal injury to coal mine workers during collapses / M. Rudakov, E. Rabota, K. Kolvakh // Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk. – 2020. – № 4. – P. 88-93.

116. Vision zero concept as a tool for the effective occupational safety management system formation in JSC “SUEK-Kuzbass” / V. Smirniakova, V. Smirniakov, Y. Almosova, A. Kargopolova // Sustainability. – 2021. – №. 11 (13). – C. 6335.

117. Wadsworth, E. Safety and health at the heart of the future of work: Building on 100 years of experience / E. Wadsworth, D. Walters. - Geneva: International Labour Office, 2019. - 82 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Акт внедрения результатов диссертационной работы на производственном объекте



Директор

Директор ш/у Комсомолец

_____ А.С. Агафонов

« 13 » февраля 2023 г.

АКТ

об использовании результатов
кандидатской диссертации
Прохоровой Елизаветы Александровны
по научной специальности 2.10.3. Безопасность труда

Специальная комиссия АО «СУЭК» в составе:

Председатель:

Председатель комиссии:

Сметанин В.С. - Директор по производственной безопасности АО «СУЭК-Кузбасс»

Члены комиссии:

Никитюк В.П. - Зам. директора по ПКиОТ

Мосиевский А.А. - Главный инженер ш/у Комсомолец

составили настоящий акт о том, что результаты диссертации на тему «Обоснование приоритетных направлений снижения производственного травматизма и профессиональных заболеваний в угольной отрасли на основе риск-ориентированного подхода», представленной на соискание ученой степени кандидата наук, использованы в производственной деятельности АО «СУЭК» для повышения эффективности системы управления охраной труда.

Обоснованный в диссертации научно-методический подход, основанный на риск - анализе, даёт возможность осуществлять выбор приоритетных направлений снижения производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Председатель комиссии:

Директор по производственной безопасности АО «СУЭК-Кузбасс»

Сметанин В.С.

Члены комиссии:

Зам. директора по ПКиОТ

Никитюк В.П.

Главный инженер ш/у Комсомолец

Мосиевский А.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021612666

Программа для расчета риска производственного
травматизма

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Гендлер Семен Григорьевич (RU), Семёнов
Александр Сергеевич (RU), Прохорова Елизавета
Александровна (RU)*

Заявка № 2021611310

Дата поступления 09 февраля 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 20 февраля 2021 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев