

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

На правах рукописи

ОБОЖИНА ЕЛЕНА ПЕТРОВНА

**ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ
НА ПЕРСОНАЛ РАЗРЕЗОВ КРИОЛИТОЗОНЫ**

Специальность 05.26.01 – Охрана труда (в горной промышленности)

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор,
А.Ф. Галкин

Санкт-Петербург – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	9
1.1 Пылевая обстановка рабочей зоны.....	9
1.1.1 Источники пылевыделения	9
1.1.2 Влияние пыли на человека	12
1.1.3 Нормирование пылевой нагрузки.....	17
1.2 Исследование фракционного состава пыли в воздухе рабочей зоны	22
1.3 Анализ способов и средств снижения пылевой нагрузки на работников	32
1.4 Выводы к первой главе	40
ГЛАВА 2 ЭКСПЕРТНЫЙ АНАЛИЗ ГОДОВОЙ ВАРИАТИВНОСТИ ТРУДА ПО ПЫЛЕВОМУ ФАКТОРУ	43
2.1 Оценка вредных производственных факторов методом ранжирования	43
2.2 Разработка анкеты для экспертизы	44
2.3 Ранжирование факторов	45
2.4 Анализ ранжирования.....	70
2.5 Выводы ко второй главе	71
ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ПЫЛИ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ КРИОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ.....	73
3.1 Исследование фракционного состава пыли в воздухе рабочей зоны.....	74
3.2 Планирование и проведение эксперимента.....	76
3.3 Методика и оборудование для проведения эксперимента.....	78
3.4 Анализ данных лабораторных исследований.....	79
3.5 Выводы к третьей главе	84
ГЛАВА 4 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	87
4.1 Метод расчета пылевой нагрузки	87
4.2 Энергетические затраты работника при выполнении работ различной тяжести.....	89
4.3 Разработка метода расчета пылевой нагрузки	94
4.4 Выводы к четвертой главе.....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	106
ПРИЛОЖЕНИЕ А	123
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	127

ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация является одним из мировых лидеров по производству угля. В ее недрах сосредоточена треть мировых ресурсов угля и пятая часть разведанных запасов – 193,3 млрд. тонн из них 101,2 млрд. тонн бурого угля, 85,3 млрд. тонн каменного угля (в т.ч. 39,8 млрд. тонн коксующегося) и 6,8 млрд. тонн антрацитов [120].

Добыча угля в России за 2014 год составила 358,2 млн. тонн: из них открытым способом – 252,9 млн. тонн (70,6% от общей добычи по России). По сравнению с 2013 годом добыча угля увеличилась на 2,1 млн. тонн [120].

По состоянию на 2015 год на территории Российской Федерации действует 182 угледобывающих предприятия (73 шахты и 109 разрезов), общая годовая производственная мощность которых составляет порядка 400 млн. тонн [120].

К числу крупнейших угольных компаний страны (по показателям добычи угля за 2013 г.) относятся: ОАО «СУЭК», ОАО УК «Кузбассразрезуголь», ОАО ХК «СДС-Уголь», ООО «Компания «Востсибоуголь», ОАО УК «Южный Кузбасс», ОАО ОУК «Южкузбассуголь», ОАО «ХК «Якутуголь», ОАО «Распадская».

С увеличением роста производительности угольных предприятий, повышается число выбросов пыли в атмосферу карьеров, что ведет к увеличению негативной пылевой нагрузки, как на окружающую среду, так и на горнорабочих.

На большинстве угольных предприятий концентрации пыли при бурении, погрузке и транспортировании угля превышают ПДК в воздухе рабочей зоны от 2 до 80 раз [102]. Это говорит о низкой эффективности мер, направленных на борьбу с пылью.

Актуальность темы исследований. Негативное воздействие на работников суровых природно-климатических условий, характерных для северных регионов, является одной из основных причин производственно-обусловленной заболеваемости. Известно, что в условиях низких отрицательных температур не только увеличиваются энергетические затраты работников, но и изменяется

процесс пылеобразования, а пылевая нагрузка носит нестационарный характер в течение года.

При нормировании производственных процессов, изменение уровня пылеобразования и энергетических затрат работников на оценку пылевой нагрузки в течение годового цикла на разрезах Севера не учитываются, что приводит к заниженной оценке воздействия пылевого фактора на работников. В Российской Федерации нормирование запыленности воздушной среды ведется по общему уровню содержания пыли без учета фракционного состава пыли.

Проблемами пылеобразования и пылеподавления, в том числе при отрицательных температурах окружающего воздуха, занимались такие ученые как: В.В. Кудряшов [73, 74, 75], Ю.В. Шувалов [13, 14, 15, 137], Е.Н. Чемезов [133], М.Т. Осодоев [93], А.И. Божедонов, Н.З. Битколов [4, 10, 89], С.Б. Романченко [105], Н.Г. Пирамидина [97, 98, 99], К. Лебецки [147], Р. Уайтлоу-Грей [125] и др.

Шувалов Ю.В. занимался исследованием борьбы с пылью на карьерах по добыче строительных материалов, исследовал конструирование систем безопасности с максимальным использованием тепловых эффектов фазовых переходов, а также занимался разработкой средств индивидуальной защиты органов дыхания в условиях низких отрицательных температур. Видгорчик Е.А. исследовал опасную для дыхания пыль и совершенствование средств индивидуальной защиты органов дыхания, Чемезов Е.Н. выявил влияние отрицательных температур на пылеобразование известняка. Кудряшов В.В. установил и экспериментально подтвердил факт увеличения выхода пыли при разрушении горных пород, подвергшихся циклическому процессу промерзания-оттаивания. При этом автором не рассматривалось влияние циклов промерзания-оттаивания на фракционный состав пыли, а также количество циклов. Аналогичные исследования приведены в работах Романченко С.Б. и Руденко Ю.Ф., где установлено, что с понижением температуры воздуха (исследовался диапазон от -25 до -50 °С), интенсивность пылеобразования при разработке горных пород возрастает. При этом исследовался и фракционный

состав пыли, но влияние влажности и цикличности на количество и фракционный состав пыли не рассматривалось.

Однако, в проведенных в настоящее время исследованиях, недостаточно изученными являются вопросы, связанные с образованием респирабельной угольной пыли при различных температурах наружного воздуха, характерных для разрезов криолитозоны, а также учет вариативности пылевой нагрузки от тяжести выполняемой работы в течение года.

Неточное определение пылевой нагрузки и не учет отдельных факторов, которые являются определяющими при оценке пылевой нагрузки, приводит к неправильному выбору способов и средств пылеподавления и, как следствие, к возникновению производственно-обусловленных легочных заболеваний. Поэтому исследования, направленные на совершенствование методики оценки пылевой нагрузки, учитывающей специфику работы на угольных разрезах криолитозоны, являются актуальными.

Цель работы. Обоснование целесообразности и разработка метода оценки пылевой нагрузки на персонал угольных разрезов криолитозоны, учитывающего вариативность основных факторов в течение годового производственного цикла.

Идея работы. Снижение производственно-обусловленных заболеваний, вызванных промышленными аэрозолями, может быть достигнуто за счет учета вариативности пылеобразования, фракционного состава пыли и тяжести выполняемых работ в течение годового производственного цикла.

Основные задачи исследований:

1. Анализ отечественного и мирового опыта по оценке влияния пылевого фактора на работников при ведении открытых горных работ, в том числе на угольных разрезах криолитозоны.
2. Выявление с помощью экспертного анализа определяющих факторов, оказывающих влияние на тяжесть выполняемых работ и пылевую нагрузку работников угольных разрезов криолитозоны.
3. Исследование фракционного состава и количества угольной пыли, образующейся при циклических криогенных воздействиях.

4. Обоснование и разработка метода расчета пылевой нагрузки, учитывающего годовую вариативность: тяжести труда, количества и фракционного состава поглощаемой пыли.

Научная новизна:

- Установлена зависимость увеличения выхода респирабельной фракции пыли на 10-25% от циклических криогенных воздействий, при этом меняется форма частиц и возрастает число граней (вершин) мелких частиц в 2,5 раза.

- Установлена зависимость пылевой нагрузки на горнорабочих от температуры воздуха с учетом ее вариативности в течение года и выявлен рост пылевой нагрузки в 1,5-2 раза с понижением температуры для характерных климатических условий разрезов криолитозоны.

Основные защищаемые положения.

1. Определение основных вредных факторов, оказывающих влияние на рабочих угольных разрезов криолитозоны должно проводиться на основе экспертной оценки результатов раздельного идентичного анкетирования профильных групп: научных сотрудников, инженерного персонала, рабочих горнодобывающих предприятий.

2. Периодическое криогенное воздействие вызывает изменение фракционного состава образующейся пыли, причем выход респирабельных частиц увеличивается на 10-25%, а число граней (вершин) частиц для проб угля марки Д увеличивается в 2,5 раза.

3. Оценка пылевой нагрузки на работников угольных разрезов криолитозоны должна осуществляться с учетом годовой вариативности определяющих факторов: уровня пылеобразования, фракционного состава респирабельной пыли, тяжести труда.

Методы исследований. Работа выполнена с использованием комплексного метода исследований, включающего: анализ и обобщение литературных данных о пылевой нагрузке работников; экспертный анализ факторов, оказывающих влияние на условия труда; оценку вредных производственных факторов методом ранжирования; экспериментальные исследования пылеобразования угля в

лабораторных условиях, для регистрации которых был использован метод лазерной дифракции.

Достоверность результатов исследований обеспечивается применением современных методов исследований и аппаратуры, поддерживаемых соответствующим метрологическим обеспечением проведения измерений, согласованностью данных общих исследований с опубликованными результатами отдельных исследований, апробацией полученных результатов на международных и всероссийских конференциях.

Практическая значимость работы. Разработан метод оценки пылевой нагрузки, позволяющий учесть факторы, оказывающие определяющее влияние на суммарную пылевую нагрузку работников.

Реализация результатов работы. Разработанный метод для оценки пылевой нагрузки может быть использован на разрезах криолитозоны, а также в учебном процессе Горного университета при изучении дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

Личный вклад автора:

- анализ процессов пылеобразования на открытых горных работах и влияния пылевого фактора на здоровье рабочих, а также методов исследования дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны;
- разработка анкеты для экспертизы, проведение экспертного анализа и оценка влияния основных факторов на уровень пылевой нагрузки;
- проведение лабораторных исследований по изучению циклических криогенных воздействий на фракционный состав угольной пыли;
- разработка метода оценки пылевой нагрузки и районирование основных горнодобывающих регионов РФ по ожидаемой пылевой нагрузке.

Апробация работы. Результаты исследований и основные положения диссертационной работы, как в целом, так и результаты отдельных этапов, обсуждались и были одобрены научной общественностью на международных научно-практических конференциях (Международный форум-конкурс молодых ученых, 2013 г.; Международный форум-конкурс молодых ученых, 2014 г.;

«Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке», 2014; SGEM, 2017г.), а также семинарах кафедры безопасности производств Санкт-Петербургского горного университета.

Публикации. Основные результаты диссертационной работы содержатся в 4 научных статьях в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, в том числе 1 публикация в издании, индексируемом в базе Scopus.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 127 страницах машинописного текста, содержит 31 рисунок, 28 таблиц, список литературы из 155 наименований.

ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Пылевая обстановка рабочей зоны

Пылевая обстановка на промышленных предприятиях может рассматриваться в узком и широком смыслах. В узком смысле, как правило, понятие пылевой обстановки применяется только для рабочей зоны и охватывает такие характеристики, как концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, физико-химические свойства пыли, дисперсный состав, пылевой баланс для изолированных помещений в целом и важную его составляющую, как мощность пылевыведений от технологического оборудования в рабочую зону. Также в понятие пылевой обстановки могут быть включены методы и средства обеспыливания, пылеудаления, пылеподавления и пр. В широком смысле пылевая обстановка, кроме указанных категорий, включает в себя мощность пылевых выбросов в атмосферу и эффективность пылеочистных устройств [1].

Неблагоприятная пылевая обстановка является характерной чертой предприятий угледобывающей промышленности в связи с высокой запыленностью рабочей зоны, нерациональным использованием методов пылеподавления, неэффективными средствами индивидуальной защиты и т.д.

1.1.1 Источники пылевыведения

Пылеобразование в шахтах происходит при разрушении и измельчении горного массива, погрузке и транспортировке угольной массы, ремонтных работах. Высокий уровень запыленности рабочей зоны зависит от таких факторов как, горно-геологические условия, крепость угля, водообильность шахт, условия залегания пласта, способ выемки угля и способ его транспортировки [26]. Вследствие этих причин запыленность воздуха в подземных условиях может составлять от 25 до 360 мг/м³. Высокую степень пылевыведения особенно определяют действующие врубовые машины, проходческие и очистные комбайны, очистные комплексы. В рабочей зоне машинистов комбайнов и машинистов крепи очистных комплексов концентрация пыли может достигать десятков, сотен миллиграмм (мг) в 1 м³ [106].

Пылевая обстановка разреза в целом и его отдельных участков в значительной степени зависит от наличия, состава и характера движущихся воздушных потоков, которые в основном определяют количество приносимых, возникающих и выносимых из разреза вредных веществ, а иногда могут быть причиной интенсивного пылеобразования [17, 81, 82]. Также запыленность воздуха на разрезах определяется расстоянием от источника пылеобразования и климатическими условиями.

К источникам пылевыведения на открытых горных работах относятся участки поверхности, покрытые легко взметываемыми пылевыми фракциями, кроме того, на уровень запыленности воздушной среды оказывают влияние процессы, непосредственно связанные с ведением открытых горных работ (отвалообразование): бурение, взрывание, вторичное дробление, выемочно-погрузочные работы и операции, связанные с транспортировкой горной массы [13].

Более подробно источники образования пыли на карьере при добыче и переработке минерального сырья представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные источники загрязнения атмосферы пылью на горных предприятиях [38]

Основные технологические процессы и объекты	Источники загрязнения
Подготовка горных пород к выемке	1. Пыль при бурении скважин и шпуров 2. Пыль при производстве взрывных работ
Выемочно-погрузочные работы	1. Пыль при выемке и погрузке горной массы в транспортные средства и разрезке в отвал различными выемочными машинами 2. Пыль при выемке горной массы экскавационным и экскавационно-транспортирующими машинами с двигателем внутреннего сгорания (экскаваторы с дизельным приводом, погрузчики, скреперы, бульдозеры)

Продолжение таблицы 1.1

Основные технологические процессы и объекты	Источники загрязнения
Транспортирование карьерных грузов	1. Пыль на карьерных автодорогах 2. Сдувание пыли из транспортных сосудов при перемещении полезных ископаемых, пустых пород и отходов обогащения 3. Пыль на пунктах перегрузки
Отвалообразование и складирование пустых пород, отходов обогащения и полезных ископаемых	1. Пыль при укладке горной массы в отвалы и склады 2. Пыление обнаженных поверхностей отвалов пустых пород, складов полезных ископаемых, шламохранилищ
Карьерные выемки	1. Сдувание пыли с поверхностей отвалов и площадок
Объекты промплощадки: - дробильно-сортировочные, агломерационные и обогатительные фабрики; - котельные установки, - базы производственных машин и автотранспортной техники	1. Пыль при разгрузке, дроблении и сортировки полезных ископаемых 2. Пыль при обжиге в обогащении полезных ископаемых 3. Пыль при работе котельных установок 4. Пыль при эксплуатации без производственной техники

Анализ литературных источников показывает, что несмотря на применение различных способов пылеподавления концентрация пыли на всех этапах добычи угля на разрезах превышает допустимые нормы ПДК, установленные для воздушной среды рабочей зоны.

Например, на предприятиях ведущих активную добычу угля на месторождениях Кузнецкого бассейна, среди горнорабочих разрезов наиболее неблагоприятные условия трудового процесса выявлены на рабочих местах водителей автомобилей БелАЗ с высокой степенью запыленности, значительно превышающей норму. Средний уровень концентрации пыли на рабочем месте водителя автомобиля БелАЗ грузоподъемностью 30 т составляет $7,4 \pm 1,2$ мг/м³, что превышает ПДК на $5,4 \pm 1,2$ мг/м³; на рабочем месте водителя а/м БелАЗ грузоподъемностью 42 т – $7,0 \pm 1,1$ мг/м³, что превышает ПДК на $5,0 \pm 1,1$ мг/м³; на рабочем месте водителя а/м БелАЗ грузоподъемностью 170 т уровень

концентрация пыли равен $6,1 \pm 1,0$ мг/м³, что выше ПДК на $4,1 \pm 1,0$ мг/м³; на рабочем месте водителя а/м БелАЗ грузоподъемностью 200 т – $6,2 \pm 1,6$ мг/м³, что выше ПДК на $4,2 \pm 1,6$ мг/м³ [65].

Высокая степень запыленности зарегистрирована на рабочем месте бульдозериста (марка Т-500-Р-1), где уровень концентрации пыли равен $5,8 \pm 2,9$ мг/м³, что превышает ПДК на $3,8 \pm 2,9$ мг/м³ [64].

На разрезах Иркутского угольного бассейна, неблагоприятными условиями труда характеризуются рабочие места машиниста бульдозера ($15,7$ - $16,2$ мг/м³), машиниста колесной техники ($17,6$ - $18,5$ мг/м³), водитель автосамосвала ($14,7$ - $14,1$ мг/м³), машиниста экскаватора ($15,2$ - $15,5$ мг/м³), машиниста буровой установки ($7,4$ - $13,5$ мг/м³), взрывника ($5,9$ - $6,3$ мг/м³) [121].

1.1.2 Влияние пыли на человека

Воздействие вредных производственных факторов, характерных для всех трудовых процессов добычи угля приводит к развитию профессиональных заболеваний работников отрасли. Таким образом, профессиональная заболеваемость возникает в результате производственной деятельности человека и обуславливается влиянием неблагоприятных условий труда. При этом она влечет за собой значительный урон предприятию и государству в целом, наносит непоправимый ущерб здоровью работников угольной отрасли, сокращает продолжительность жизни [42, 49].

По данным Международной организации труда, ежегодно от связанных с работой несчастных случаев и заболеваний гибнет 2,34 млн. людей. Подавляющее большинство из них – примерно 2,02 млн. чел – умирает от разнообразных профессиональных заболеваний [144].

В России наибольший уровень профессиональных заболеваний зафиксирован именно среди работников предприятий по добыче полезных ископаемых. Так, в 2015 году удельный вес работников в горнодобывающей промышленности занятых на работах с вредными и опасными условиями труда составил 56,5%. При этом, несмотря на техническое переоснащение, первой в

списке идет угольная отрасль добывающей промышленности, в которых удельный вес рассматриваемой категории работников составляет 79,7% от общего числа работников, занятых в данной отрасли [16, 90, 91].

Производственные условия на угольных разрезах характеризуются совокупностью вредных факторов трудового процесса, негативно влияющих на организм человека [23, 124]. К вредным производственным факторам могут относиться: угольно-породные аэрозоли, шум, вибрация, температурный режим, влажность воздуха, вредные газы и другие [51, 110].

Как видно из рисунка 1.1, наиболее распространенными факторами негативного воздействия на работника в угольной промышленности являются шум, ультразвук, инфразвук, аэрозоли, световая среда, которые приводят к различного типа профессиональным заболеваниям [117].

Наиболее прогрессирующими формами профессиональных заболеваний на угольных разрезах являются заболевания органов дыхания, вибрационная болезнь, заболевания опорно-двигательного аппарата, невриты слухового нерва [33].

Центральное место в системе хронических заболеваний, обусловленных трудовой деятельностью, занимают заболевания органов дыхательной системы [18, 57, 58, 59]. Это вызвано, прежде всего, тем, что практически все этапы технологического процесса по добычи угля открытым способом сопровождаются выделением пыли и вредных газов. Риск получить профессиональное заболевание пылевой этиологии зависит от следующих факторов [121]:

- 1) концентрация пыли, продолжительность и интенсивность воздействия;
- 2) индивидуальная восприимчивость к пыли и наличие факторов, предрасполагающих к развитию фиброза;

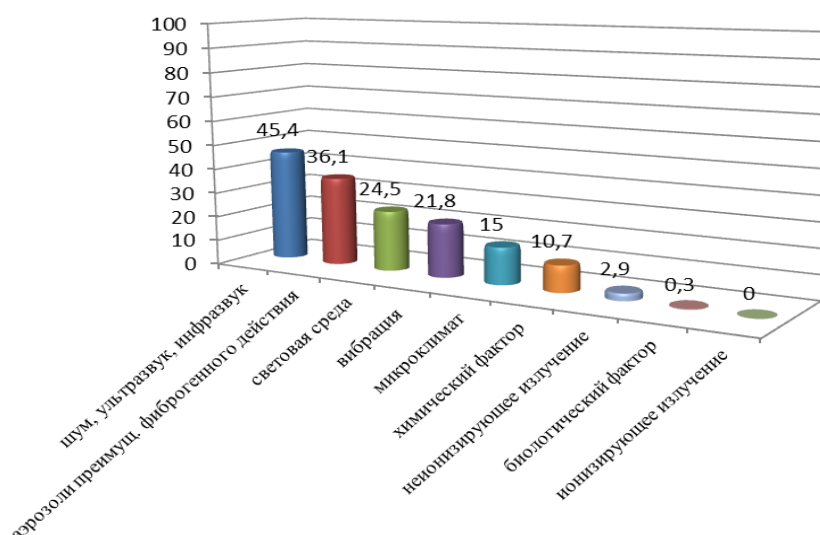


Рисунок 1.1 - Удельный вес работников, занятых под воздействием вредных производственных факторов в угольной промышленности в 2015 г

3) физико-химические свойства пыли, геометрические параметры частиц, их аэродинамические свойства.

Установлено [11, 108], что действие пыли на организм при дыхании запыленного воздуха носит накопительный характер. Попадание пыли в легкие при дыхании зависит от свойств частиц, скорости и направления движения воздуха в зоне дыхания, от частоты дыхания, состояния слизистой оболочки дыхательного тракта. Важным является также то, каким способом осуществляется дыхание: через нос или через рот. Значительная часть пыли (до 90%) задерживается слизистой оболочкой носа, носоглотки трахеи, бронхов по мере прохождения ее по дыхательному тракту, другая часть проникает в нижние дыхательные пути и там задерживается. При длительном воздействии пыли уменьшается защитное действие слизистой оболочки, происходят изменения в верхних дыхательных путях, приводящие к заболеванию пылевым бронхитом. Длительный контакт с мелкими фракциями пыли (до 5 мкм) может привести к заболеванию пневмокониозом [105].

Следует отметить, что пневмокониозами (силикозами) представлена основная часть профессиональных заболеваний, обусловленных воздействием на

организм работников промышленных аэрозолей – 24,42%. Удельный вес хронических обструктивных (астматических) бронхитов составляет 21,58%, хронических пылевых бронхитов равен 16,79%, других заболеваний – 37,21% от всех заболеваний пылевой этиологии [90].

Появление пневмокониоза обуславливается попаданием фиброгенной пыли в легкие, а характер его течения, частота возникновения и т.д. зависят от целого ряда факторов, таких как нагревающий (либо охлаждающий) микроклимат, шум, вибрация, тяжесть и напряженность трудового процесса и прочие [152].

В соответствии с классификацией, утвержденной Институтом гигиены труда и профзаболеваний АМН, можно выделить следующие формы пневмокониоза [116]:

- силикоз – заболевание от вдыхания пыли, содержащей свободный диоксид кремния;
- силикатозы (асбестоз, талькоз, апатитоз и др.) – заболевания от вдыхания пыли силикатов, содержащих диоксид кремния в связанном состоянии;
- карбокониозы (антракоз, графитоз и др.) – заболевания от вдыхания углеродсодержащей пыли (угля, графита, кокса и др.);
- антракосиликоз – пневмокониоз, вызываемый систематическим вдыханием угольной пыли с частицами свободной двуокиси кремния;
- металлокониозы – заболевания от вдыхания пыли металлов, при которых возможно отложение в легких рентгеноконтрастной пыли и др.

Пневмокониоз рассматривается как одно из прогрессирующих заболеваний бронхолегочной системы в структуре профессиональной патологии не только в России, но и за рубежом [8].

Так, в Китае пневмокониоз – самое распространенное заболевание, обусловленное трудовой деятельностью, удельный вес которого составляет более 80% от всех зарегистрированных случаев профессиональных заболеваний. Причем по последним данным известно, что ежегодно там фиксируется от 10 тыс. до 23 тыс. случаев заболеваний. В Индии негативное воздействие кремниевой

пыли распространяется на 10 млн. рабочих, занятых в горнодобывающей, строительной и прочих отраслях промышленности [43, 44].

Во Вьетнаме доля заболеваний пневмокониозом составляет 75,7% в структуре профессиональной заболеваемости, за которые работники получают пособия. В Бразилии, негативному воздействию кремниевой пыли подвергаются 6,6 млн. работников. Исследования, проведенные в Латинской Америке, показывают, что 37% подземных рабочих имеют диагноз силикоз, и 50% среди шахтеров старше 50 лет. Эпидемиологические исследования в развивающихся странах показывают, что от силикоза и других видов пневмокониоза могут страдать от 30 до 50% работников добывающей промышленности [43].

В США по официальным данным количество заболевших пневмокониозом составляет 1 млн. Свыше 50% рабочих Японии, ведущих подземную добычу полезных ископаемых страдают от пневмокониоза; в Австрии от 2 до 20% шахтеров имеют указанное заболевание. В Англии ежегодно регистрируется более 5000 случаев пневмокониоза. Нередко пневмокониоз приводит к смертельному исходу. Среди заболевших в США ежегодно умирает около 2000, в Англии-1300 человек [62].

Таким образом, уровень профессиональной заболеваемости в угольной промышленности очень высок не только в России, но и в мире целом. Наибольшее распространение получили заболевания органов дыхательной системы в результате выбросов пыли, характерных для всех операций технологического процесса на разрезах.

В профилактических целях таких профзаболеваний был осуществлен мониторинг запыленности рабочей воздушной зоны, и установлены уровни концентрации пыли, при соблюдении которых риск заболеть очень низкий - предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны ПДК. СССР (РФ) и передовые страны определяли ПДК с одной целью – снизить риск заболевания, но по-разному.

В США полагали, что у здоровых людей при нормальном состоянии слизистой оболочки носа, носоглотки, трахей, бронхов ими задерживается до 90%

пыли, представленной крупными частицами, затем они удаляются из организма вместе с мокротой, и таким образом не наносят большого вреда здоровью [142].

Наиболее важными исследованиями, посвященными воздействию пыли на организм человека являются те исследования, в которых рассматривается воздействие на человека пыли с различной степенью дисперсности. Так сравнение воздействия на организм человека частиц грубой фракции PM10 и более мелких частиц PM2.5 показало, что почти во всех случаях возникновения острых и хронических заболеваний возрастание доли мелких частиц размером менее 2,5 мкм оказывало более существенное влияние на уровень смертности, чем возрастание доли частиц размером 10 мкм или частицы различных фракций. В целом исследования поддерживают гипотезу о том, что мелкая фракция частиц более важна для оценки токсичности, чем крупная фракция. Однако крупные частицы могут играть существенную роль в развитии сердечно-сосудистых заболеваний [1].

Результаты этих исследований показали, что твердые частицы оказывают наиболее неблагоприятное воздействие на сердечно-легочные ткани, влияют на возрастание уровня госпитализации и преждевременной смертности даже при их концентрации в атмосферном воздухе ниже существующих нормативов. В силу изложенного, следует сделать вывод об актуальности изменения подхода к учету и нормированию пыли по дисперсному составу.

1.1.3 Нормирование пылевой нагрузки

Ряд промышленно развитых стран разработали или разрабатывают в настоящее время «стандарты на показатели состояния воздушного бассейна», которые должны определить, что может внести в атмосферу источник загрязнения по отношению к составу газовой среды в рассматриваемой зоне или регионе [119].

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) еще в 1963 г. приняла и определила четыре уровня загрязнения, выраженные в концентрациях загрязняющих веществ и времени экспозиции (пребывания человека в данной

атмосфере), на основе которых возможна разработка аналогичных стандартов в различных странах. Эти уровни, одобренные впоследствии Экспертной Комиссией ВОЗ по состоянию воздушного бассейна, определяются следующим образом:

- 1-й уровень: концентрация и время экспозиции, при которых согласно современным данным, не наблюдается прямого или косвенного воздействия на организм (включая изменения рефлексов или приспособительных защитных реакций). Это граничный уровень;

- 2-й уровень: концентрация и время экспозиции, при которых и выше которых проявляются признаки раздражения органов чувств, угнетающего действия на растительность, возникает ухудшение видимости и другие неблагоприятные явления в окружающей среде;

- 3-й уровень: концентрация и время экспозиции, при которых и выше которых возникают нарушения жизненных физиологических функций или изменения, ведущие к хроническим заболеваниям и уменьшению продолжительности жизни;

- 4-й уровень: концентрация и время экспозиции, при которых и выше которых возникают острые заболевания или наступает смерть значительной части населения [119].

В настоящее время в качестве критерия качества атмосферного воздуха на предприятиях в России используются санитарно-гигиенические нормы по допустимому содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны [27]. Данным стандартом устанавливаются предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны почти для 2000 веществ и смесей.

Международный стандарт ИСО 4226 для оценки количества твердых, жидких и газообразных веществ в атмосферном воздухе в качестве норматива выброса применяет их массовую концентрацию в воздухе в $\text{мкг}/\text{м}^3$ [1, 31].

Преимущество оценки качества воздуха в объемных соотношениях газов (промилле) состоит в том, что при их использовании исчезает температурная зависимость по закону Бойля - Мариотта. Однако для веществ, которые в

обычном состоянии являются жидкостями или твердыми веществами, выражать концентрации в промилле не имеет смысла, так как их токсичность зависит не от объема, а от массы. Поэтому в большинстве стран мира, в том числе и в России для гигиенической оценки качества атмосферного воздуха используется массовая концентрация [1].

В связи с этим потребовался пересмотр требований к качеству воздуха по содержанию твердых частиц в Канаде, США, Великобритании при содействии и поддержке Европейского Экономического Сообщества и Всемирной организации здравоохранения. Переоценка состояла в том, что нормирование качества атмосферного воздуха стало проводиться не по общему содержанию взвешенных частиц, которое охватывает широкий диапазон размеров частиц, а по содержанию частиц с размером равным или меньшим, чем 10 мкм в диаметре (PM10) и их подфракциям (PM2.5) [1].

В соответствии с нормами, принятыми в США, измерения концентраций PM10 производятся со среднечасовым осреднением. Это означает, что первостепенное значение уделяется не острому, а их хроническому воздействию на здоровье [1].

Для определения ПДК применялись уровни концентрации мелкодисперсной (респирабельной) пыли. Национальный институт охраны труда (NIOSH) подготовил обзор [148], в котором рекомендовал установить ограничения ПДК респирабельной (мелкодисперсной) пыли: угольной (без кварца) 1 мг/м^3 , и кварцевой $0,05 \text{ мг/м}^3$. Управление по охране труда (OSHA) для респирабельной угольной пыли установило ПДК, равное $0,9 \text{ мг/м}^3$. Однако с учётом технически достижимого уровня запыленности, и других обстоятельств, Управление по безопасности и охране труда на шахтах (MSHA) ограничивало концентрацию респирабельной пыли для угля до 2 мг/м^3 .

В 2015 г. в соответствии с рекомендациями NIOSH ПДК для угля ужесточили – снизив с 2 до $1,5 \text{ мг/м}^3$ (с 1 августа 2016 г.) [138].

В СССР согласно исследованиям, было доказано, при работе уже больных людей при высокой запылённости крупнодисперсная пыль попадает в лёгкие

работников при осаждении на стенки верхних дыхательных путей, когда их слизистая оболочка уже подвержена разрушению, и не может выводить оседающую пыль. То есть, при длительном воздействии пыли ослабевает защитный механизм слизистой оболочки верхних дыхательных путей, что способствует проникновению крупнодисперсной пыли из верхних в более глубокие дыхательные пути и легкие [146].

В связи с этим, органы государственной власти установили гигиенические нормативы [25], определяющие ПДК для всей вдыхаемой пыли:

- пыль, содержание от 10 % до 70 % двуокиси кремния - 2 мг/м³;
- пыль, содержание от 2 % до 10 % двуокиси кремния - 4 мг/м³;
- пыль, содержание менее 2% двуокиси кремния - 10 мг/м³;

В Российской Федерации в настоящее время не проводятся суточные отборы проб на содержание взвешенных частиц. Для контроля качества рабочего воздуха, в ГОСТ 12.1.005-88 рассматриваются 2 показателя:

1) Максимально разовая концентрация – периодичность контроля устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества: для I класса – не реже 1 раза в 10 дней, II класса – не реже 1 раза в месяц, III и IV – не реже 1 раза в квартал.

2) Среднесменная концентрация – периодичность данного контроля должна быть не реже кратности проведения периодических медицинских осмотров, установленных Минздравом.

По данным [153], концентрация мелкодисперсных частиц в составе угольной пыли может составлять примерно 5 – 20 %. То есть, концентрации респираторной угольной пыли 1,5 мг/м³ соответствует концентрация всей вдыхаемой пыли 7,5-30 мг/м³.

В 2008 году вступила в силу Директива 2008/50/ЕС «О качестве атмосферного воздуха и о более чистом воздухе для Европы», целью которой является обеспечение охраны здоровья населения на местном уровне, в странах-членах ЕС и в Евросоюзе в целом путем борьбы с выбросами загрязняющих веществ в источниках их образования. Основной задачей является оценка

качества атмосферного воздуха в странах-членах ЕС на основе общих методов и критериев.

В таблице 1.2 показано сопоставление нормативов качества воздуха для взвешенных веществ в Российской Федерации, ЕС и ВОЗ, из которой видно, что нормативы для мелкодисперсной пыли (частиц размером 10 мкм – PM10 и 2,5 мкм – PM2,5) в России пока не установлены.

Вследствие этого, существуют некоторые трудности в учете пылевой нагрузки и сравнения ее с зарубежными данными. В то время как в ЕС существует Директива 2008/50/ЕС «О качестве атмосферно воздуха и о более чистом воздухе для Европы», целью которой является обеспечение охраны здоровья населения и борьба с выбросами загрязняющих веществ в источниках их образования, где расписано последовательное сокращение загрязнения воздуха взвешенными частицами размером менее 2,5 мкм до 2020 года, в России данный переход является актуальной темой, которая поможет упростить сопоставимость требований относительно других стран, усилит сотрудничество между странами в области снижения загрязнения атмосферного воздуха и уровня заболеваемости пневмокониозом.

Обобщая данные о пылевой обстановке на угледобывающих предприятиях, ее месте в структуре производственных факторов, роли и значении для персонала, можно сделать вывод о том, что пылевая обстановка на рабочих местах в целом и в угольной промышленности в частности играет немаловажную роль. Запыленность воздушной среды определяет риск возникновения и уровень профессиональной заболеваемости работников угольной промышленности, обусловленной влиянием пылевого фактора. Следует отметить, что при добыче угля открытым способом выделение пыли происходит на всех этапах технологического процесса. В связи с этим, угольная промышленность занимает лидирующее положение по уровню профессиональной заболеваемости. В структуре профессиональных заболеваний пылевой этиологии особое внимание уделяют пневмокониозам – как самым распространенным. Это обусловлено, прежде всего, тем, что даже при применении комплекса мероприятий по

предупреждению пылеобразования и борьбы с пылью концентрация пыли в воздухе рабочей зоны значительно превышает предельно допустимые концентрации (ПДК).

Таблица 1.2 – Сопоставление качества воздуха для взвешенных веществ для РФ, ЕС и ВОЗ

Загрязняющее вещество	Период осреднения или характер норматива	Концентрации, мкг/м ³		
		РФ	ЕС	ВОЗ
Взвешенные вещества, частицы размером < 10 мкм (PM ₁₀)	24 часа	-	50	50
	Год	-	40	20
Взвешенные вещества, частицы размером < 2,5 мкм (PM _{2,5})	24 часа	-	-	25
	Год	-	25	10
Взвешенные вещества (общая концентрация)	24 часа	500	-	-
	Год	15000	-	-

В России и других странах существуют различные подходы к установлению норм ПДК. В отечественной практике уровень концентрации определяется для всей вдыхаемой пыли, независимо от фракционного состава. В зарубежных странах ПДК устанавливают для мелкодисперсной пыли (меньше, чем 10 мкм в диаметре (PM₁₀), и их подфракциям (PM_{2,5})), так как установлено, что именно мелкие пылевые частицы размером менее 2,5 мкм обуславливают развитие тяжелых заболеваний органов дыхательной системы.

1.2 Исследование фракционного состава пыли в воздухе рабочей зоны

Возникающая и витающая карьерная пыль отлична по минералогическому, химическому и дисперсному составам [81]. Минералогический состав пыли, возникающей в процессе добычи угля практически идентичен минералогическому составу тех разрабатываемых горных пород, из которых образуется пыль. В связи

непосредственной близостью от источников пылеобразования минералогический состав пыли с определенным допущением можно считать аналогичным составу разрабатываемых пород.

Вместе с тем, имеются данные [123], что в породах содержание свободной двуокиси кремния значительно больше, чем в пыли, которая образуется из этих пород. Причем во взвешенной пыли содержание свободной двуокиси кремния меньше. Это обусловлено тем, что кварц имеет более высокую прочность по сравнению с прочностью других породообразующих минералов и образует более крупные частицы при разрушении. Кроме того, эти частицы быстрее выпадают из воздушного потока [45, 47, 48, 81].

Химический состав пыли, определяемый в основном химическим составом разрабатываемых пород, зависит от производственных процессов, сопряженных с ядовитым газовыделением (работа станков термического бурения, автотранспорт, взрывы и др.). При этом наблюдается адсорбирование ядовитых газов и паров на поверхности пыли. Как показали исследования, проведенные на карьерах пыль, образующаяся при массовых взрывах, содержит следы оксида углерода, до 0,475 мг/г акролеина и до 0,219 мг/г оксидов азота [52].

При оценке вредного воздействия на здоровье человека, подборе пылеулавливающего оборудования и проведении мониторинга окружающей среды необходимо изучение дисперсного состава пыли [66, 68].

Дисперсный состав определяет характер и условия распространения пыли в воздушной среде. Крупнодисперсная пыль оседает на небольших расстояниях от источников загрязнения, мелкодисперсная может переноситься потоками воздуха на значительные расстояния, распространяясь далеко от источников выброса, и оседает значительно медленнее, а особо мелкодисперсная практически вовсе не осаждается. Таким образом, рассеивание пылевых частиц в воздухе в значительной мере определяется дисперсным составом пыли. Важнейший вопрос пылеулавливания — выбор пылеулавливающего оборудования — решается исходя из дисперсного состава пыли [81].

Дисперсный состав пыли обуславливается различными природными и технологическими факторами. Так, при шарошечном бурении скважин на дисперсный состав пыли, выбрасываемой в атмосферу, оказывают влияние такие факторы, как физико-механические свойства буримой породы, тип шарошечного долота, скорость его вращения, осевое давление, количество подаваемого в скважину сжатого воздуха, глубина бурения, способ борьбы с пылью, принятая пылеулавливающая установка и ее техническое состояние. С увеличением расстояния от источника пылеобразования в дисперсном составе пыли факела выброса появляются изменения за счет выпадения более крупных фракций пыли [81].

Согласно определению ГОСТа [28], дисперсный состав пыли – распределение частиц пыли по размерам, характеризуемое относительным содержанием фракций или параметрами функций, описывающих указанное распределение.

Дисперсным составом пыли можно назвать характеристику состава дисперсной фазы, определяемую по размерам или скоростям оседания частиц. Она показывает, какую долю по массе, объему, поверхности или числу составляют частицы в любом диапазоне их размеров или скоростей оседания [3].

Дисперсный (фракционный) состав пылевого аэрозоля – это количественное соотношение в пыли частиц различных размеров (фракций). Дисперсный состав пыли задается в виде дифференциальной $f(d)$ и интегральной $F(d)$ функций распределения [128], которые по европейской терминологии называют гранулометрическими функциями [147].

Функции распределения задаются в табличном или графическом виде (рисунок 1.2). В терминах теории вероятности если диаметр частицы рассматривается как случайная величина D , то $F(d)$ – функция распределения, $af(d)$ – функция плотности распределения случайной величины D [105].

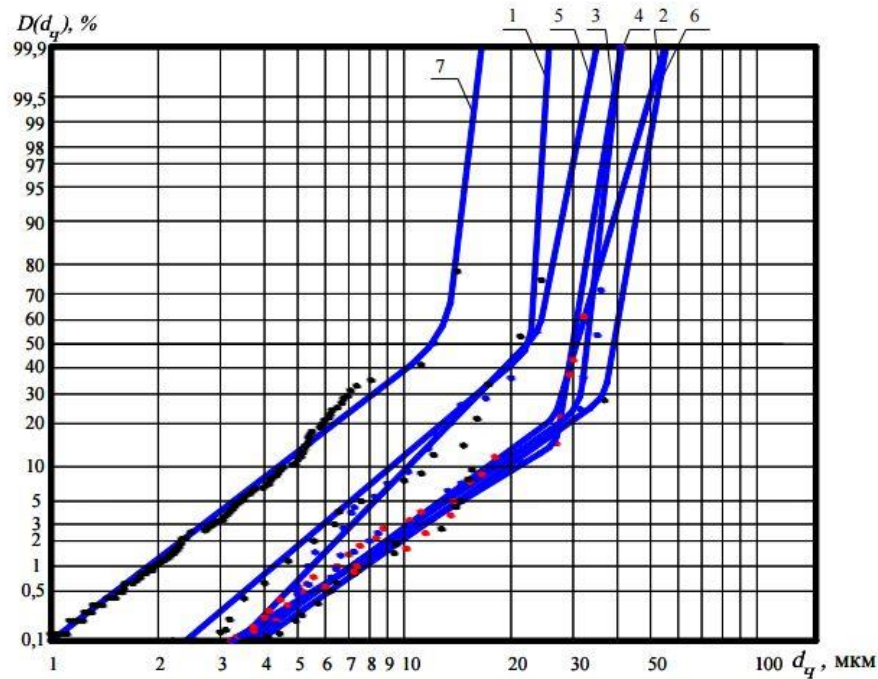


Рисунок 1.2 – Интегральные кривые распределения массы по диаметрам частиц D (d_p) в вероятностно-логарифмической координатной сетке для пыли: 1...7 — номера проб

Определение дисперсного состава пыли [5, 77, 147], т.е. получение функций $f(d)$ или $F(d)$, базируется на ряде методов, основные из которых следующие:

- ситовой анализ;
- микроскопический анализ дисперсного состава порошкообразных материалов или суспензий в диапазоне аэродинамического диаметра (а.д.) 1-1000 мкм с компьютерной обработкой изображений;
- лазерные анализаторы дисперсного состава пыли в диапазоне а.д. от 0,01 до 2000 мкм;
- седиментационный анализ.

Ситовой анализ (рисунок 1.3) отнесен к числу «классических» методов определения массовых функций распределения пыли [105].



Рисунок 1.3 – Вибрационный грохот с ситовой колонной (слева) и набор сит (справа) (Fritsch, Германия)

Современные сита изготавливаются из провода методом тканья, размеры ячеек нормированы ISO 3310 и ASTM. По ISO 3310 размеры даны в мкм, по американскому стандарту ASTM размер ячеек сита дан в меш (mesh) – количество ячеек на дюйм [5]. Ситовый анализ применим для значительных объемов (10-1000 см³) пыли с частицами от 20 до 1000 мкм, прецизионные микросита позволяют проводить анализ частиц размером до 5 мкм.

Недостатки ситового определения дисперсного состава аэрозолей следующие [105]:

- размеры сит ограничены 20 мкм при основном виде ситового анализа – сухом рассеве;
- пятимикронные микросита могут использоваться при мокром рассеве [5] ограниченных объемов пыли, микроситовой анализ не получил распространения в области исследований состава угольной пыли;
- в процессе ситового отсева вследствие вибрации и встряхивания частицы подвергаются механическому воздействию, приводящему к их деформации и частичному разрушению.

Вторым из классических методов анализа формы и дисперсного состава пыли является микроскопический анализ. Его преимущества – наглядность и

возможность проверки результата, исследование крайне малых объемов (от 0,1 мг) пыли [105].

Современные электронные микроскопы оснащаются фотокамерой с цифровым выходом. Программно определяется шкала размеров частиц, рассчитывается площадь видимой на экране частицы и проводится определение их размеров (в мкм и нм) [105].

Сканирующие электронные микроскопы высокого разрешения позволяют исследовать форму частиц и их структуру, высокое сканирующее разрешение (увеличение до 50 000 раз) позволяет различать аксонометрическую форму частиц, выделять поры и поверхностные пленки [105].

Электронно-микроскопические исследования необходимо дополнять лазерными исследованиями для достоверного обобщения данных, поскольку лазерный анализ охватывает число частиц в 10^6 - 10^8 больше числа частиц в микроскопическом анализе [105].

В пылевых аэрозолях с твердой дисперсной фазой частицы существенно различаются по форме [34, 80, 125, 128, 129] и при коагуляции образуют агрегаты различной кажущейся плотности. В работах Н.А. Фукса [128, 129] предложена классификация формы твердых диспергированных частиц:

- изометрические частицы с сопоставимыми либо примерно равными размерами во всех трех измерениях;
- частицы пластинчатого (листообразного) строения, имеющие в двух измерениях значительно большую протяженность по отношению к третьему (толщине);
- частицы с большой протяженностью в одном измерении (палочкообразные, игольчатые, волокнистые структуры).

Относительно крупные частицы (более 45 мкм) легко выделяются на микроскопических изображениях, позволяющих изучить их форму и методом компьютерных вычислений определить площадь видимой проекции [105].

Более 90% частиц могут характеризоваться как изометрические. Также для угольных частиц всех марок (с некоторым повышением для марок Д и Г)

характерно наличие 2,5-5% явно выраженных частиц продолговатой и палочкообразной формы [105].

Величина и форма пылевых частиц на первоначальном этапе предопределены структурой окаменевшего органического вещества, характером протекания геологических процессов. На последующей стадии пылеобразования дисперсный состав и форма частиц определяются способом и скоростью разрушения угля; конструктивными особенностями исполнительных органов комбайнов; структурой массива и стадией метаморфизма угля [105].

В рамках работ ИНЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского совместно с НИИ гигиены труда и профзаболеваний РАМН, Романченко С.Б. и Руденко Ю.Ф. были проведены исследования свойств и структуры частиц угольной пыли на сканирующих электронных микроскопах высокого разрешения (Qwikscan-50, США; Stereoscan-600, Англия). Это позволило выявить различия формы угольных частиц, провести анализ их ультратонкого внутреннего строения, оценить состояние поверхности частиц углей различных марок и выявить трещиноватую структуру.

Так частицы бурого угля имеют наиболее распространенную форму в виде неправильного многогранника и в основе классифицируются как изометрические. Для длиннопламенных углей частицы пыли могут иметь форму параллелепипеда. Отдельные крупные частицы овальной формы (овально-продолговатой формы) состоят из агрегатов более мелких структур угольной пыли. Частицы пыли коксующихся углей имеют в основном стреловидную форму, ярко выражены изломы, острые углы и режущие края. Для всех рассмотренных марок углей, значительная часть частиц-монолитов покрыта мелкими фрагментами-сателлитами с аэродинамическим диаметром менее 0,3 мкм, что говорит о свойстве слипаемости угольной пыли [105].

В результате лазерных исследований Романченко С.Б. было открыто новое явление в твердой дисперсной фазе рудничных аэрозолей: в процессе дробления твердого вещества в частицах образуется значительное число трещин и пор, а протекающие в них физико-химические процессы приводят к расширению пор

вплоть до разрушения пылевых частиц (эффект саморазрушения, или самодиспергации, углеродных частиц). Непосредственным практическим следствием обнаружения данного эффекта является обоснование резкого (до 500%) отличия плотности твердого вещества (угля, породы) от насыпной плотности угля.

Также результаты исследований над известняком проф. Чемезова Е.Н. [133], показывают выход частиц пыли в зависимости от температуры образца (таблица 1.3, 1.4, рисунок 1.4, 1.5) в пределах от -2 до 8°C наблюдается почти линейное возрастание выхода частиц пыли от 0,4 до 4 мкм. При этом с увеличением диаметра частиц угол наклона прямой увеличивается. Это свидетельствует о том, что с понижением температуры горных пород повышается выход тонкодисперсных фракций пыли, в результате чего увеличивается интенсивность пылеобразования.

Таблица 1.3 Зависимость содержания пылевых частиц от температуры разрушаемых горных пород, %

Температура пород, °С	Размеры частиц, мкм							
	0,4	0,6	0,8	1	2	4	7	10
-8	32,39	24,62	20,6	14,44	7,56	0,239	0,11	0,013
-6	30,31	25,43	19,42	15,5	8,416	0,818	0,052	0,017
-4	30,34	26,01	19,16	15,05	8,357	0,988	0,069	0,017
-2	30,96	25,28	18,6	12,56	7,15	4,686	0,034	0,011

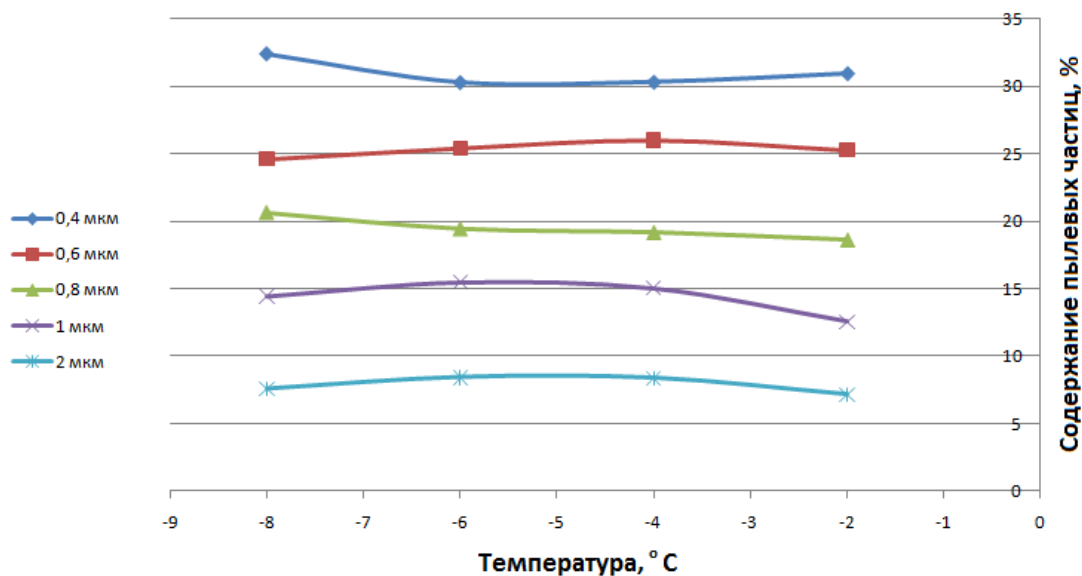


Рисунок 1.4 – Зависимость содержания пылевых частиц от температуры

Таблица 1.4 Зависимость количества частиц от температуры пород (шт)

Температура пород, °C	Размеры частиц, мкм							
	0,4	0,6	0,8	1	2	4	7	10
-8	25000	21600	15600	11550	5520	740	50	20
-6	24500	17400	12100	8940	4040	570	40	10
-4	21200	14000	11300	8600	3920	380	20	0
-2	12600	9800	6700	6200	3240	360	20	0

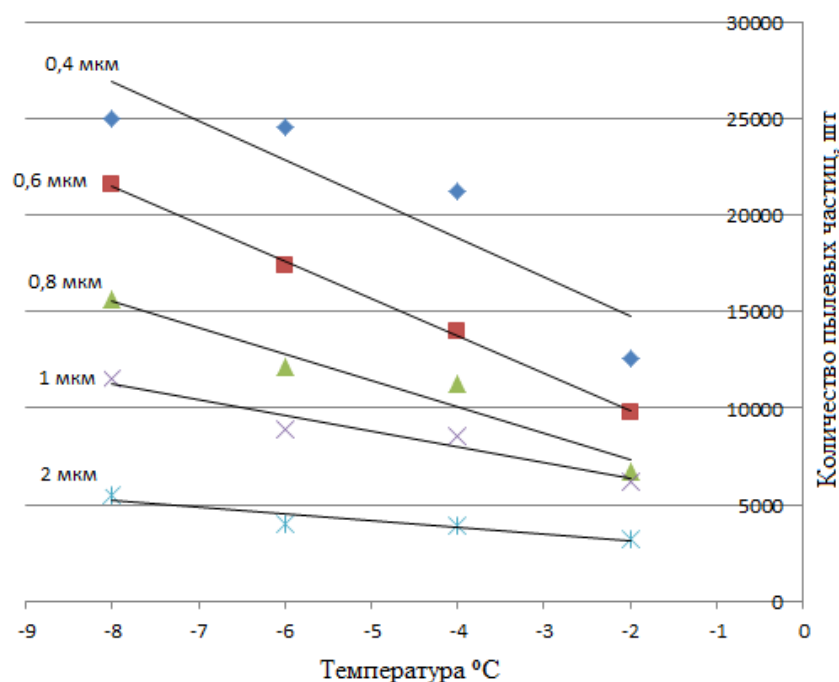


Рисунок 1.5 – Зависимость количества частиц от температуры пород

Таким образом, рассмотрев способы исследования дисперсного состава, необходимо сказать, что использование приборов для различных диапазонов размера частиц пыли приводит не только к количественным, но и к качественно новым возможностям в исследовании аэрозолей как в подземных выработках, так и на карьерах по добыче угля.

Обобщая исследуемый материал, можно утверждать, что оценке условий воздействия пылевого фактора на персонал и проведении мониторинга окружающей среды большое значение имеет дисперсный состав пыли. Так как установлено, что риск появления заболевания пылевой этиологии зависит от размера фракций пыли (например, длительный контакт с мелкими фракциями пыли (до 5 мкм) может привести к заболеванию пневмокониозом).

Кроме того, дисперсный состав пыли в угольных карьерах определяет интенсивность ее взметывания воздушными потоками, время оседания. Для выбора наиболее эффективного способа снижения запыленности воздуха, а значит и для снижения уровня профессиональной заболеваемости, большую значимость приобретает характер распределения частиц пыли по размерам, так как существующие средства и способы пылеподавления применимы лишь при определенных аэрозолях.

Дисперсный состав пыли можно определить как количественное соотношение в пыли частиц различных размеров (фракций).

Современные средства измерений (лазерные анализаторы фракционного состава, электронные и сканирующие электронные микроскопы высокого разрешения) позволяют провести комплексные исследования динамики пылевых аэрозолей на новом технологическом уровне, устанавливая не только количественные, но качественные характеристики пылевого состава.

Так, например, это позволяет выявить различия форм угольных частиц, провести анализ их ультратонкого внутреннего строения, оценить состояние поверхности частиц углей различных марок и выявить трещиноватую структуру.

1.3 Анализ способов и средств снижения пылевой нагрузки на работников

Производственный процесс добычи угля открытым способом сопряжен с высоким уровнем профессионального риска, который формируется преимущественно в связи с интенсивным ингаляционным воздействием угольной пыли на фоне неблагоприятного микроклимата.

Разработка эффективных инженерных решений по защите работающих от пыли помимо теоретических и экспериментальных исследований закономерностей, связанных с процессами выделения, распространения, оседания, улавливания пыли, требует объективной оценки пылевой обстановки. В этот комплекс должны входить: данные о физико-химических свойствах пыли, интенсивности образования и выделения пыли от организованных и неорганизованных источников, распределении концентраций пыли, о пылевом балансе для изолированных объемов, об оценке риска превышения нормативных концентраций пыли в рабочих зонах, влияние пыли на оценку риска заболевания работающих при различных температурах окружающей среды [1].

Борьба с пылью на горных предприятиях включает предупреждение пылеобразования, пылеподавление и пылеулавливание. При невозможности полного исключения пылеобразования наряду с пылеулавливанием на горных предприятиях при различных технологических процессах широко используется

пылеподавление пыли в атмосфере (коагуляция) и ее осаждение непосредственно в местах пылеобразования, а также обеспыливающая (искусственная) вентиляция – разжижение и удаление пылевого облака [24].

На открытых горных работах все источники пылевыведения можно разделить на локальные (точечные) и площадные (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Источники пылевыведения на разрезе

Источники пылевыведения	
Локальные (точечные)	Площадные
1. Объекты бурения	1. Внешние и внутренние отвалы
2. Работа горного оборудования	2. Техногенные массивы
3. Пункты перегрузки и пересыпки горной массы	3. Взрывные работы 4. Технологические дороги

По сравнению с локальными источниками, площадные обладают значительными пылящими поверхностями, и, как следствие, большими объемами загрязненного воздуха. Поэтому, и способы борьбы с пылью должны быть более масштабного характера [13].

Борьба с пылью на предприятиях минерально-сырьевого комплекса может производиться на разных стадиях ее формирования: при образовании твердых частиц пылевой фракции в результате технологического процесса, при сдувании (взметывании) пылевых частиц, непосредственно в запыленном воздухе [41, 55].

При этом уменьшение концентрации пыли в воздухе может достигаться различными путями: путем предотвращения образования пыли, путем осаждения пыли за счет процессов коагуляции, путем фильтрования и запыленного воздуха, путем вентиляции – разжижение и удаление пылевого облака из атмосферы [55].

Выделено четыре направления борьбы с пылью на горных предприятиях: организационные, технологические, технические и биологические. Каждый из них может быть реализован в комплексе с другими, а системность решения конкретных задач обосновывается экономическими, энергетическими, санитарно-гигиеническими или экологическими критериями [14, 15].

Организационные способы направлены на оптимизацию производственных процессов, связанных с режимом ведения горных работ, и имеющие в своем составе технологическую и природную составляющие [55].

Технологические способы пылеподавления представляют собой мероприятия по рационализации технологии и процессов, модернизации средств труда и применению новой техники [55].

Технические способы пылеподавления, прежде всего, связаны с применением технических средств, снижающих пылеобразование и пылевыделение, и подавляющих пылевыделение. Все они могут быть разделены на два вида: мокрые и сухие [55].

Биологические способы пылеподавления связаны с применением материалов, имеющих органическую основу (биогенные способы), а также использование живой природы (биоценотические способы) [55].

Несмотря на значительные масштабы проведенных исследований в области снижения пылевыделения и пылепереноса и предложенных конструктивных решений, практические результаты достаточно скромны в связи с тем, что недостаточно внимания уделено аспектам повышения эффективности и работоспособности предложенных устройств, а также, рационализации их работы [55].

В этой связи поиск рациональных средств и способов снижения пылегазовых выбросов в атмосферу, как и прежде, актуальная задача. Наиболее перспективными и технологичными [61, 63, 69] являются мокрые способы, реализуемые в процессе увлажнения пылеобразующего сырья и пылящего материала, орошения витающей пыли растворами и связывания жидкими (гелеобразными) веществами.

Особый интерес представляют мокрые способы управления пылевыми выбросами на всех стадиях процесса с использованием эффектов фазовых переходов «пар – жидкость – лед» [55].

Анализ научных исследований и технических решений, направленных на снижение пылевыделения в условиях открытых горных работ показал, что

основным способом борьбы с пылью на точечных и протяженных источниках пылеподавления является гидрообеспыливание (орошение), то есть улавливание и осаждение твердых частиц пыли каплями жидкости [54, 73, 74, 75].

Пылеподавление водой является одним из наиболее распространенных мероприятий по снижению пылевой нагрузки на разрезах [56]. Эффективность пылеподавления водой оросителями в зависимости от ветроустойчивости покрытия достигает до 95%. В условиях отрицательных температур на выходящем сопле форсунки образуется наледь, которая препятствует выходу жидкости, влияет на качество получаемого аэрозоля, значит, для круглогодичного пылеподавления орошение водой не является эффективным методом, т.к. при процессе коагуляции частичек пыли с водой в зимний период, вода замерзает и не может полностью вступать в контакт с пылью, т.е. эффективность снижается примерно до 40% и не может удовлетворять потребностям предприятия в безопасной, бесперебойной работе системы в целом [55].

Еще одним из основных направлений снижения пылевой нагрузки на рабочую зону карьеров строительных материалов от аэротехногенного воздействия внешних отвалов пород является осуществление уменьшения пылевыделения на основе нанесения на их поверхность защитного биогенного слоя, состоящего из смеси биогумуса и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы. Установлено, что при нанесении биогенного защитного слоя на основе смеси биогумуса и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы обеспечивается снижение пылевыделения в 10-11 раз с повышением биопродуктивности укрепленной поверхности внешних отвалов на 90%, что определяется соотношением компонентов смеси 125:1 и толщиной слоя 3 см [67].

Немаловажную роль в процессе пылеподавления на разрезе играет и пылеобразование на технологических автодорогах. Интенсивное пылеобразование приводит к снижению скорости движения и уменьшению производительности автомобильного транспорта, интенсивному износу деталей и узлов автомобильной техники, а также к формированию профессиональных заболеваний у работников разреза. Запыленность воздуха вблизи автодорог

составляет $0,5-10^3$ кг/м³, интенсивность выделения пыли на дорогах – 0,014 кг/с. Дисперсность витающей пыли чрезвычайно высокая: 90-98% пылинок имеют размер менее 10 мкм, что говорит о потенциальной пневмокониозоопасности из-за содержания свободного кремнезема в виде кварца, количество которого достигает до 40-42% [53]. Внедрение поверхностно-активных веществ в данной ситуации может оказаться наиболее оптимальным способом борьбы с пылью в течении всего года.

В настоящее время существует целый ряд поверхностно-активных веществ, которые образуют на поверхности автодороги гибкую пленку, способную связывать породно-угольную пыль и существенно снижать пылеобразование вследствие работы грузового транспорта на срок порядка 14 дней. Например, поверхностно-активное вещество РНХ-1020, производства Роснефтехим, сохраняет эффективность в условиях дождливой погоды и может использоваться на автодорогах разреза при температуре до -50°C [94].

Уже в 1984 году рассматривался конденсационный метод подавления пыли при перегрузке горной массы в карьерах в условиях отрицательных температур. В работах [97, 98, 99] обоснована возможность использования нагретой распыленной воды для конденсационного подавления пыли при перегрузке горной массы на открытых горных работах в период отрицательных температур. При этом эффективность конденсационного пылеподавления зависит не только от температуры и расхода воды, но и от температуры и начальной запыленности воздуха. В работе [99] приведена методика расчета расхода нагретой воды для конденсационного пылеподавления при перегрузке горной массы в карьерах в условиях отрицательных температур.

В работе [99] установлено, что увеличение температуры воды повышает эффективность пылеподавления в 1,1-4,2 раза, при температуре подаваемой воды в 95°C , пылевые частицы менее 5 мкм улавливаются на 85-86%. Исследовано влияние температуры воздуха на эффективность осаждения пыли. Эксперименты проводили с горячей (95°C) водой при температуре воздуха 0° , -10° , -20°C . Анализ полученных результатов позволил сделать вывод, что при понижении

температуры воздуха эффективность осаждения возрастает и достигает при отношении масс горячей воды и пыли $(0,8-1,3) \cdot 10^3$ кг/кг 80-90 % и более. Это можно объяснить интенсификацией процесса за счет получения более высокого пересыщения при низких отрицательных температурах. Установлено, что для конденсационного пылеподавления в условиях отрицательных температур рекомендуется использовать нагретую до 80-95⁰С воду, из расчета 300-800 кг на 1 кг выделяющейся пыли.

При взрывных работах пылеподавление рационально осуществлять через продолжительную (до, во время и после взрыва) обработку пылегазового облака тонкораспыленной ионизированной жидкостью из оросительных установок, размещаемых в чередующемся (по заряду ионов) порядке вне зоны их возможного повреждения или разрушения под воздействием взрыва [12].

На рисунке 1.6 представлены уровни эффективности способов пылеподавления с точки зрения круглогодичности пылеподавления.

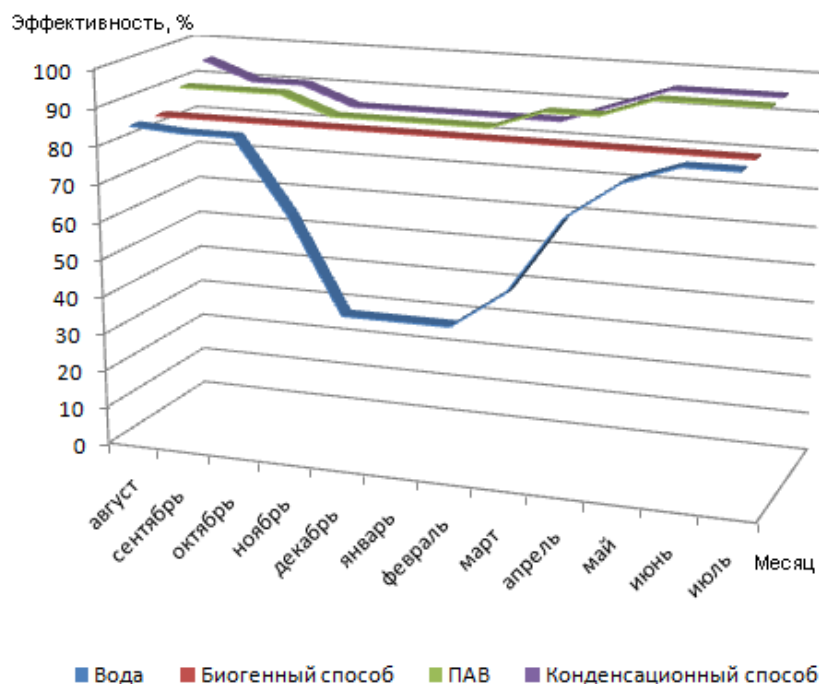


Рисунок 1.6 – Зависимость эффективности различных способов пылеподавления от времени года

Помимо данных мер, существуют приборы для улавливания аэрозолей, которые помогают очистить загрязненный воздух и удалить особо мелкие фракции.

Для улавливания аэрозолей применяют сухие, мокрые и электрические способы очистки, осуществляемые в аппаратах и устройствах различной конструкции. Выбор способа и аппарата для улавливания аэрозолей осуществляется в зависимости от дисперсного состава данного аэрозоля (Таблица 1.6).

В случаях, когда технические мероприятия не могут обеспечить снижения запыленности воздуха на рабочих местах до предельно-допустимых концентраций, обязательно применение индивидуальных средств защиты от пыли.

Таблица 1.6 - Выбор аппаратов по дисперсности пыли

Размер частиц, мкм	Способы очистки	Аппараты
40-1000	Сухой	Пылеосадительные камеры
20-1000	Сухой	Циклоны диаметром 1-2 м
5-1000	Сухой	Циклоны диаметром 1 м
20-100	Мокрый	Скрубберы
0,9-100	сухой	Тканевые фильтры
0,05-100	Сухой	Волокнистые фильтры
0,01-100	электрический	электрофильтры

Многие угледобывающие предприятия России действуют в условиях низкого температурного режима. В связи с этим осуществление трудовой деятельности требует применения особых средств индивидуальной защиты [50]. При этом к основной функции СИЗОД добавляется еще одна – защита от низких температур окружающей среды. Например: Автономный респиратор с поддувом,

регенеративный респиратор, респиратор с кислородным баллоном, респиратор-кондиционер.

Защита от холода путем подогрева вдыхаемого воздуха устройствами, через которые производится дыхание, способствует уменьшению теплотерь на согревание вдыхаемого воздуха. В целом этот процесс отражается на сохранении нормального теплового состояния организма и, следовательно, повышает уровень работоспособности организма [14].

Данные устройства предназначены для повышения температуры вдыхаемого воздуха при низких отрицательных температурах, однако для них присущи общие недостатки эксплуатационного или конструктивного характера. При этом при температурах ниже -30°C материал корпуса, фильтра, теплообменника, образовавшийся конденсат замерзают и повышается сопротивление дыханию.

Таким образом, механизм повышения качества пылевой обстановки на горных предприятиях представляет собой предупреждение пылеобразования, пылеподавление и пылеулавливание. Для улавливания аэрозолей применяют сухие, мокрые и электрические способы очистки, осуществляемые в аппаратах и устройствах различной конструкции. Основными методами пылеподавления являются гидрообеспыливание, использование ПАВ, биогенный и конденсационный способы.

Не всегда технические мероприятия обеспечивают полноценную здоровую пылевую обстановку на рабочих местах (снижения запыленности воздуха до предельно-допустимых концентраций), в таких случаях обязательно применение индивидуальных средств защиты органов дыхания [9].

Однако многие угольные шахты и разрезы функционируют в регионах с низким температурным режимом. В связи с этим на указанных предприятиях необходимо использовать особые средств индивидуальной защиты, учитывающие отрицательную температуру окружающей среды. Основные из них – автономный респиратор с поддувом, респиратор с кислородным баллоном, регенеративный респиратор, респиратор-кондиционер.

1.4 Выводы к первой главе

1. Неблагоприятная пылевая обстановка является неотъемлемой чертой угольных разрезов в связи с высокой запыленностью рабочей зоны, нерациональным использованием методов пылеподавления, неэффективными средствами индивидуальной защиты и т.д. На уровень запыленности воздушной среды оказывают влияние все процессы, непосредственно связанные с ведением открытых горных работ (отвалообразование): бурение, взрывание, вторичное дробление, выемочно-погрузочные работы и операции, связанные с транспортировкой горной массы.

2. Пылевой фактор на угольных разрезах представляет одну из основных угроз жизни и здоровью людей, способствуя развитию профессиональных заболеваний органов дыхания работников (от пылевого бронхита до пневмокониозов).

3. Основная часть профессиональных заболеваний, обусловленных воздействием на организм работников промышленных аэрозолей представлена пневмокониозами (силикозами) – 24,42%. Удельный вес хронических обструктивных (астматических) бронхитов составляет 21,58%, хронических пылевых бронхитов равен 16,79%, других заболеваний – 37,21%.

4. В России и других странах существуют различные подходы к установлению норм ПДК. В отечественной практике уровень концентрации определяется для всей вдыхаемой пыли, независимо от фракционного состава. В зарубежных странах ПДК устанавливаются для мелкодисперсной пыли (меньше чем 10 мкм в диаметре (PM10), и их подфракциям (PM2,5)), так как установлено, что именно мелкие пылевые частицы обуславливают развитие тяжелых заболеваний органов дыхательной системы.

5. Проблемами пылеподавления в зимний период занимались такие ученые как: В.В. Кудряшов, Ю.В. Шувалов., Е.Н. Чемезов, М.Т. Осодоев, А.И. Божедонов, Н.З. Битколов, С.Б. Романченко, Н.Г. Пирамидина, К. Лебецки, Р. Уайтлоу-Грей, Х. и др. Шувалов Ю.В. занимался исследованием борьбы с пылью на карьерах по добыче строительных материалов, исследовал

конструирование систем безопасности с максимальным использованием тепловых эффектов фазовых переходов, а также занимался разработкой средств индивидуальной защиты органов дыхания в условиях низких отрицательных температур. Видгорчик Е.А. исследовал опасную для дыхания пыль и совершенствование средств индивидуальной защиты органов дыхания, Чемезов Е.Н. выявил влияние отрицательных температур на пылеобразование известняка. Кудряшов В.В. установил и экспериментально подтвердил факт увеличения выхода пыли при разрушении горных пород, подвергшихся циклическому процессу промерзания-оттаивания. При этом автором не рассматривалось влияние циклов промерзания-оттаивания на фракционный состав пыли, а также количество циклов. Аналогичные исследования приведены в работах Романченко С.Б. и Руденко Ю.Ф., где установлено, что с понижением температуры воздуха (исследовался диапазон от -25 до -50 °С), интенсивность пылеобразования при разработке горных пород возрастает. При этом исследовался и фракционный состав пыли, но влияние влажности и цикличности на количество и фракционный состав пыли не рассматривалось. Исследований по учету вариативности пылевой нагрузки в зависимости от тяжести выполняемой работы в различные сезоны года в опубликованных источниках нами не найдено.

6. Дисперсный состав пыли в угольных карьерах определяет интенсивность ее взметывания воздушными потоками, время оседания. Для выбора наиболее эффективного способа снижения запыленности воздуха, большую значимость приобретает характер распределения частиц пыли по размерам, так как существующие средства и способы пылеподавления применимы лишь при определенных аэрозолях.

7. Борьба с пылью на угольных предприятиях включает предупреждение пылеобразования, пылеподавление и пылеулавливание. Для улавливания аэрозолей применяют сухие, мокрые и электрические способы очистки, осуществляемые в аппаратах и устройствах различной конструкции. Основными методами пылеподавления являются гидрообеспыливание, использование ПАВ, биогенный и конденсационный способы.

8. Технические мероприятия не в полной мере обеспечивают здоровую пылевую обстановку на рабочих местах (соответствие запыленности воздуха уровню ПДК), в таких случаях обязательно применение индивидуальных средств органов дыхания.

9. При определении дисперсного состава пыли отмечено, что понижение температуры пород ведет к повышению пылеобразования, однако влияние циклических воздействий не рассматривалось.

ГЛАВА 2 ЭКСПЕРТНЫЙ АНАЛИЗ ГОДОВОЙ ВАРИАТИВНОСТИ ТРУДА ПО ПЫЛЕВОМУ ФАКТОРУ

2.1 Оценка вредных производственных факторов методом ранжирования

Промышленность по добыче и переработке полезных ископаемых играет ведущую социально-экономическую роль в нашей стране. Большая часть предприятий находится в районах с суровыми климатическими условиями, характеризующимися низкими температурами длительный период времени. В процессе трудовой деятельности работники подвергаются комплексу неблагоприятных и вредных факторов. Таким, например, как неблагоприятный микроклимат, повышенный уровень шума, недостаточная освещенность, недостаточная обеспеченность средствами индивидуальной защиты может привести к производственно-обусловленным заболеваниям. Кроме того, работа в условиях охлаждающего микроклимата характеризуется повышенной тяжестью напряженностью труда, а также повышенным риском травматизма [6, 20, 60].

Обоснование выбора метода экспертного анализа

При изучении вопросов, связанных с состоянием реальной обстановки на предприятии, решение которых невозможно в полной мере отразить с помощью количественных показателей, целесообразно применить групповой экспертный анализ, т.е. провести исследование проблемы специалистами, компетентными в данной области [2, 79].

В зависимости от целей и задач организация экспертизы включает в себя три этапа: подготовку и формирование рабочей группы, проведение опроса специалистов и обработку экспертных оценок. Основное внимание при проведении подготовительного этапа экспертизы уделяется выбору экспертного опроса. Выбор того или иного вида опроса определяется целями проведения экспертного анализа, сущностью решаемой проблемы, полнотой и достоверностью исходной информации, временем и затратами на проведение опросов [130].

Для оценки степени влияния вредных и опасных факторов на здоровье работников угольных разрезов был проведен специальный экспертный опрос. Известно много методик проведения экспертного опроса, такие как анкетирование, интервьюирование, метод «Дельфи», мозговой штурм.

При организации экспертного опроса об оценке условий труда на угольных разрезах нам был выбран вид опроса – анкетирование, представляющий собой письменный опрос специалистов с помощью анкет. Анкета содержала перечень вопросов различного типа: открытые, закрытые и с веером ответом. На открытые вопросы специалисты могли дать ответ в свободной форме, закрытые при помощи слов: «да», «нет», «не знаю», вопросы веером представляли собой вопросы с выбором из перечня предполагаемых ответов.

Среди методик проведения экспертного вопроса, наиболее удобным является анкетирование, его преимущество – возможность одновременного проведения исследования большой группы специалистов и в сравнительной легкости статистической обработки полученных данных [86].

2.2 Разработка анкеты для экспертизы

Для уточнения и пополнения информации по условиям производственной среды нами была разработана анкета (приложение А). Данная анкета предназначалась для 3 экспертных групп: 1. Кандидаты и доктора технических наук, научные сотрудники 2. Специалисты по охране труда на горнодобывающих предприятиях, расположенных в районах криолитозоны (верхний слой земной коры, характеризующийся отрицательной температурой пород и почв или возможностью существования подземных льдов) и 3. Специалисты, непосредственно работающие на карьерах/разрезах.

Основной целью экспертизы является оценка значимости причин и факторов, влияющих на заболеваемость рабочих карьеров криолитозоны, последующая разработка практических рекомендаций по снижению пылевой нагрузки на персонал на добывающих предприятиях, находящихся в районах криолитозоны.

Экспертами для данного опроса стали специалисты по охране труда, преподаватели ВУЗов и научные работники, занимающиеся проблемами безопасности производственных процессов, а также работники разрезов и карьеров, находящиеся в непосредственном контакте с пылевым аэрозолем (помощники экскаваторщика, бурильщики, взрывники). Анкеты содержали перечень вопросов различного типа: открытые, закрытые и с веером ответов. В процессе проведения экспертной оценки были поставлены следующие задачи: - оценка и анализ условий труда работников; - отсеивание незначимых и выбор производственных факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на заболеваемость работников; - установление влияния колебаний температуры на эффективность и безопасность работ, - установление влияния различных факторов на дисперсный состав пыли и т.д. В частности нас интересовало мнение экспертов по следующим вопросам: нуждается ли в изменении существующий метод оценки пылевой нагрузки, необходимо ли учитывать вариативность пылевой нагрузки в течение года/суток, влияет ли температура пород на уровень пылеобразования, влияют ли циклические криогенные воздействия на дисперсность пыли и ее количество.

Подробные перечень вопросов и анкета приведены в Приложении А.

Численность экспертной группы составила 21 человек.

2.3 Ранжирование факторов

Научные сотрудники

По результатам опроса научных сотрудников, нами составлено три матрицы рангов:

- оценка факторов, влияющих на заболеваемость пневмокониозом (таблица 2.1);
- оценка факторов, влияющих на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ (таблица 2.2);
- оценка факторов, влияющих на тяжесть труда (таблица 2.3).

Таблица 2.1 – Ранги оценки вредных производственных факторов, влияющих на заболеваемость пневмокониозом, по мнению научных сотрудников

Эксперт	Ранги по факторам						
	1	2	3	4	5	6	7
	Регион	Температура воздуха	Тяжесть труда	Сезонность колебаний пылевой нагрузки	Дисперсный состав пыли (количество мелкой фракции)	Вид пыли	Напряженность труда
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
1	4	7	2	6	1	3	5
2	6	7	2	4	1	3	5
3	6	3	2	4	1	5	7
4	5	6	2	4	1	3	7
5	5	2	1	6	3	7	4
6	4	3	2	7	1	5	6
7	6	4	2	7	1	5	3
8	7	3	1	6	2	4	5
Сумма рангов	43	35	14	44	11	35	42
Отклонение Δ _i суммы рангов от средней суммы рангов	11	3	-18	12	-21	3	10
Квадраты отклонений Δ ² _i	121	9	324	144	441	9	100

Данные опроса обрабатывались следующим образом. Для каждого фактора вычислена сумма рангов $\sum_{j=1}^m a_{ij}$, где m - число опрошенных специалистов; a_{ij} - ранг

i -го фактора, присвоенный j -м исследователем. Затем вычисляем отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов для каждого из факторов:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij} \quad (2.2)$$

где Δ_i – отклонение суммы рангов i -го фактора от средней суммы рангов; k – число факторов; $\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}$ – средняя сумма рангов.

Так, в рассматриваемом случае, средняя сумма рангов для семи представленных факторов будет иметь значение:

$$\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij} = \frac{1}{7} (43 + 35 + 14 + 44 + 11 + 35 + 42) = 32 \quad (2.3)$$

Определив значения Δ_i для каждого из факторов, оцениваем степень согласованности мнений опрошенных специалистов. Коэффициент конкордации (W) вычисляем по формуле [60]:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^k \Delta_i^2}{m^2 (k^3 - k)} \quad (2.4)$$

где Δ_i – отклонение суммы рангов i -го фактора от средней суммы рангов; m – число опрошенных специалистов; k – число исследуемых факторов.

В нашем случае:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^k \Delta_i^2}{m^2 (k^3 - k)} = \frac{12(121 + 9 + 324 + 144 + 441 + 9 + 100)}{8^2 (7^3 - 7)} = 0,64 \quad (2.5)$$

Установлено, что при $k \geq 7$ величина $W \cdot m \cdot (k - 1)$ подчиняется χ^2 – распределению. Расчетное значение χ^2 сравниваем с табличным значением из распределения Пирсона. Гипотеза о наличии согласия мнений опрошенных специалистов принимается, если $\chi_p^2 \geq \chi_t^2$ (где χ_p^2 – расчетное значение критерия

Пирсона; χ_t^2 - табличное значение критерия Пирсона). В нашем случае: $\chi_p^2 = 8 \cdot (7 - 1) \cdot 0,64 = 30,72$ [6, 60]. При 5% -ном уровне значимости ($\alpha = 0,05$) и числе степеней свободы $(k - 1) = 7 - 1 = 6$ табличное значение χ_t^2 составляет 12,6. Таким образом, можно считать, что мнения специалистов согласуются.

Убедившись в согласованности мнений специалистов, строим диаграмму рангов (рисунок 2.1). Степень влияния фактора на исследуемую величину оценивается по величине суммы рангов: *чем меньше сумма рангов фактора, тем большее влияние он оказывает на исследуемую величину* [130].

Из рисунка 2.1 следует, что наибольшее влияние на здоровье работников оказывают, фактор x_5 - «дисперсный состав пыли» (сумма рангов 11), далее факторы x_3 - «тяжесть труда» (14), x_2 - «вид пыли» (35) и x_6 - «температура» (35), x_7 - «напряженность труда» (42), x_1 - «регион» (43) и x_4 - «сезонное колебание температуры» (44).

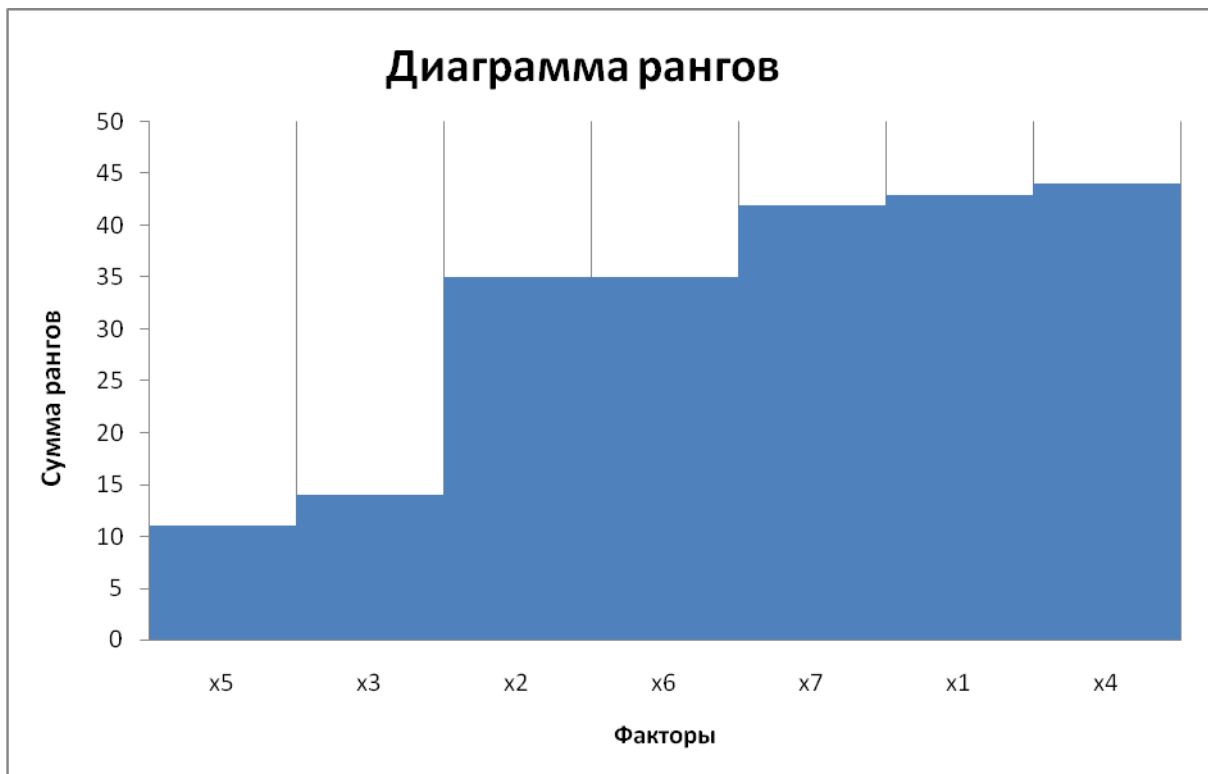


Рисунок 2.1 – Диаграмма рангов по опросу научных сотрудников

Таблица 2.2 – Ранги вредных производственных факторов, оказывающих влияние на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ, по мнению научных сотрудников

Эксперт	Ранги по факторам					
	1	2	3	4	5	6
	Регион	Температура воздуха	Сезонность колебаний температуры воздуха	Суточные колебания температуры	Способ ведения добычных работ	Крепость, влажность, вещественный состав и степень метаморфизма угля
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
1	5	4	2	6	3	1
2	4	5	2	6	3	1
3	6	4	1	5	2	3
4	6	4	3	5	1	2
5	6	4	3	5	1	2
6	6	5	1	4	2	3
7	5	4	2	6	3	1
8	5	4	2	6	3	1
Сумма рангов	43	34	16	43	18	14
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	15	6	12	15	-10	-14
Квадраты отклонений Δ_i^2	225	36	144	225	100	196

Коэффициент конкордации $W=0,82$.

Из рисунка 2.2 следует, что наибольшее влияние на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ оказывают, фактор x_3 - «сезонность колебаний температуры» (сумма рангов 16), далее факторы x_5 - «способ ведения добычных работ» (18), x_2 - «температура воздуха» (34), x_6 - «влажность, крепость, вещественный состав и степень метаморфизма угля» (41), x_1 - «регион» (43) и x_4 - «суточные колебания температуры» (43).

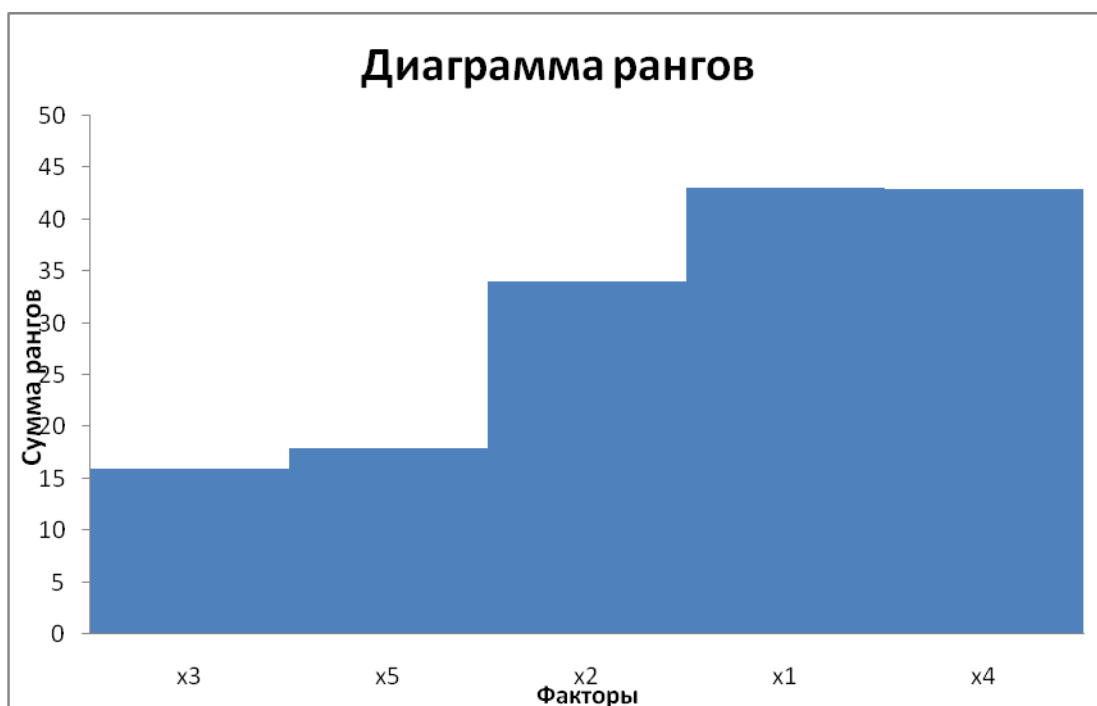


Рисунок 2.2 – Диаграмма рангов по опросу научных сотрудников

Таблица 2.3 – Ранги вредных производственных факторов, оказывающие влияние на тяжесть труда, по мнению научных сотрудников

Эксперт	Ранги по факторам				
	1	2	3	4	5
	Регион	Температура воздуха	Пылевая нагрузка	Использование СИЗов	Работа в ночные смены
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1	4	2	1	5	3

Продолжение таблицы 2.3

Эксперт	Ранги по факторам				
	1	2	3	4	5
	Регион	Температура воздуха	Пылевая нагрузка	Использование СИЗов	Работа в ночные смены
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
2	4	2	1	5	3
3	4	2	1	3	5
4	5	1	4	2	3
5	5	1	2	3	4
6	4	2	1	5	3
7	5	3	1	2	4
8	4	2	1	5	3
Сумма рангов	35	15	12	30	28
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	11	-9	-12	6	4
Квадраты отклонений Δ_i^2	121	81	144	36	16

Коэффициент конкордации $W=0,62$.

Из рисунка 2.3 следует, что наибольшее влияние на здоровье работников оказывают, фактор x_3 - «пылевая нагрузка» (сумма рангов 12), далее факторы x_2 - «температуры воздуха» (15), x_5 - «работы в ночную смену» (28), x_4 - «использование СИЗов» (30) и x_1 - «регион» (35).

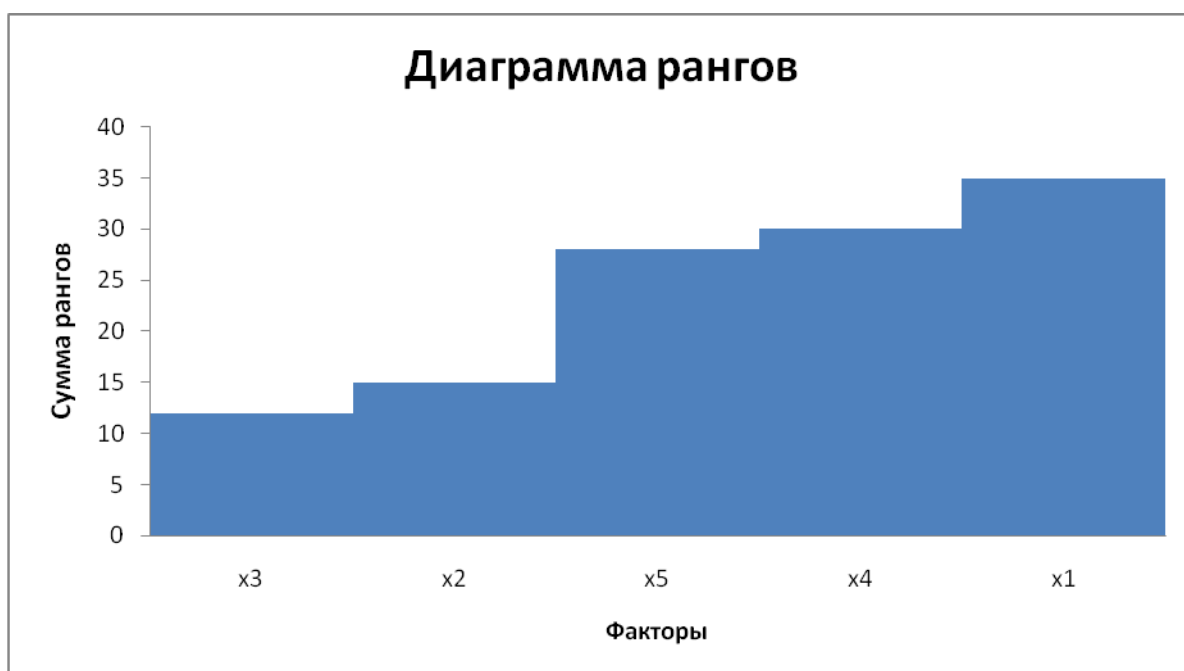


Рисунок 2.3 – Диаграмма рангов по опросу научных сотрудников

Специалисты по охране труда

По результатам опроса специалистов по охране труда (ОТ), нами составлено три матрицы рангов:

- оценка факторов, влияющих на заболеваемость пневмокониозом (таблица 2.4);
- оценка факторов, влияющих на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ (таблица 2.5);
- оценка факторов, влияющих на тяжесть труда (таблица 2.6).

Из рисунка 2.4 следует, что наибольшее влияние на здоровье работников оказывают, фактор x_5 - «дисперсный состав пыли» (сумма рангов 7), далее факторы x_3 - «тяжесть труда» (9), x_6 - «температура» (21), x_4 - «сезонное колебание температуры» (24), x_2 - «вид пыли» (25), x_1 - «регион» (26) и x_7 - «напряженность труда» (28).

Таблица 2.4 – Ранги вредных производственных факторов, оказывающие влияние на заболеваемость пневмокониозом, по мнению специалистов по ОТ

Эксперт	Ранги по факторам						
	1	2	3	4	5	6	7
	Регион	Температура воздуха	Тяжесть труда	Сезонность колебаний пылевой нагрузки	Дисперсный состав пыли (количество мелкой фракции)	Вид пыли	Напряженность труда
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	4	7	2	6	1	3	5
2	6	7	2	4	1	3	5
3	6	3	2	4	1	5	7
4	5	6	2	4	1	3	7
5	5	2	1	6	3	7	4
Сумма рангов	26	25	9	24	7	21	28
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	6	5	-11	4	-13	1	8
Квадраты отклонений Δ_i^2	36	25	121	16	169	1	64

Коэффициент конкордации $W=0,62$.

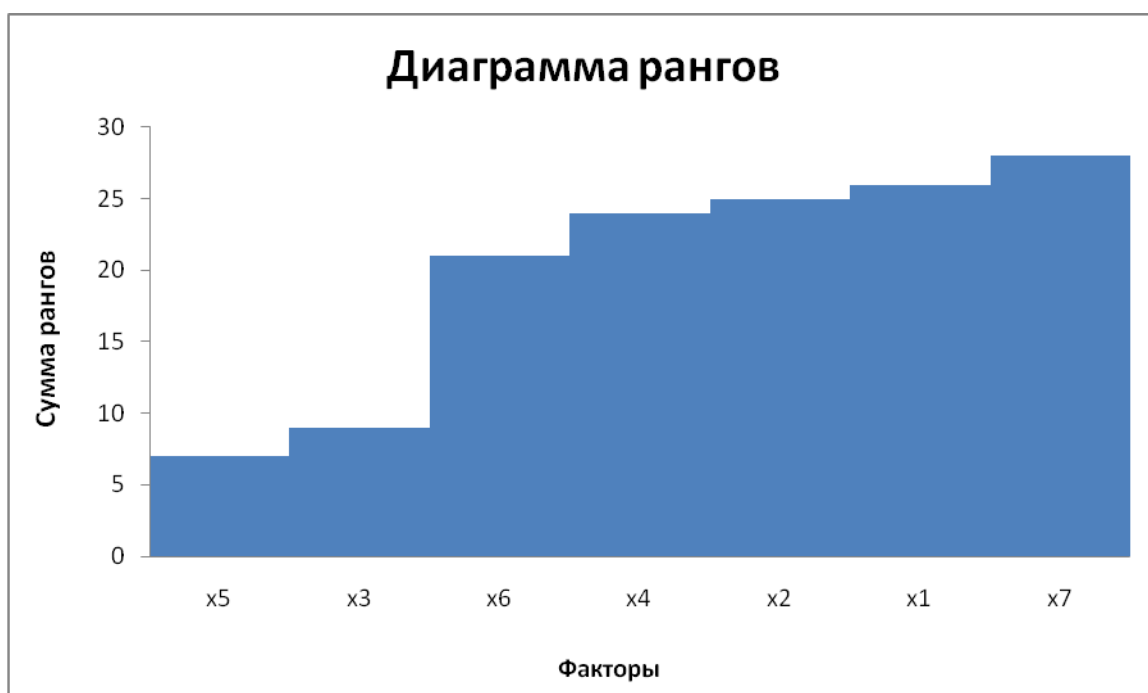


Рисунок 2.4 – Диаграмма рангов по опросу специалистов по ОТ

Таблица 2.5 – Ранги вредных производственных факторов, оказывающих влияние на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ, по мнению специалистов по ОТ

Эксперт	Ранги по факторам					
	1	2	3	4	5	6
	Регион	Температура воздуха	Сезонность колебаний температуры воздуха	Суточные колебания температуры	Способ ведения добычных работ	Влажность, крепость, вещественный состав и степень метаморфизма угля
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
1	5	4	2	6	3	1
2	4	5	2	6	3	1
3	6	4	1	5	2	3
4	6	4	3	5	1	2
5	6	4	3	5	1	2

Продолжение таблицы 2.5

Эксперт	Ранги по факторам					
	1	2	3	4	5	6
	Регион	Температура воздуха	Сезонность колебаний температуры воздуха	Суточные колебания температуры	Способ ведения добычных работ	Влажность, крепость, вещественный состав и степень метаморфизма угля
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
Сумма рангов	27	21	11	27	10	9
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	10	4	-6	10	-7	-8
Квадраты отклонений Δ_i^2	100	16	36	100	49	64

Коэффициент конкордации $W=0,51$.

Из рисунка 2.5 следует, что наибольшее влияние на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ оказывают, фактор x_6 - «влажность, крепость, вещественный состав и степень метаморфизма угля» (сумма рангов 9), x_5 - «способ ведения добычных работ» (10), x_3 - «сезонность колебаний температуры» (11), далее факторы, x_2 – «температура воздуха» (21), , x_1 - «регион» (27) и x_4 - «суточные колебания температуры» (27).

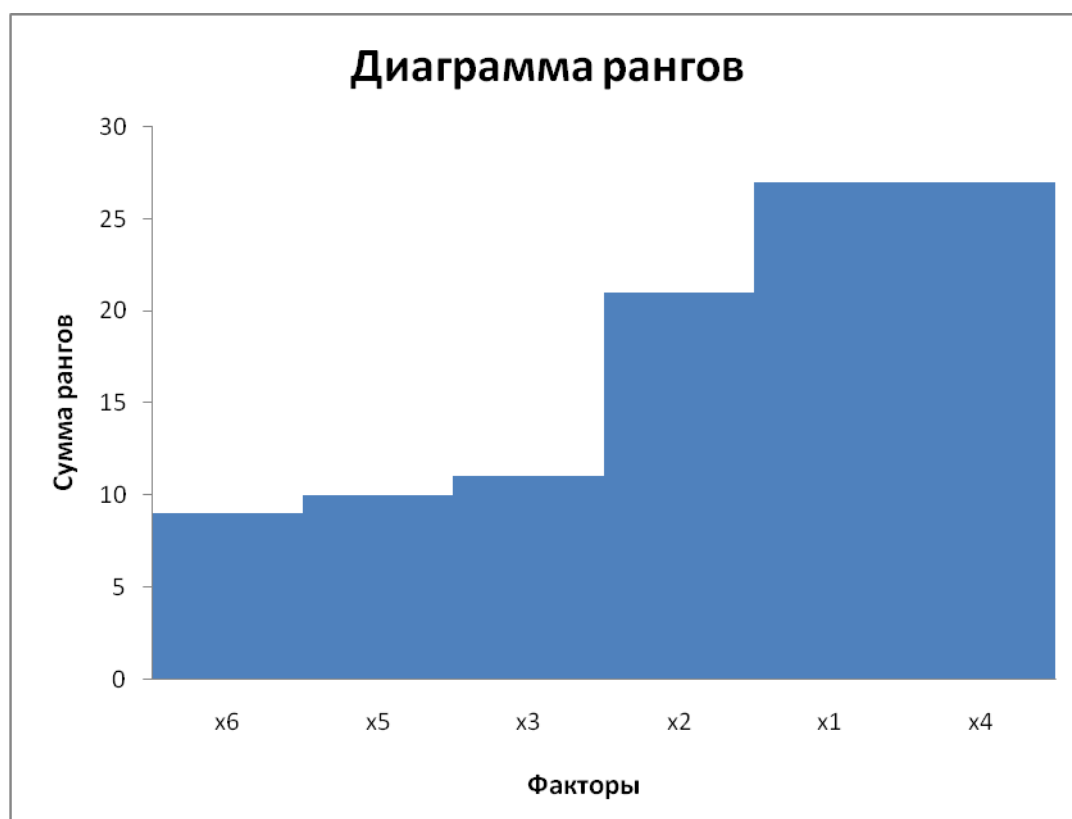


Рисунок 2.5 – Диаграмма рангов по опросу специалистов по ОТ

Таблица 2.6 – Ранги вредных производственных факторов, оказывающие влияние на тяжесть труда, по мнению специалистов по ОТ

Эксперт	Ранги по факторам				
	1	2	3	4	5
	Регион	Температура а воздуха	Пылевая нагрузка	Использован ие СИЗов	Работа в ночные смены
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅
1	4	2	1	5	3
2	4	2	1	5	3
3	4	2	1	3	5
4	5	4	1	2	3
5	5	1	2	3	4
Сумма рангов	22	11	6	18	18

Продолжение таблицы 2.6

Эксперт	Ранги по факторам				
	1	2	3	4	5
	Регион	Температура а воздуха	Пылевая нагрузка	Использован ие СИЗов	Работа в ночные смены
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	7	-4	-9	3	3
Квадраты отклонений Δ_i^2	49	16	81	9	9

Коэффициент конкордации $W=0,66$.

Из рисунка 2.6 следует, что наибольшее влияние на тяжесть труда работников оказывают: фактор x_3 - «пылевая нагрузка» (сумма рангов 6), далее факторы x_2 - «температуры воздуха» (11), x_4 - «использование СИЗов» (18) и x_5 - «работы в ночную смену» (18), x_1 - «регион» (22).

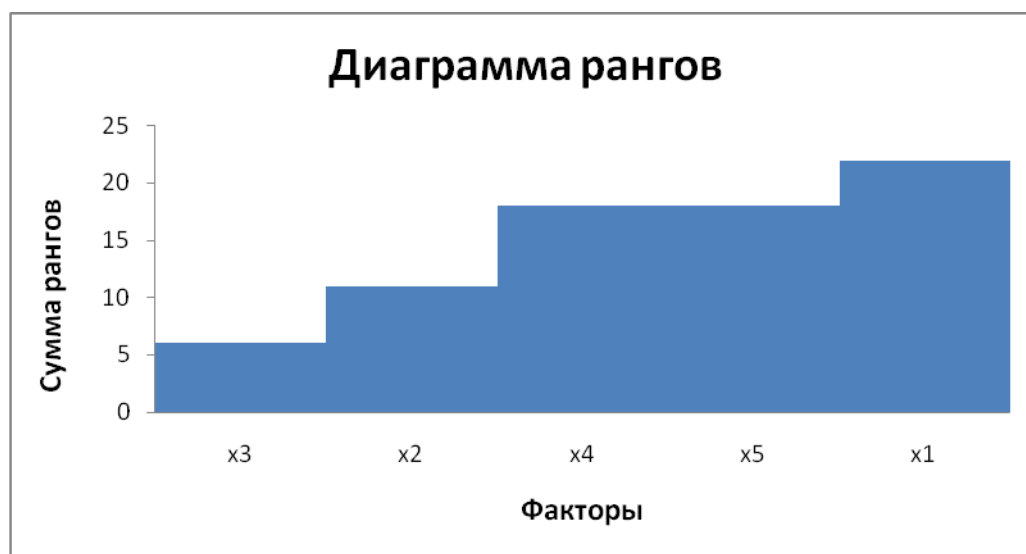


Рисунок 2.6 – Диаграмма рангов по опросу специалистов по ОТ

Работники на открытых горных работах

По результатам опроса работников, нами составлено три матрицы рангов:

- оценка факторов, влияющих на заболеваемость пневмокониозом (таблица 2.7);
- оценка факторов, влияющих на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ (таблица 2.8);
- оценка факторов, влияющих на тяжесть труда (таблица 2.9).

Таблица 2.7 – Ранги оценки вредных производственных факторов, влияющих на заболеваемость пневмокониозом, по мнению работников

Эксперт	Ранги по факторам						
	1	2	3	4	5	6	7
	Регион	Температура воздуха	Тяжесть труда	Сезонность колебаний пылевой нагрузки	Дисперсный состав пыли (количество мелкой фракции)	Вид пыли	Напряженность труда
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	6	3	2	4	1	5	7
2	5	6	2	4	1	3	7
3	5	2	1	6	3	7	4
Сумма рангов	16	11	5	14	5	15	18
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	4	-1	-7	2	-7	3	6
Квадраты отклонений Δ_i^2	16	1	49	4	49	9	36

Коэффициент конкордации $W=0,65$.

Из рисунка 2.7 следует, что наибольшее влияние на здоровье работников оказывают, x_3 - «тяжесть труда» (сумма рангов 5) и фактор x_5 - «дисперсный состав пыли» (5), далее факторы, x_2 - «вид пыли» (11), x_4 - «сезонное колебание температуры» (14), x_6 - «температура» (15), x_1 - «регион» (16) и x_7 - «напряженность труда» (18).

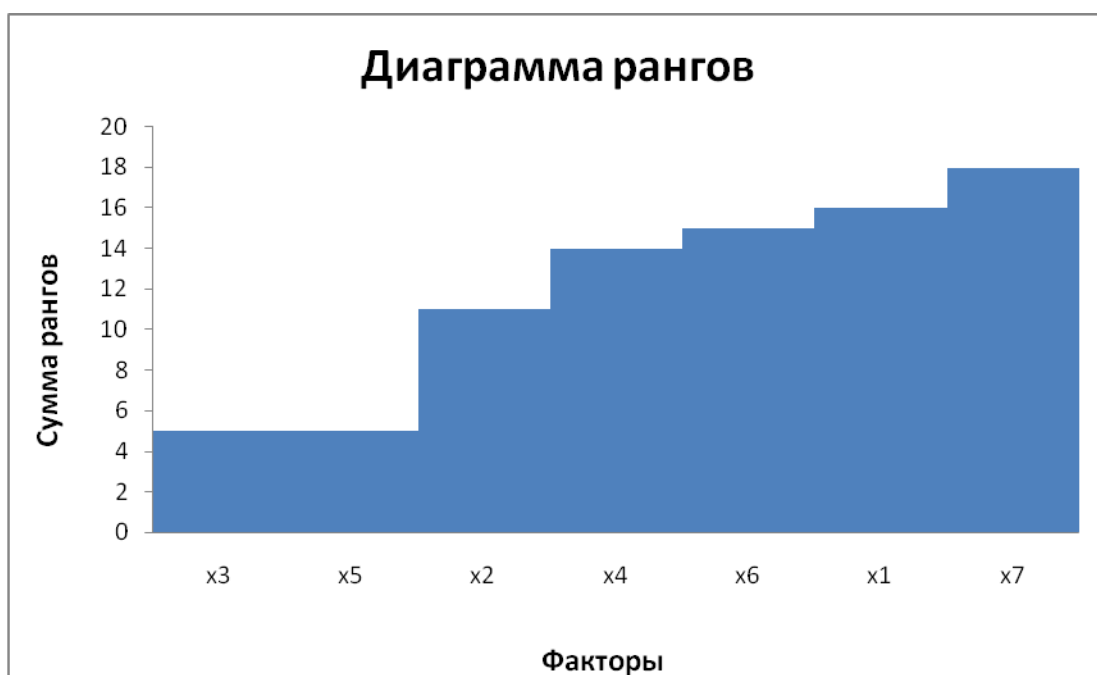


Рисунок 2.7 – Диаграмма рангов по опросу работников

Таблица 2.8 – Ранги вредных производственных факторов, оказывающих влияние на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ, по мнению работников

Эксперт	Ранги по факторам					
	1	2	3	4	5	6
	Регион	Температура воздуха	Сезонность колебаний температуры воздуха	Суточные колебания температуры	Способ ведения добычных работ	Влажность, крепость, вещественный состав и степень метаморфизма угля
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
1	5	4	2	6	3	1
2	4	5	2	6	3	1
3	6	4	1	5	2	3
Сумма рангов	15	13	5	17	8	5
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	5	3	-5	7	-2	-5
Квадраты отклонений Δ_i^2	25	9	25	49	4	25

Коэффициент конкордации $W=0,86$.

Из рисунка 2.8 следует, что наибольшее влияние на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ оказывают: фактор x_3 – «сезонность колебаний температуры» (сумма рангов 5), x_6 – «влажность, крепость, вещественный состав и степень метаморфизма угля» (5), x_5 – «способ ведения добычных работ» (8), далее факторы, x_2 – «температура воздуха» (13), x_1 – «регион» (15) и x_4 – «суточные колебания температуры» (17).



Рисунок 2.8 – Диаграмма рангов по опросу работников

Таблица 2.9 – Ранги вредных производственных факторов, оказывающие влияние на тяжесть труда, по мнению работников

Эксперт	Ранги по факторам				
	1	2	3	4	5
	Регион	Температура воздуха	Пылевая нагрузка	Использование СИЗов	Работа в ночные смены
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅
1	4	2	1	3	5
2	5	4	1	2	3
3	5	1	2	3	4
Сумма рангов	14	7	4	8	12
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	5	-2	-5	-1	3

Продолжение таблицы 2.9

Эксперт	Ранги по факторам				
	1	2	3	4	5
	Регион	Температура воздуха	Пылевая нагрузка	Использование СИЗов	Работа в ночные смены
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Квадраты отклонений Δ^2_i	25	4	25	1	9

Коэффициент конкордации $W=0,7$.

Из рисунка 2.9 следует, что наибольшее влияние на тяжесть труда работников оказывают: фактор x_3 - «пылевая нагрузка» (сумма рангов 4), далее факторы x_2 - «температуры воздуха» (7), x_4 - «использование СИЗов» (8) и x_5 - «работы в ночную смену» (12), x_1 - «регион» (14).

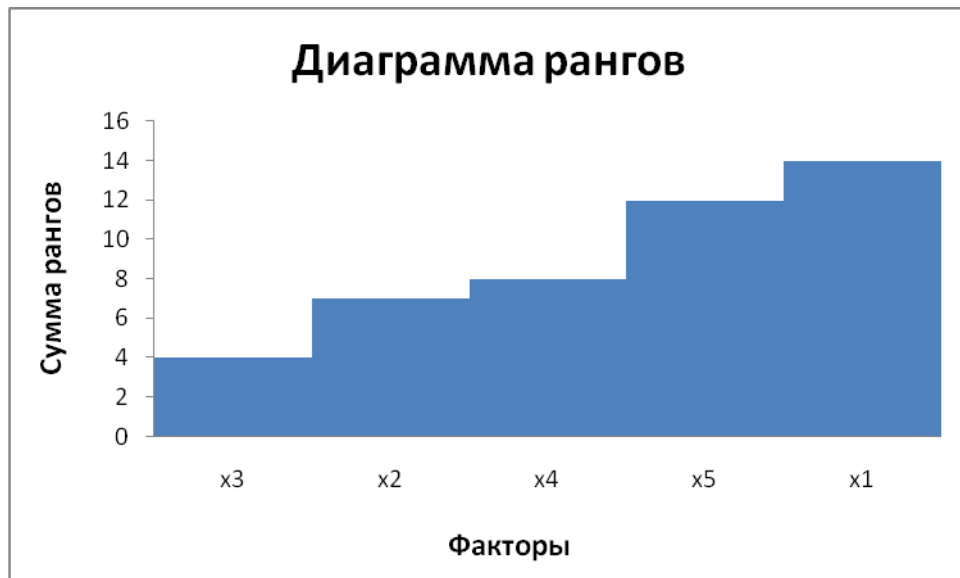


Рисунок 2.9 – Диаграмма рангов по опросу работников

Общая оценка

Таблица 2.10 – Общая оценка вредных производственных факторов, влияющих на заболеваемость пневмокониозом

Эксперт	Ранги по факторам						
	1	2	3	4	5	6	7
	Регион	Температура воздуха	Тяжесть труда	Сезонность колебаний пылевой нагрузки	Дисперсный состав пыли (количество мелкой фракции)	Вид пыли	Напряженность труда
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
1	4	7	2	6	1	3	5
2	6	7	2	4	1	3	5
3	6	3	2	4	1	5	7
4	5	6	2	4	1	3	7
5	5	2	1	6	3	7	4
6	4	3	2	7	1	5	6
7	6	4	2	7	1	5	3
8	7	3	1	6	2	4	5
9	4	7	2	6	1	3	5
10	6	7	2	4	1	3	5
11	6	3	2	4	1	5	7
12	5	6	2	4	1	3	7
13	5	2	1	6	3	7	4
14	6	3	2	4	1	5	7
15	5	6	2	4	1	3	7
16	5	2	1	6	3	7	4
Сумма рангов	85	71	28	82	23	71	88

Продолжение таблицы 2.10

Эксперт	Ранги по факторам						
	1	2	3	4	5	6	7
	Регион	Температура воздуха	Тяжесть труда	Сезонность колебаний пылевой нагрузки	Дисперсный состав пыли (количество мелкой фракции)	Вид пыли	Напряженность труда
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	21	7	-36	18	-41	7	24
Квадраты отклонений Δ_i^2	441	49	1296	324	1681	49	576

Коэффициент конкордации $W=0,62$.

Из рисунка 2.10 следует, что наибольшее влияние на здоровье работников оказывают: фактор x_5 – «дисперсный состав пыли» (сумма рангов 23), далее факторы x_3 – «тяжесть труда» (28), x_2 – «вид пыли» (71) и x_6 – «температура» (71), x_4 – «сезонное колебание температуры» (82), x_1 – «регион» (85) и x_7 – «напряженность труда» (88).

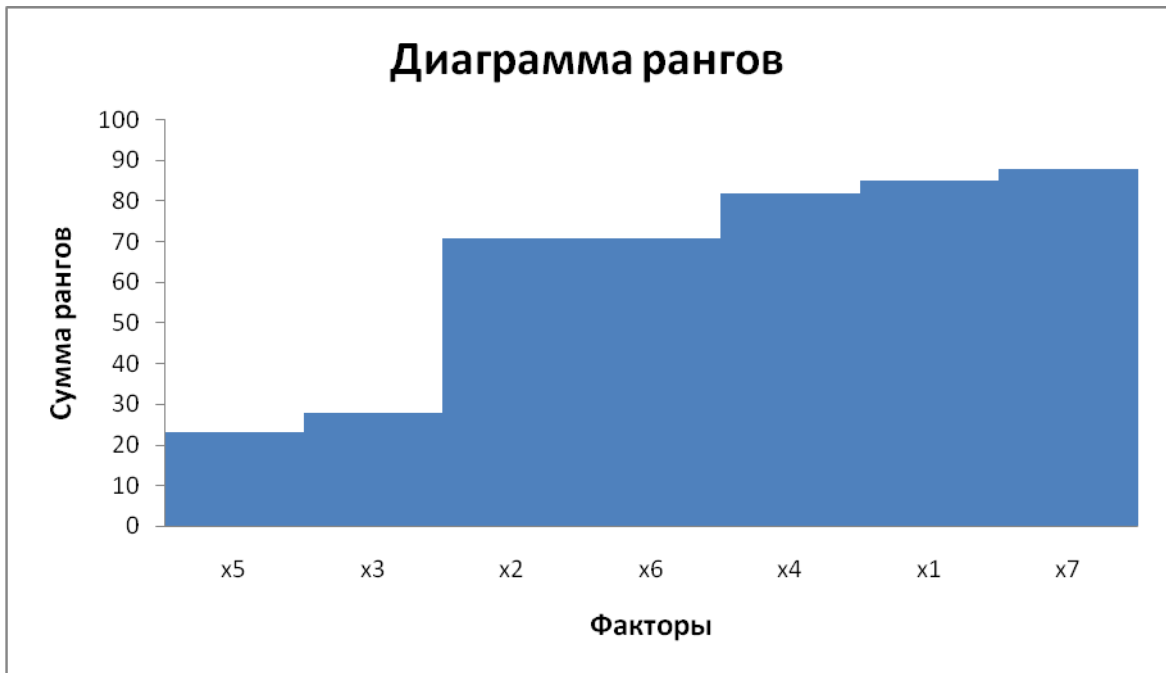


Рисунок 2.10 – Общая диаграмма рангов

Таблица 2.11 – Общая оценка факторов, оказывающих влияние на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ

Эксперт	Ранги по факторам					
	1	2	3	4	5	6
	Регион	Температура воздуха	Сезонность колебаний температуры воздуха	Суточные колебания температуры	Способ ведения добычных работ	Крепость, влажность, вещественный состав и степень метаморфизма угля
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆
1	5	4	2	6	3	1
2	4	5	2	6	3	1
3	6	4	1	5	2	3
4	6	4	3	5	1	2
5	6	4	3	5	1	2
6	6	5	1	4	2	3

Продолжение таблицы 2.11

Эксперт	Ранги по факторам					
	1	2	3	4	5	6
	Регион	Температура воздуха	Сезонность колебаний температуры воздуха	Суточные колебания температуры	Способ ведения добычных работ	Крепость, влажность, вещественный состав и степень метаморфизма угля
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
7	5	4	2	6	3	1
8	5	4	2	6	3	1
9	5	4	2	6	3	1
10	4	5	2	6	3	1
11	6	4	1	5	2	3
12	6	4	3	5	1	2
13	6	4	3	5	1	2
14	5	4	2	6	3	1
15	4	5	2	6	3	1
16	6	4	1	5	2	3
Сумма рангов	85	68	32	87	36	28
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	29	12	-24	31	-20	-28
Квадраты отклонений Δ_i^2	841	144	576	961	400	784

Коэффициент конкордации $W=0,83$.

Из рисунка 2.11 следует, что наибольшее влияние на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ оказывают: фактор x_6 - «влажность, крепость, вещественный состав и степень метаморфизма угля»

(сумма рангов 28), x_3 - «сезонность колебаний температуры» (32), далее факторы x_5 - «способ ведения добычных работ» (36), x_2 – «температура воздуха» (68), x_1 - «регион» (85) и x_4 - «суточные колебания температуры» (87).

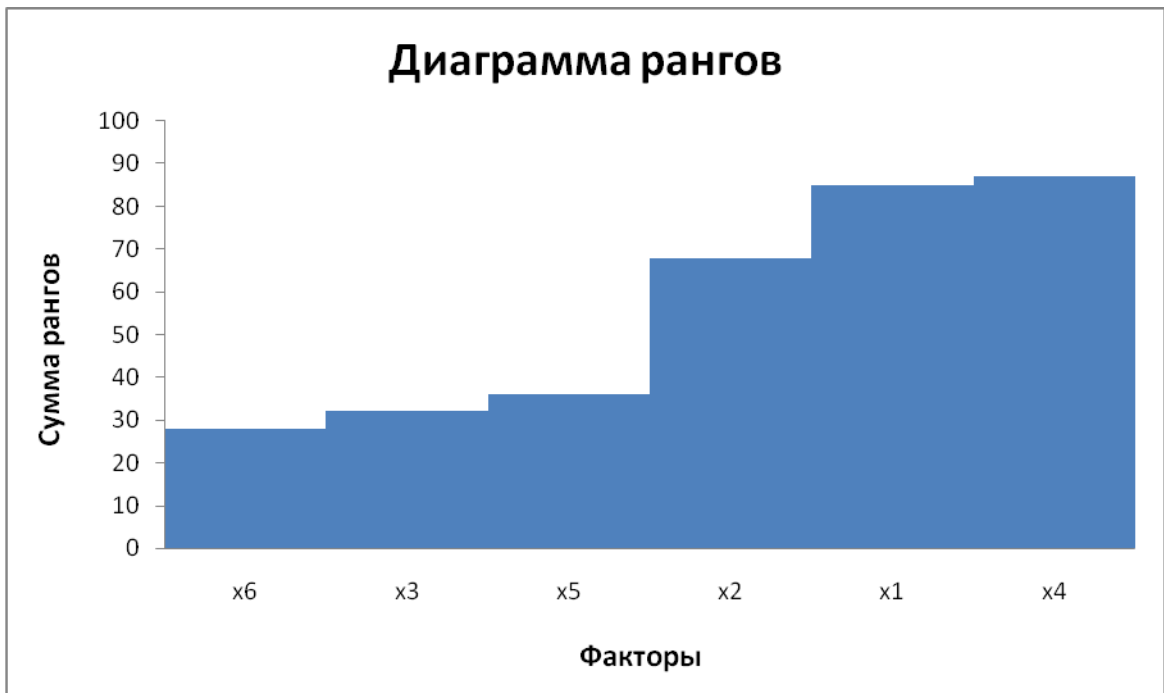


Рисунок 2.11 – Общая диаграмма рангов

Таблица 2.12 – Общая оценка факторов, оказывающих влияние на тяжесть труда

Эксперт	Ранги по факторам				
	1	2	3	4	5
	Регион	Температура воздуха	Пылевая нагрузка	Использование СИЗов	Работа в ночные смены
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1	4	2	1	5	3
2	4	2	1	5	3
3	4	2	1	3	5
4	5	1	4	2	3
5	5	1	2	3	4
6	4	2	1	5	3
7	5	3	1	2	4
8	4	2	1	5	3

Продолжение таблицы 2.12

Эксперт	Ранги по факторам				
	1	2	3	4	5
	Регион	Температура воздуха	Пылевая нагрузка	Использование СИЗов	Работа в ночные смены
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
9	4	2	1	5	3
10	4	2	1	5	3
11	4	2	1	3	5
12	5	4	1	2	3
13	5	1	2	3	4
14	4	2	1	3	5
15	5	4	1	2	3
16	5	1	2	3	4
Сумма рангов	71	33	22	56	58
Отклонение Δ_i суммы рангов от средней суммы рангов	23	-15	-26	8	10
Квадраты отклонений Δ_i^2	529	225	676	64	100

Коэффициент конкордации $W=0,62$.

Из рисунка 2.12 следует, что наибольшее влияние на тяжесть труда работников оказывают: фактор x_3 - «пылевая нагрузка» (сумма рангов 22), далее факторы x_2 - «температуры воздуха» (33), x_4 - «использование СИЗов» (56), x_5 - «работы в ночную смену» (58) и x_1 - «регион» (71).

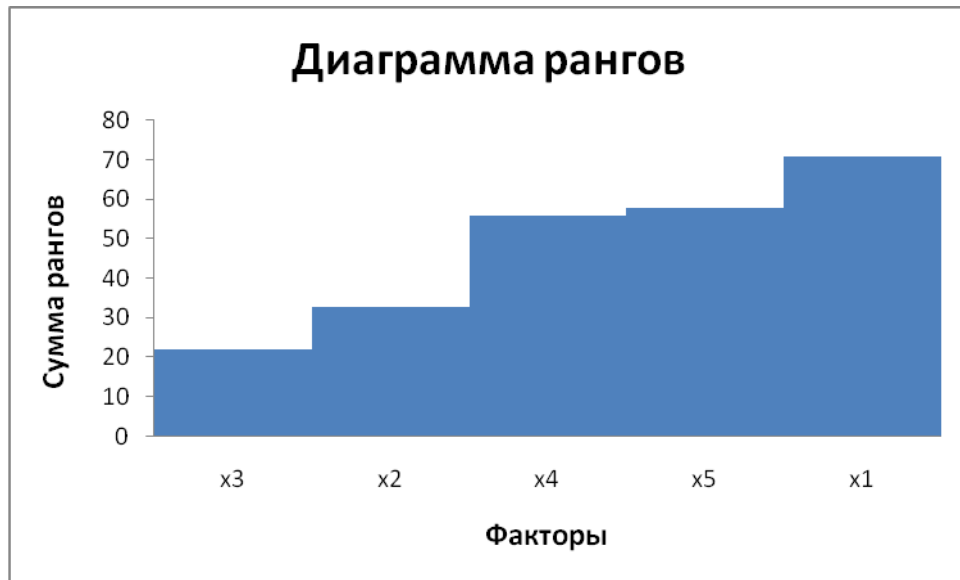


Рисунок 2.12 – Общая диаграмма рангов

Для оценки воздействия циклов промерзания-оттаивания на выход мелкодисперсных частиц, экспертам были предложены диапазоны температур и задан вопрос о влиянии данных диапазонов температур на дисперсность образуемой пыли. На рисунке 2.13 представлены результаты оценки экспертных групп, из которого следует, что мнения групп расходятся, при этом для экспертной группы «специалисты по ОТ», коэффициент конкордации составил $W=0,64$, а группы «научные сотрудники» - $W=0,83$.

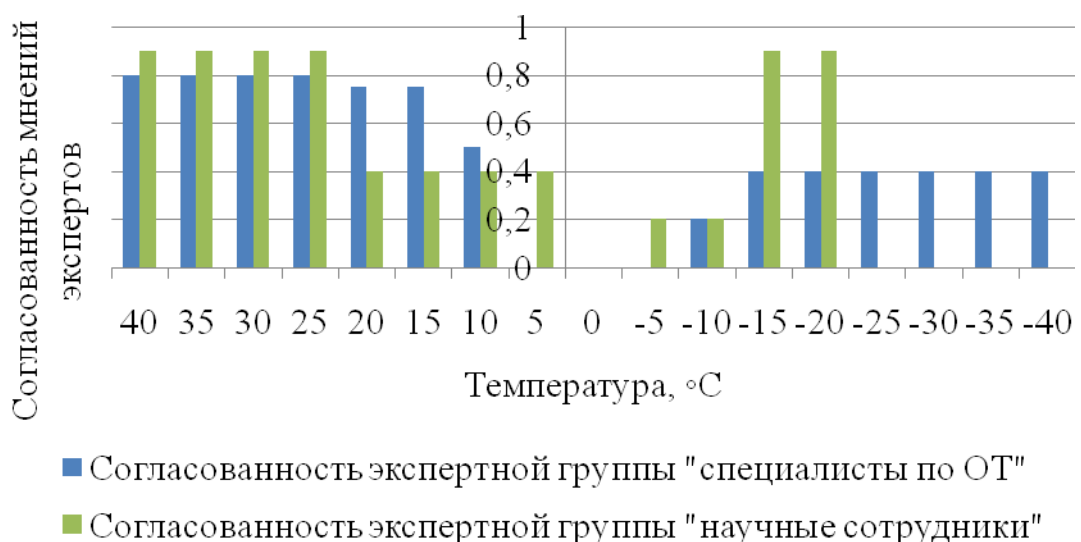


Рисунок 2.13 – Согласованность мнений экспертных групп о влиянии циклических криогенных воздействий на пылеобразование при различных температурах окружающей среды

2.4 Анализ ранжирования

По результатам проведенной экспертной оценки следует, что коэффициент конкордации увеличивается, если проводить более детальное ранжирование, то есть отдельно оценивать работников, непосредственно занятых на производственной площадке, специалистов по охране труда и научных сотрудников, которые оценивают условия труда работников.

Анализ ранжирования показывает, что 20 экспертов из 21 отметили, что тяжесть труда работников изменяется в течение года. Некоторые уточнили, что тяжесть труда будет напрямую зависеть от объема выполняемой работы.

На вопрос, изменяется ли пылевая нагрузка на рабочих в течение года, абсолютно все эксперты ответили положительно. Также отмечено, что существующий метод оценки пылевой нагрузки нуждается в изменении.

Мнение о влиянии суточных колебаний температуры на пылевую нагрузку разделились: 10 экспертов считают, что влияет, 3 – незначительно, 8 – не влияет.

Необходимость учитывать вариативность пылевой нагрузки в течение года подтверждена всеми экспертами.

Сравнивая ответы между тремя экспертными группами, отмечено, что в некоторых вопросах о распределении мест возникали различия, так при оценке влияния вредных факторов на дисперсный состав пыли, образующейся при ведении добычных работ, научные сотрудники и специалисты по ОТ на первое место по степени важности поставили фактор «Влажность, крепость, вещественный состав и степень метаморфизма угля», а работники, непосредственно занимающиеся добычей угля поставили «Сезонность колебаний температуры воздуха». Также на второе место по значимости научные сотрудники вывели «Сезонность колебаний температуры воздуха», специалисты по ОТ – «Способ ведения добычных работ», а работники – «Влажность, крепость, вещественный состав и степень метаморфизма угля».

Таким образом, проведенная экспертная оценка показала, что существует необходимость учета отдельного экспертного анализа по основным вопросам для

научного, инженерного и рабочего персонала горнодобывающего предприятия с использованием открытого и закрытого веерного опроса.

2.5 Выводы ко второй главе

1. Для сбора точной информации по условиям производственной среды, нами была создана анкета, которая предназначалась для трех экспертных групп: а) кандидаты и доктора технических наук, научные сотрудники, б) специалисты по охране труда и в) специалисты, непосредственно работающие на карьерах/разрезах.
2. Проведена экспертная оценка и ранжирование производственных факторов, оказывающих влияние на заболеваемость пневмокониозом, дисперсный состав пыли, присутствующей в рабочей зоне и на тяжесть труда рабочих.
3. Проведение детальной оценки позволяет наиболее точно выяснить, какие факторы оказывают большее воздействие на работников.
4. 20 экспертов из 21 отметили, что тяжесть труда работников изменяется в течение года. Некоторые уточнили, что тяжесть труда будет напрямую зависеть от объема выполняемой работы.
5. На вопрос, изменяется ли пылевая нагрузка на рабочих в течение года, абсолютно все эксперты ответили положительно. Также отмечено, что существующий метод оценки пылевой нагрузки нуждается в изменении.
6. Мнение о влиянии суточных колебаний температуры на пылевую нагрузку разделились: 10 экспертов считают, что влияет, 3 – незначительно, 8 – не влияет.
7. Необходимость учитывать вариативность пылевой нагрузки в течение года подтверждена всеми экспертами.
8. Основными факторами, которые оказывают влияние на **заболеваемость** пневмокониозом работников по общей оценке, являются: фактор x_5 - «дисперсный состав пыли» (сумма рангов 23), далее факторы x_3 - «тяжесть труда» (28), x_2 – «вид пыли» (71) и x_6 - «температура» (71), x_4 - «сезонное колебание температуры» (82), x_1 - «регион» (85) и x_7 - «напряженность труда» (88). Коэффициент конкордации $W=0,62$.
9. Основными факторами, влияющие на **дисперсный состав**, образующейся

при ведении добычных работ оказывают, фактор x_6 - «влажность, крепость, вещественный состав и степень метаморфизма угля» (сумма рангов 28), x_3 - «сезонность колебаний температуры» (32), далее факторы x_5 - «способ ведения добычных работ» (36), x_2 - «температура воздуха» (68), x_1 - «регион» (85) и x_4 - «суточные колебания температуры» (87). Коэффициент конкордации $W=0,83$.

10. Основными факторами, оказывающими влияние на **тяжесть труда** рабочих: x_3 - «пылевая нагрузка» (сумма рангов 22), далее факторы x_2 - «температуры воздуха» (33), x_4 - «использование СИЗов» (56), x_5 - «работы в ночную смену» (58) и x_1 - «регион» (71). Коэффициент конкордации $W=0,62$.

11. Анализ результатов экспертизы показал, что дальнейшее совершенствование методики оценки пылевой нагрузки должно базироваться на учете таких определяющих показателей, как изменение уровня пылеобразования углей при циклических криогенных воздействиях, а также вариативности тяжести труда в течение годового цикла. Полученные высокие значения коэффициента конкордации, практически, по всем ключевым вопросам экспертизы, подтвердили обоснованность разделения экспертов на профильные группы и целесообразность идентичного анкетирования с помощью вопросов открытого и закрытого типа.

ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ПЫЛИ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ КРИОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

В настоящее время отсутствует единая система измерения содержания пыли в рабочей зоне. Каждая страна придерживается своего пути нормирования содержания пыли в воздухе рабочей зоны и соответственно, своих мер по пылеподавлению [103].

Нормативы качества атмосферного воздуха в развитых странах осуществляются исходя из фракционного состава взвешенных в воздухе частиц. В таблице 3.1 показано сопоставление нормативов качества воздуха в различных странах, из которой видно, что в ряде стран осуществлен переход на нормирование содержания в воздушной среде частиц пыли с размерами не более 2,5 мкм и (или) 10 мкм [1].

Таблица 3.1 – Ориентировочные данные по измерению и оценке концентрации пыли в каменноугольной промышленности Германии, Франции, Великобритании, США и России

Страны	Концентрация, мкг/м ³	
	PM10	PM2,5
Великобритания	50	25
США	150	15
Австралия	50	25
ЕС	40	25
РФ	-	-

На данный момент достаточно изучен патогенез воздействия пылевых частиц на организм работающего, причем их размер является очень важным фактором. Особую опасность представляют респираторные и трахеобронхиальные пылинки, способные проникать в альвеолы и в периферии легкого. Несмотря на многие теоретические и практические исследования в разработке эффективных инженерных решений по защите работающих от пыли, в настоящее время отсутствует единая методология комплексной оценки пылевой

обстановки на предприятиях. Процессы, связанные с выделением, распространением, оседанием, улавливанием пыли, имеют стохастическую природу. Поэтому представляется перспективным комплексно оценивать пылевую обстановку с использованием методов классической теории вероятности и аппарата теории случайных процессов. Это позволяет более точно охарактеризовать пылевую обстановку на предприятии и решать целый ряд конкретных задач с учетом различных факторов [1].

За последние 10 лет выявлено, что на заболеваемость рабочих влияет не только содержание свободной двуокиси кремния, но и фракционный состав пыли (самой опасной является пыль фракцией от 2 до 5 мкм, т.к. она задерживается в альвеолах легких и остается до 50-90 % случаев). В ряде стран уже осуществлен переход на нормирование содержания в воздухе пыли в зависимости от фракционного состава. Некоторые страны проводят такую границу до 2,5 мкм, другие – до 10 мкм. В России данное нормирование проводится по стандарту ГОСТ Р ИСО 7708-2006 [32], но в расчет пылевой нагрузки на работников норматив не входит, что негативно влияет на всю ситуацию: если в мире существует тенденция к понижению уровня пневмокониозных заболеваний, то в России – наоборот, заболевания легких у рабочих стоят в тройке самых частых профессиональных заболеваний. Все это говорит об актуальности проблемы борьбы с пылью на угольных предприятиях России.

3.1 Исследование фракционного состава пыли в воздухе рабочей зоны

Кудряшов В.В. [74] установил механизм сезонных колебаний запыленности воздуха в шахтах Севера. В его работах установлен и экспериментально подтвержден факт увеличения выхода пыли при разработке горных пород, подвергшихся циклическому процессу промерзания-оттаивания. При этом автором не рассматривалось влияние циклов промерзания-оттаивания на фракционный состав пыли, а также количество циклов.

Азаров В.Н. в работе [1] изучал динамику изменения запыленности на асфальто-бетонном заводе и установил, что запыленность воздуха изменяется в течение рабочей смены несколько раз, при изменении цикличности работы

технологического оборудования и скорости ветра и что во всех случаях запыленность воздушной среды достигает максимальных значений в конце рабочей смены.

Влияние выбросов твердых мелкодисперсных частиц на организм человека отражено в работах Денисова В.Н. [40], который акцентирует внимание на учете твердых частиц размером менее 10 мкм и переход на нормирование содержания в воздухе частиц по фракциям PM_{2,5} и PM₁₀. Но его исследования направлены на уменьшение выбросов, образующихся в результате истирания дорожного покрытия, шин и взвеси дорожной пыли и преимущественно касаются мегаполисов России.

В Российской Федерации в настоящее время установлен стандарт ГОСТ Р ИСО 7708-2006, который устанавливает нормативы по отбору проб при определении гранулометрического состава взвешенных частиц, содержащихся в воздухе рабочей зоны и окружающей атмосфере, с целью оценки влияния на здоровье человека [32].

Вероятность вдыхания и оседания частиц различна в зависимости от физического состояния человека, а также различна реакция организма на оседание частиц и его очистку. Несмотря на это, возможно установить нормативы долей взвешенных в воздухе частиц в зависимости от их размера при отборе проб в целях санитарно-гигиенического контроля. Эти нормативы являются соотношениями между аэродинамическим диаметром частиц и массовой долей взвешенных частиц, которые должны быть собраны, измерены и отнесены к фракциям частиц, попадающих в различные области дыхательных путей при усредненных условиях. Измерение, проводимое в соответствии с этими нормативами, позволяет более точно установить соотношение между измеренной концентрацией частиц и риском возникновения заболеваний [32].

Данный стандарт устанавливает нормативы по отбору проб при определении гранулометрического состава взвешенных частиц, содержащихся в воздухе рабочей зоны и окружающей атмосфере, с целью оценки влияния на здоровье человека [32].

Данный стандарт не учитывает:

- нормативы по фракциям не учитывают состав рассматриваемой пробы, ее свойства, форму частиц и ее воздействие на организм человека.
- требования к устройствам, измеряющим фракционный состав, не учитывает массовую долю измеряемой пробы.

3.2 Планирование и проведение эксперимента

Для дальнейшей работы было необходимо провести лабораторные исследования физико-механических свойств угля и определить зависимость пылеобразующей способности на уголь при различной температуре окружающего воздуха.

Целью работы стало установление зависимости выхода мелкодисперсной фракции пыли от циклов промерзания-оттаивания.

На базе Научного центра Геомеханики и проблем горного производства были проведены лабораторные исследования пылеобразующей способности углей Тугнуйского разреза, марки Д [35, 92].

Перед проведением основных экспериментов, были проведены и выявлены начальные характеристики данного угля, такие как: крепость, естественная влажность, плотность породы, пористость, плотность минеральной части.

В соответствии ГОСТ 5180-2013, данный уголь имеет:

- естественная влажность, при температуре 110⁰С, $w_{ест}=2,7\%$
- плотность минеральной части, $\rho_{мин\ части}=1,016\text{ г/см}^3$
- пористость (ГОСТ 30629-99)
- крепость (ГОСТ 21153.7-75), $f=3$.

Методика измерений состояла в следующем: первоначально были отобраны представительные пробы угля, представляющие собой куски с массой по 1 кг. Один кусок был предварительно увлажнен в течение суток. Путем предварительного дробления, измельчения и последующего ситового анализа были выделены навески следующих классов крупности: +1, -1+0,63 мм, -0,63+0,4 мм, -0,4+0,25 мм, -0,25+0,14 мм, -0,14+0 мм. Для дробления, измельчения и отбора фракций была использована лабораторная щековая дробилка.

Все пробы были поделены на 3 равные части по 10 грамм.

В каждой фракции оказалось по 6 проб, которые далее разделили на подгруппы (1.1, 1.2), (1.3, 1.4) и (1.5, 1.6), представленные на рисунке 3.1. Затем подгруппу (1.3, 1.4) подвергли процессу промерзания-оттаивания в морозильной камере, температурой -17°C , а пробу (1.5, 1.6) процессу промерзания-оттаивания – 7 раз. Все аналогично было произведено со всеми группами.

Затем была взята вторая часть пробы А и была увлажнена с помощью 150 мл воды. После суток оттаивания угля насыщенность его стала на 13-14% больше. Опыт с увлажнением породы был проведен для моделирования погодных условий на разрезе, чтобы получить приближенные к реальным данным результаты. Исследованиями [72, 135] установлено, что при насыщении угля водой прочность его снижается на 15-30%, а это, в свою очередь, говорит о повышении вероятности образования угольной пыли мелкой фракции.

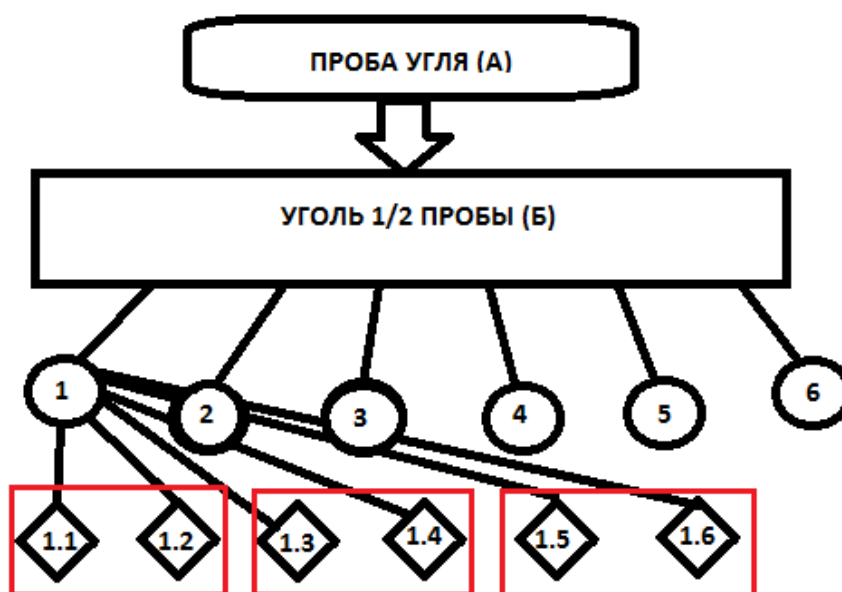


Рисунок 3.1 - Схема деления проб

После увлажнения породы до определенной степени, проводятся те же самые опыты, начиная с дробления, заканчивая взвешиванием и влиянием отрицательных температур.

3.3 Методика и оборудование для проведения эксперимента

Все эксперименты на дисперсный состав угля были произведены установкой Camsizer XT на базе Санкт-Петербургского Горного университета (Приложение Б).

Camsizer XT (рисунок 3.2) является оптоэлектронным прибором для измерения и оценки распределения размеров и параметров формы частиц. Прибор позволяет использовать следующие методы измерений: Измерение гравитационной дисперсии, дисперсия под высоким давлением и влажная дисперсия.



Рисунок 3.2 – Пылеизмерительная установка Camsizer XT

Camsizer XT анализирует размеры и формы частиц. Принцип измерения базируется на динамической обработке цифрового изображения в соответствии с ISO 13322-2.

В зоне анализа напротив друг друга размещены два СИД источника света, и базовая и увеличительная камеры для обеспечения наилучшего освещения измерительного окна (Рисунок 3.3).

Получаемые изображения могут быть просмотрены в процессе измерения. Изображения обрабатываются в режиме реального времени.

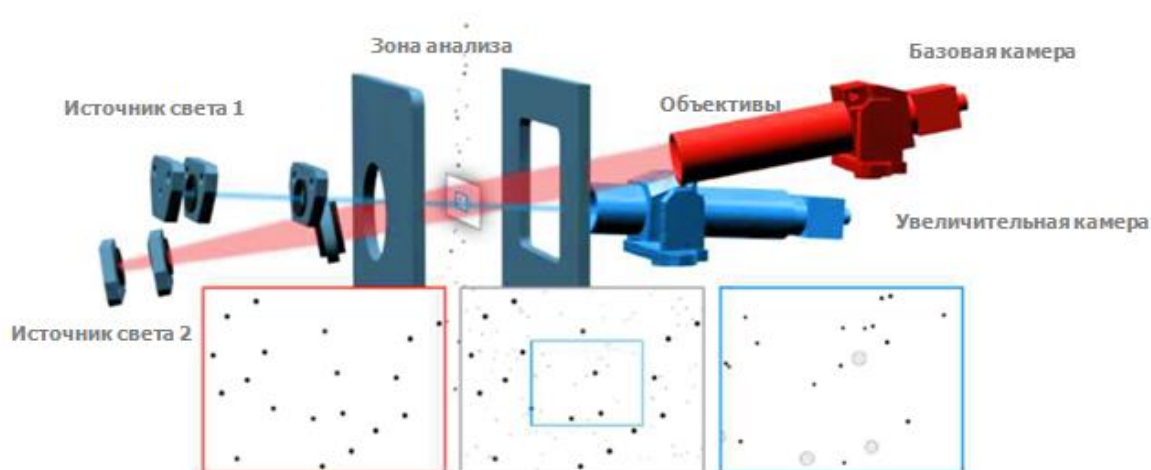


Рисунок 3.3 – Принцип измерения Camsizer XT

3.4 Анализ данных лабораторных исследований

Для детального анализа из рассматриваемых проб, были выбраны фракции частиц, которые могут непосредственно находиться в области дыхания работника (до 18 мкм) и построены графики влияния однократного цикла промерзания-оттаивания и 7-кратного цикла промерзания-оттаивания. Результаты проведенных исследований представлены: в первом случае рассматривался уголь с естественной влажностью ($w_{ест}$) (рисунок 3.4), во втором – с предварительным насыщением проб водой ($w_{увл}$) (рисунок 3.5).

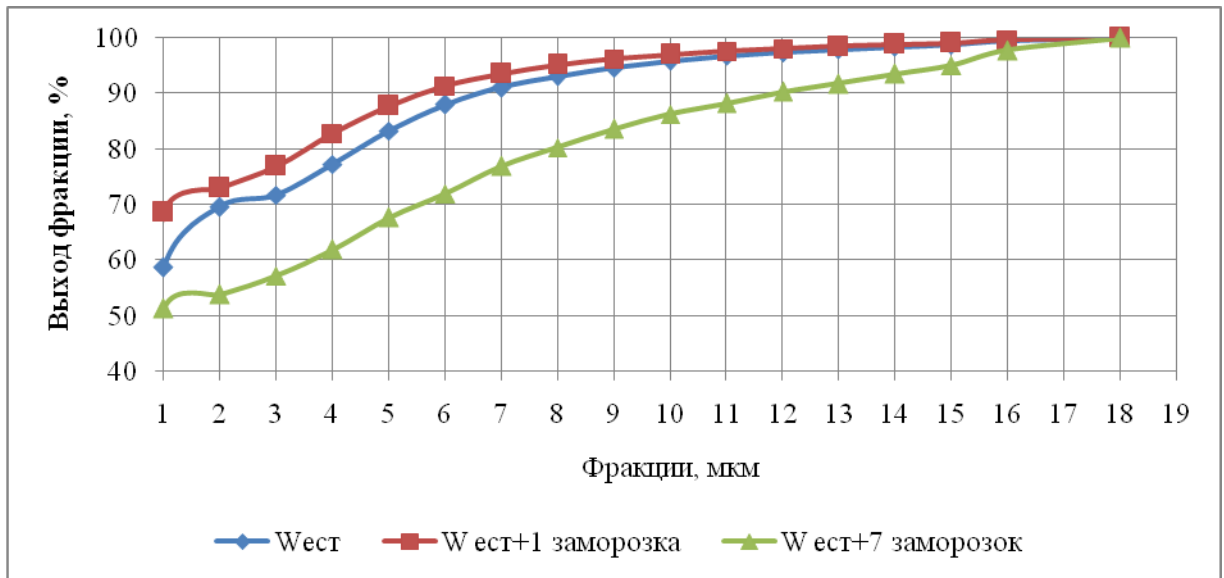


Рисунок 3.4 – Результаты суммарного исследования проб углей фракцией 0-0,2 мм с естественной влажностью

Из рисунка 3.4 следует, что во всем рассматриваемом диапазоне при однократном цикле промерзания-оттаивания увеличивается выход мелкодисперсной фракции на 10% по сравнению с пробами без циклического криогенного воздействия в диапазоне фракций от 1 до 2 мкм. В случае 7-кратного циклического криогенного воздействия, уменьшается выход мелкодисперсной фракции на 10-15% в диапазоне фракций от 1 до 2 мкм.

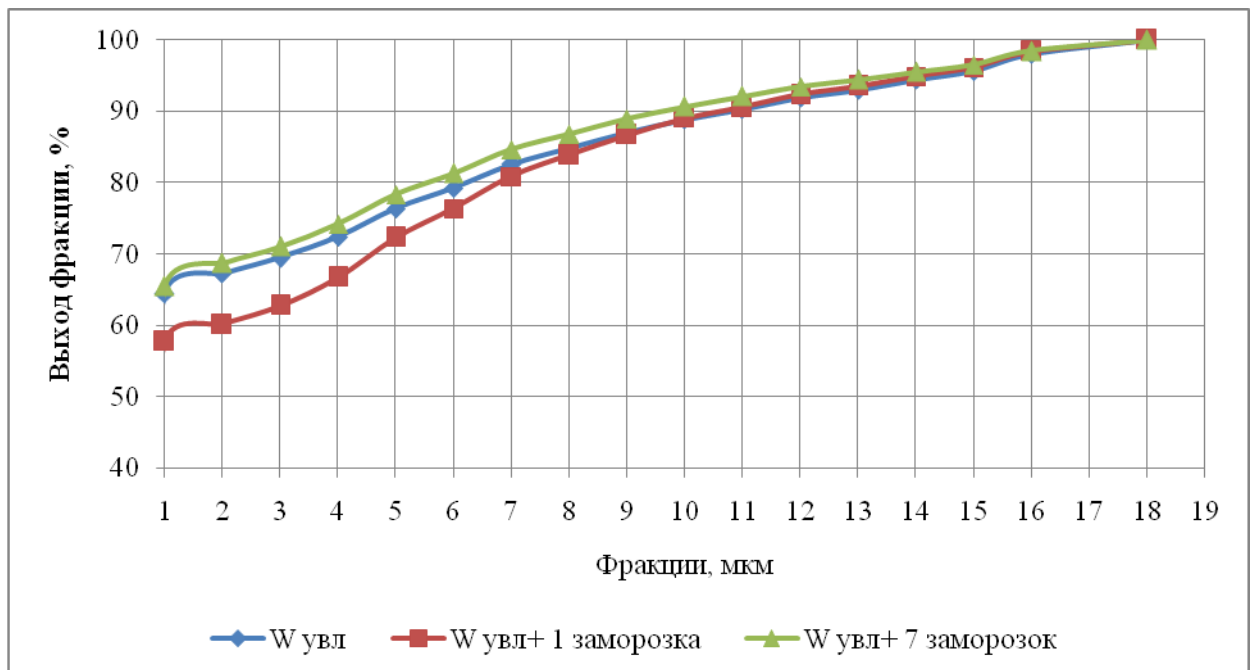


Рисунок 3.5 – Результаты суммарного исследования проб углей фракцией 0-0,2 мм с предварительным увлажнением

В случае предварительного увлажнения (рисунок 3.5), следует, что при однократном цикле промерзания-оттаивания выход мелкодисперсных фракций уменьшается на 10-13 % по сравнению с пробами без циклического криогенного воздействия, а при 7-кратном циклическом криогенном воздействии выход увеличивается незначительно в диапазоне фракций от 1 до 2 мкм. Данный эффект, возможно, связан с коагуляцией мелких частиц.

Пробы фракцией 0,25-0,4 мм, 0,4-0,63, 0,63-1 и более 1 мм в сравнительном анализе показали, что одна и 7 заморозок влияют на пылеобразование незначительно и на кривых распределения разброс составляет менее 10%.

Сравнительный анализ лабораторных исследований со стандартом

В ранее рассматриваемом стандарте ГОСТ Р ИСО 7708-2006 присутствуют нормативы по вдыхаемой, торакальной и респирабельной фракциям, выраженные в процентах числа всех частиц для различных групп населения.

Проанализированные распределения гранулометрического состава различных фракций показали, что однократный и 7-кратный циклы промерзания-оттаивания меняются в зависимости от первоначального диапазона фракций (от 0 до 1 мм).

Для сравнения лабораторных данных со стандартом (ГОСТ Р ИСО 7708-2006), были проведены интегральные суммарные кривые по всем рассматриваемым фракциям. Из норматива выбрана кривая по респирабельной фракции для здоровых взрослых.

На рисунках 3.6, 3.7 показаны сравнения лабораторных данных с нормативом.

Из рисунка 3.6 следует, что значения всех фракций превышает нормативные значения: максимальное пылеобразование при однократном цикле промерзания-оттаивания превышает норматив на 55%, пробы без криогенного воздействия превышают норматив на 40-45%, а 7-кратный цикл промерзания-оттаивания на 15-19%.

На рисунке 3.7 представлено сравнение предварительно увлажненных проб с нормативной кривой распределения частиц. Характер кривых аналогичен

приведенным зависимостям на рисунке 3.6. при этом, значение, полученные при одном цикле промерзания-оттаивания превышает нормативные значения на 20%, при 7-кратном цикле промерзания-оттаивания на 15% и при предварительном увлажнении (без криогенных воздействий) на 10%.

В целом, сравнительный анализ показал, что предварительное увлажнение приводит к снижению выхода частиц фракции в диапазоне 1-2 мкм без криогенного воздействия на 30-40%, а при однократном цикле промерзания-оттаивания - на 30-35%. При 7-кратном цикле промерзания-оттаивания значения одинаковы. То есть, можно констатировать, что предварительное увлажнение угля оказывает влияние на фракционный состав образующейся пыли при криогенных воздействиях, но снижение не достигает нормативного уровня.

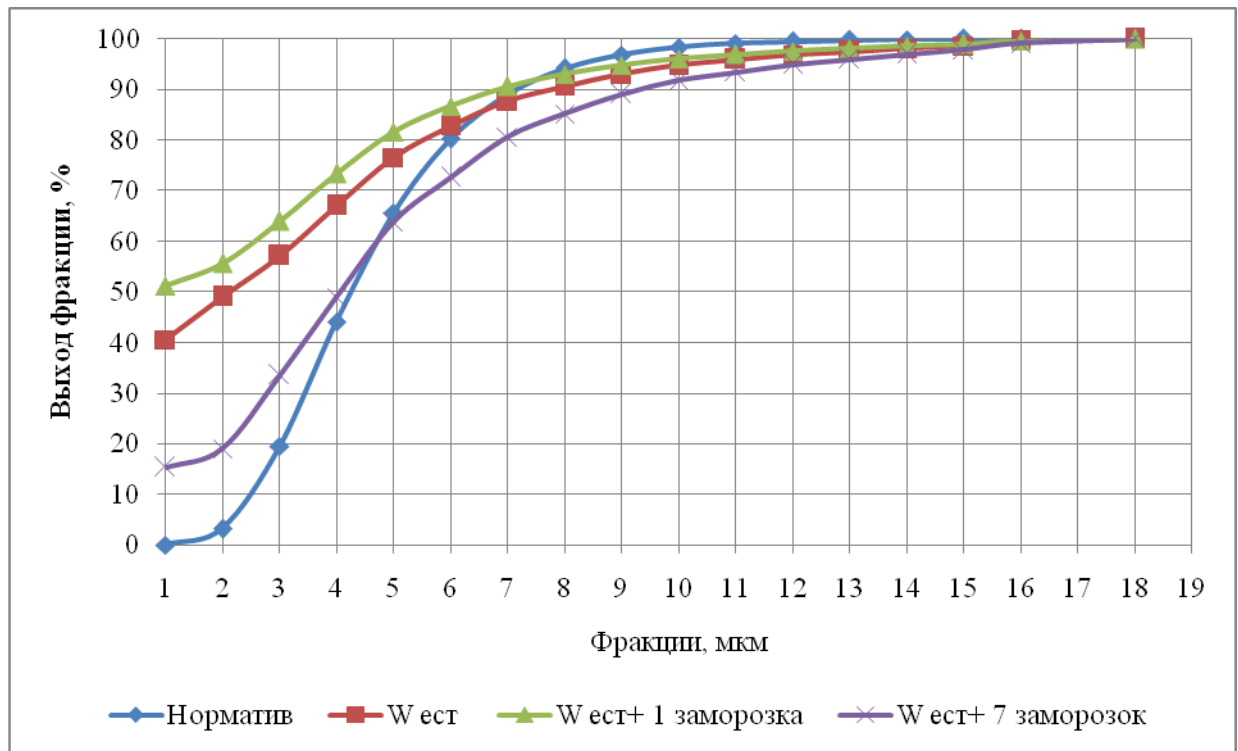


Рисунок 3.6 – Результаты сравнения гранулометрических характеристик проб угля с естественной влажностью с нормативом

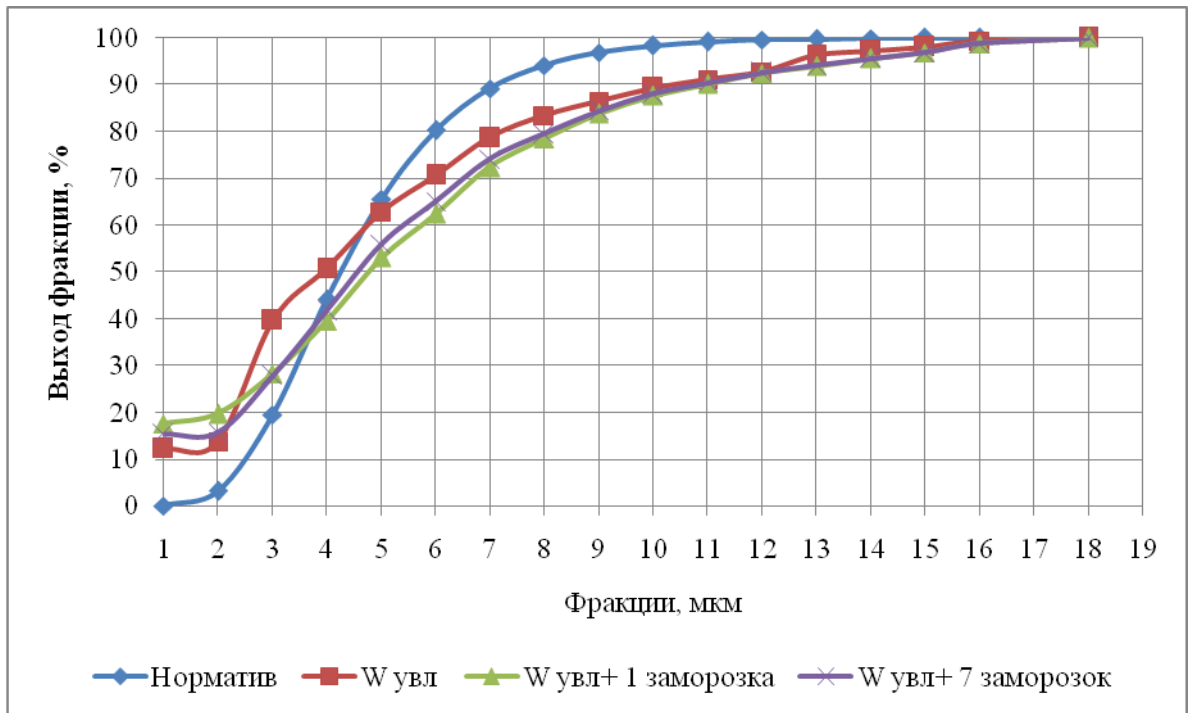


Рисунок 3.7 – Сравнение предварительно увлажненных проб угля с нормативом

При оценке форм частиц по аэродинамическому диаметру (коэффициенту сферичности), установлено, что коэффициент сферичности равен 0,41 для проб как с естественной влажностью, так и с предварительным увлажнением. Анализируя форму частиц при однократном и 7-кратном цикле промерзания-оттаивания, наблюдается изменение коэффициента сферичности до 0,35, что приводит к изменению формы частиц от пластинчатой к пластинчато-звездчатой. Образующиеся частицы имеют большее количество острых углов (в среднем увеличивается на 3 угла). Это может привести к увеличению числа осевших частиц в легких и к развитию пневмокониозов (рисунки 3.8 и 3.9).

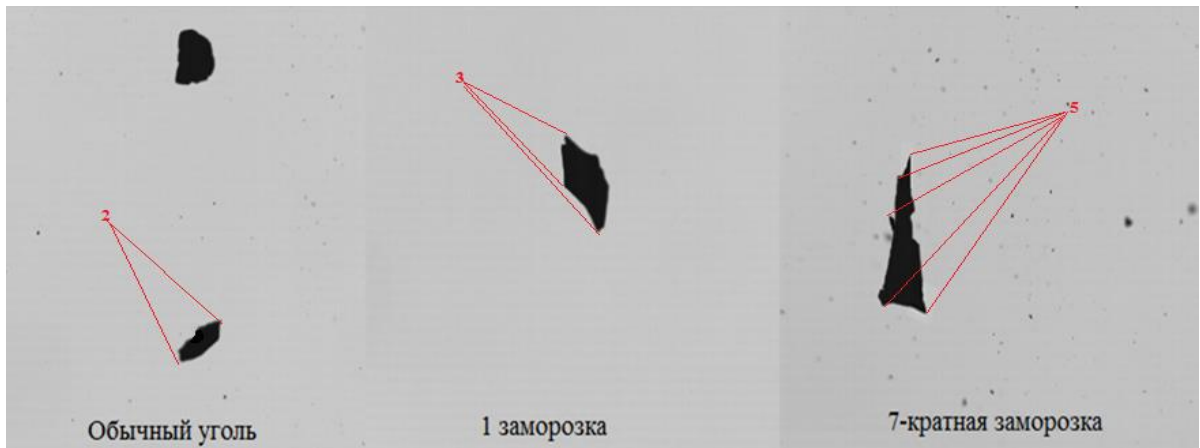


Рисунок 3.8 – Вид частиц проб 0-0,14 мм при фотосъемке установкой CamsizerХТ с естественной влажностью

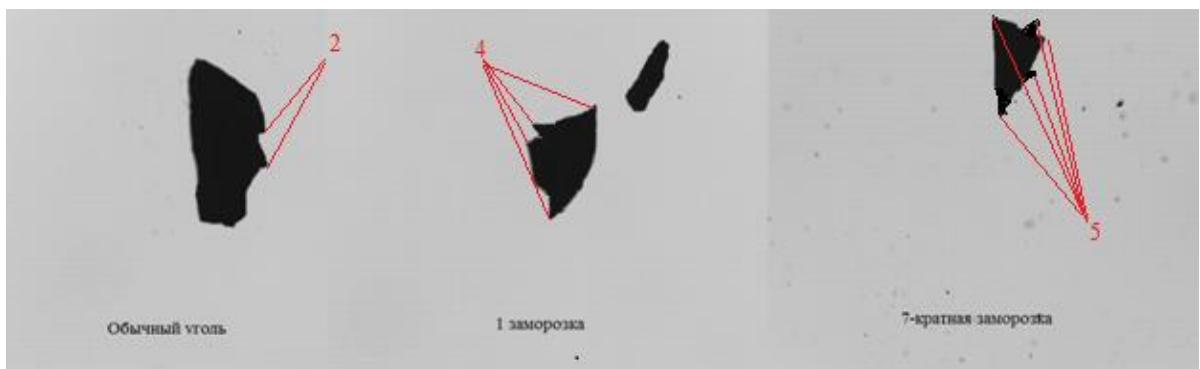


Рисунок 3.9 – Вид частиц проб 0-0,14 мм при фотосъемке установкой CamsizerХТ с предварительным увлажнением

3.5 Выводы к третьей главе

1. В настоящее время отсутствует единая система измерения содержания пыли в рабочей зоне. Каждая страна придерживается своего пути нормирования содержания пыли в воздухе рабочей зоны и соответственно, своих мер по пылеподавлению.
2. За последние 10 лет выявлено, что на заболеваемость рабочих влияет не только содержание свободной двуокиси кремния, но и фракционный состав пыли (самой опасной является пыль фракцией от 2 до 5 мкм, однако, для угольной пыли фракционно-опасной пылью является пыль 1-2 мкм).
3. В ряде стран уже осуществлен переход на нормирование содержания в воздухе пыли в зависимости от фракционного состава. Некоторые страны проводят такую границу до 2,5 мкм, другие – до 10 мкм.

4. На базе Научного центра Геомеханики и проблем горного производства были проведены лабораторные исследования пылеобразования угля в зависимости от циклов промерзания-оттаивания и от насыщения его водой.
5. Установлено, что криогенное воздействие увеличивает пылеобразование опасной фракции во всех рассматриваемых пробах в диапазоне от 1 до 2 мкм на 10-25%.
6. Сравнивая пробы с естественной влажностью и с предварительным увлажнением (0-0,2 мм) установлено, что в диапазоне от 1 до 2 мкм пробы без криогенного воздействия уменьшили пылеобразование почти на 50%, с однократным циклом промерзания-оттаивания на 20%, а 7-кратный цикл промерзания-оттаивания увеличилась на 10-15%.
7. Пробы фракцией 0,25-0,4 мм, 0,4-0,63, 0,63-1 и более 1 мм в сравнительном анализе показали, что один и 7 циклов промерзания-оттаивания влияют на пылеобразование незначительно и на кривых распределения разброс составляет менее 10%.
8. При сравнении лабораторных данных со стандартом ГОСТ Р ИСО 7708-2006 с **естественной влажностью** установлено, что все пробы превышают нормативные значения: максимальное пылеобразование также при однократном цикле промерзания-оттаивания, превышение с нормативом на 55%, пробы без криогенного воздействия превышают норматив на 40-45%, 7-кратный цикл промерзания-оттаивания на 15-19%.
9. При сравнении лабораторных данных со стандартом ГОСТ Р ИСО 7708-2006 с **предварительным увлажнением** установлено, что в области респирабельной пыли, все пробы превышают нормативные значения, максимальные показатели также, как и в пробах с естественной влажностью, у проб с однократным циклом промерзания-оттаивания, превышение с нормативом на 20%, проба с 7-кратным циклом промерзания-оттаивания на 15% и предварительно увлажненная проба без криогенных воздействий на 10%.
10. Сравнивая значения кумулятивных кривых друг с другом, пылеобразование после увлажнения в диапазоне 1-2 мкм уменьшается на 30-40% - для проб без

криогенных воздействий, на 30-35% - с одной кратным циклом промерзания-оттаивания, а 7-кратный цикл промерзания-оттаивания показал одинаковые значения, как и в случае с естественной влажностью, так и в предварительно увлажненных пробах.

11. При расчете форм частиц по аэродинамическому диаметру (коэффициенту сферичности), установлено, что для проб с естественной влажностью и с предварительным увлажнением в каждой фракции коэффициент сферичности равен 0,42. Однако, для проб с криогенными воздействиями коэффициент сферичности снижается до 0,35. Образующиеся частицы имеют большее количество острых углов (в среднем увеличивается на 3 угла). Это может привести к увеличению числа осевших частиц в легких и к развитию пневмокониозов.

12. Пылеобразование при циклическом криогенном воздействии превышает значения выхода респирабельных частиц, которые установлены стандартом, поэтому необходимо учитывать изменение пылеобразования респирабельной пыли при циклическом криогенном воздействии и, в дальнейшем, учитывать характер влияния формы исследуемых респирабельных частиц для оценки пылевой нагрузки.

ГЛАВА 4 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Метод расчета пылевой нагрузки

Основным показателем оценки степени воздействия пыли на органы дыхания работника является пылевая нагрузка, представляющая собой реальную или прогностическую величину суммарной экспозиционной дозы пыли, которую работник вдыхает за весь период фактического (или предполагаемого) профессионального контакта с пылью. В случае превышения среднесменной ПДК фиброгенной пыли расчет пылевой нагрузки обязателен [36, 37, 38].

Пылевую нагрузку на органы дыхания рабочего (или группы рабочих, если они выполняют аналогичную работу в одинаковых условиях) рассчитывается, исходя из фактических среднесменных концентраций пыли в воздухе рабочей зоны ($C_{п.к}$), объема легочной вентиляции, зависящего от тяжести труда ($V_{л}$), продолжительности контакта с пылью, определяемой числом рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях воздействия пыли (N) и количеством лет контакта с пылью (T):

$$ПН = C_{п.к} N T V_{л} \quad (1)$$

Объем легочной вентиляции $V_{л}$ зависит от уровня энергозатрат и, соответственно, категории работ. По СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» величина $V_{л}$ составляет:

- для работ категории Ia-Iб – 4 м³;
- для работ категории IIa-IIб – 7 м³;
- для работ категории III – 10 м³.

Фактическую пылевую нагрузку сравнивают с величиной контрольной пылевой нагрузки (КПН), под которой понимают пылевую нагрузку, сформировавшуюся при условии соблюдения среднесменной ПДК пыли ($C_{пдк}$) в течение всего периода профессионального контакта с фактором,

$$КПН = C_{пдк} N T V_{л} \quad (2)$$

Пылевая нагрузка на органы дыхания работника – это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую работник вдыхает за весь период фактического (или предполагаемого) профессионального контакта с пылью [108].

Пылевая нагрузка на органы дыхания машинистов экскаваторов при температуре окружающей среды 0°С и запыленности воздуха 1120 мг/м³ составляет 8,3 мг/мин, что в 8-часовой рабочей смене составит 4100 мг/смену. В данных условиях рабочий за 15 лет работы получает дозу пыли примерно в 15 килограмм.

Проанализировав формулу, можно прийти к выводу, что для уменьшения количества вдыхаемой пыли можно использовать только 2 параметра, это: объем легочной вентиляции и среднесменная концентрация загрязняющего вещества.

В силу производственной необходимости, горнорабочие карьеров и разрезов вынуждены круглогодично находиться на открытом воздухе вне теплых помещений до 8 часов в день [39]. Ведение работ в таких условиях осложняется не только возможностью использования традиционных технологий и техники, но и существенным увеличением физической нагрузки на рабочих [130].

Репин Г.Н. исследовал зависимость энергетических затрат от времени года и установил, что при работе в условиях охлаждающего микроклимата ($t=-2-8^{\circ}\text{C}$) затраты рабочих-строителей, выполняющих работу средней тяжести, выше на 10-30%, чем при выполнении аналогичных производственных операций в летний период ($t=+12-(+23)^{\circ}\text{C}$) [104].

Высокий расход энергии также связан с таким комплексом факторов, как: ношение тяжелой, сковывающей движение одежды, ветер, снежный покров и т.д., только замена демисезонной одежды на теплую зимнюю ведет к повышению расхода энергии при легкой физической работе на 7% [136], а при выполнении тяжелой работы на 25% [78, 122]. Также данными исследованиями занимались Бартон А. [7], Галкин А.Ф. [21] и Хусаинова Р.Г. [130].

4.2 Энергетические затраты работника при выполнении работ различной тяжести

Для определения объема легочной вентиляции, немаловажным параметром являются энергетические затраты (энергозатраты) работника при выполнении работ различной тяжести.

Энергозатраты рабочих в зависимости от категории работ в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 подразделяют на:

1.1 Легкие физические работы (категория I) являются видом деятельности с расходом энергии не более 174 Вт (150 ккал/ч). Легкие физические работы разделяются на:

- категорию Ia – энергозатраты до 139 Вт (120 ккал/ч); работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т.п.);

- категорию Ib – энергозатраты 140-174 Вт (121-150 ккал/ч); работы, производимые сидя и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т.п.).

Построим карту рабочего дня для работающих категорий Ib при различных температурах воздуха, используя формулу [21], рассчитывающую энергозатраты в зависимости от температуры воздуха, приняв $\mathcal{E}^*(t)$ при температуре 20 °С:

$$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}^*(t) * (1,15 - 7,9 * 10^{-3} t), \quad (3)$$

где $\mathcal{E}^*(t)$ - энергозатраты, идущие на выполнение данного вида работы при нормативной температуре воздуха, Вт;

t - температура воздуха, °С.

Таблица 4.1 – Энергозатраты работающих категории Ib при различных температурах воздуха

Легкие работы Ib			
Э(20 °С), Вт	Э(-10 °С), Вт	Э(-20 °С), Вт	Э(-30 °С), Вт
100	122,9	130,8	138,7
134	164,7	175,3	185,9
140	172,1	183,1	194,2
80	80	80	80
180	221,2	235,4	249,6
175	215,1	228,9	242,7
163	200,3	213,2	226,1
152	186,8	198,8	210,8
140	172,1	183,1	194,2

Из таблицы 4.1 следует, что с понижением температуры повышаются энергозатраты работающего: при температуре окружающего воздуха -10°С энергозатраты на 21% больше нормативных, при -30 °С – на 36%.

1.2 Средней тяжести (категория II)

Виды деятельности с расходом энергии в пределах 175-290 Вт (1501-250 ккал/ч). Средней тяжести физические работы разделяют на:

- категория IIa – энергозатраты 175-232 Вт (151-200 ккал/ч); работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенно физического напряжения (ряд профессий в механо-сборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т.п.);

Из таблицы 4.2 следует, что с понижением температуры также как и в I категории, повышаются энергозатраты работающего: при температуре окружающего воздуха -10°C энергозатраты на 21% больше нормативных, при -30°C – на 36%.

Таблица 4.2 – Энергозатраты работающих категории Па при различных температурах воздуха

Средней тяжести Па			
Э(20°C), Вт	Э(-10°C), Вт	Э(-20°C), Вт	Э(-30°C), Вт
150	184,4	196,2	208,1
200	245,8	261,6	277,4
230	282,7	300,8	319
80	80	80	80
183	224,9	239,4	253,8
160	196,6	209,3	221,9
200	245,8	261,6	277,4
190	233,5	248,5	263,5
150	184,4	196,2	208,1

- категория Пб – энергозатраты 233-290 Вт (201-250 ккал/ч); работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.). Из таблицы 4.3 следует, что с понижением температуры повышаются энергозатраты

работающего: при температуре окружающего воздуха -10°C энергозатраты на 22% больше нормативных, при -30°C – на 37%.

Таблица 4.3 – Энергозатраты работающих категории Пб при различных температурах воздуха

Средней тяжести Пб			
Э(20°C), Вт	Э(-10°C), Вт	Э(-20°C), Вт	Э(-30°C), Вт
180	221,2	235,4	249,7
230	282,7	300,8	319
80	80	80	80
260	319,5	340,1	360,1
300	368,7	392,4	416,1
315	387	412	436,9
200	245,8	261,6	277,4
220	270,4	287,8	305,1
130	159,8	170	180,3

Тяжелые физические работы (категория III)

Виды деятельности с расходом энергии более 290 Вт (250 ккал/ч)

К категории III относятся работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.).

Из таблицы 4.4 следует, что с понижением температуры повышаются энергозатраты работающего: при температуре окружающего воздуха -10°C энергозатраты на 22 % больше нормативных, при -30°C – на 37%.

Таблица 4.4 – Энергозатраты работающих категории IIб при различных температурах воздуха

Тяжелые работы III			
Э(20°C), Вт	Э(-10°C), Вт	Э(-20°C), Вт	Э(-30°C), Вт
200	245,8	261,6	277,4
230	282,7	300,8	319
280	344,1	366,2	388,4
80	80	80	80
180	221,2	235,4	249,7
250	307,3	327	346,8
273	335,5	357,1	378,7
300	368,7	392,4	416
250	307,3	327	346,8

4.3 Разработка метода расчета пылевой нагрузки

Как стало известно ранее, расчет пылевой нагрузки, помимо концентрации загрязняющего вещества, объема легочной вентиляции и временного параметра, должен осуществляться с добавлением таких зависимостей, как: влияние отрицательной температуры на энергозатраты рабочего и количество мелкодисперсной пыли, опасной для дыхания [19]. Запишем формулу в общем виде:

$$ПН(t) = C(t) \times Q(t) \times \tau \quad (4)$$

где $C(t)$ – концентрация вредного вещества в рабочей зоне, мг/м³

$Q(t)$ – объем легочной вентиляции, м³

τ – время, смены, час

Для определения и изменения такого параметра как среднесменная концентрация, нужно отталкиваться от значений образования пыли в течение года.

В работах Шувалова Ю.В., Дядькина Ю.Д. [46] установлена зависимость содержания вредных веществ в зависимости от температуры воздуха. В таблице 4.5 приведен коэффициент увеличения содержания мелкодисперсной пыли в воздухе в течение годового цикла ($K_{вр}$), который учитывает тепло-массообменные процессы, протекающие на поверхности горных выработок.

Таблица 4.5 – Коэффициент увеличения содержания мелкодисперсной пыли в воздухе

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Коэффициент увеличения	1,29	1,26	1,23	1,15	1,06	1,03	1	1,03	1,03	1,15	1,29	1,32

Как известно в работах [7] Бартон А. определил математическую зависимость между энергетическими затратами и температурой воздуха. Приведенные в работе Бартон А. формулы были обработаны А.Ф. Галкиным

[21], где была получена зависимость, используемая Р.Г. Хусаиновой [130], которая имеет вид:

$$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_0 * (1,15 - 7,9 * 10^{-3} t), \quad (5)$$

где \mathcal{E}_0 - энергозатраты, идущие на выполнение данного вида работы при нормативной температуре воздуха, кДж/с; t - температура воздуха, °С.

Согласно имеющимся данным, изменение объема легочной вентиляции от энергетических затрат [132] имеет вид:

$$\sigma = 4,93 * e^{0,005 * |\mathcal{E}|} \quad (6)$$

Изменение объема легочной вентиляции от энергетических затрат при различных температурах воздуха для работ средней тяжести показано на рисунке 4.1.

Тогда объем легочной вентиляции определяется по формуле:

$$V_{\text{вых}}^i = \frac{(4,93 e^{0,005 * |\mathcal{E}(t)|}) * \tau^i}{1000} \quad (7)$$

где: $|\mathcal{E}(t)|$ – энергозатраты работника на выполнение i -ой операции, зависящие от температуры воздуха, τ^i – время на выполнение i -ой операции, мин;

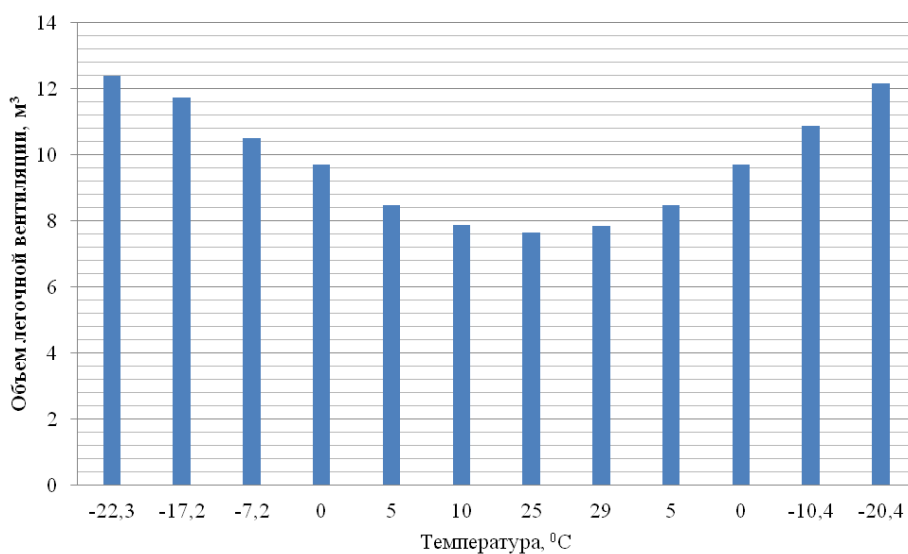


Рисунок 4.1 – График изменения объема легочной вентиляции от энергетических затрат при различных температурах воздуха для работ средней тяжести

Параметр энергозатрат от температуры окружающего воздуха определяются из работ А.Ф. Галкина [21]:

$$\text{— для легких работ: } \mathcal{E}_{л.р.}(t) = \mathcal{E}_{л.р.}^*(t) * (1,314 - 15,7 * 10^{-3} t); \quad (8)$$

$$\text{— для работ средней тяжести: } \mathcal{E}_{с.р.}(t) = \mathcal{E}_{с.р.}^*(t) * (1,19 - 9,4 * 10^{-3} t); \quad (9)$$

$$\text{— для тяжелых работ: } \mathcal{E}_{т.р.}(t) = \mathcal{E}_{т.р.}^*(t) * (1,152 - 7,6 * 10^{-3} t). \quad (10)$$

Тогда формула для вычисления пылевой нагрузки будет выглядеть следующим образом [19, 22]:

$$ПН = N_{с.с.} * V_{дых}^л + N_{с.с.} * V_{дых}^з * K_{в,р}, \quad (11)$$

где $C_{с.с.}$ – фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м³; $V_{дых}^л$ и $V_{дых}^з$ – суммарный объем легочной вентиляции в летний и в зимний период, м³; $K_{в,р}$ – коэффициент увеличения содержания мелкодисперсной пыли в воздухе (варьируется от 1,03 до 1,32 в зависимости от месяца года); N – количество смен в году, смен; T – количество лет контакта с аэрозолями преимущественно фиброгенного действия, лет.

Полученная формула дает реальное представление о пылевой нагрузке работающих на открытых работах в отличие от методики ГОСТ Р 54579-2011.

Для наглядности примера, рассмотрим расчеты пылевой нагрузки бурильщика за один год, при $C=60$ мг/м³ и количеством смен в году равным 281:

По ГОСТу:
$$ПН = C \times N \times Q = 60 \times 281 \times 7 = 118020 \text{ мг} \quad (13)$$

Разработанный метод:

По предложенному методу расчет начинается с фотографии рабочего места, т.е. с описания каждой операции в течении всей смены и требующиеся энергозатраты, взятой из работы Р.Г. Хусаиновой [130]. В таблице 4.6 приведена фотография рабочего дня бурильщика из которой видно, что в течении смены рабочий выполняет весь спектр тяжести трудового процесса, начиная от легкого труда, заканчивая тяжелым.

Таблица 4.6 – Фотография рабочего дня бурильщика

№ п/п	Наименование операции	Текущее время, час. мин.	Длительность, мин.	Энергия, Вт	Тяжесть работ
1	Получение технического задания	8:00-8:10	10	180	л
2	Выезд на буровой участок	8:10-8:40	30	180	л
3	Подготовка площадки для бурения	8:40-9:00	20	280	с
4	Приготовление глинистого раствора	9:00-9:16	16	330	т
5	Спуск снаряда на глубину	9:16-9:44	28	330	т
6	Промывка скважины	9:44-9:58	14	280	с
7	Бурение	9:58-11:31	93	280	с
8	Промывка	11:31-11:51	20	280	с
9	Наращение Бурового става	11:51-12:01	10	330	т
10	Отдых	12:01-12:31	29	180	л
11	Бурение	12:31-14:10	100	280	с
12	Промывка перед окончанием смены	14:10-14:35	25	330	т
13	Подъём бурового снаряда	14:35-14:45	10	330	т

Продолжение таблицы 4.6

№ п/п	Наименование операции	Текущее время, час. мин.	Длительность, мин.	Энергия, Вт	Тяжесть работ
14	Погрузка оборудования	14:45-15:11	26	330	т
15	Транспортировка на АЗУ	15:11-16:00	49	280	с

По формуле (11) произведем расчет пылевой нагрузки по предложенному методу для ряда отрицательных температур воздуха и сравним значения с расчетом пылевой нагрузки по ГОСТ (таблица 4.7). Из расчетов видно, что по разработанному методу расчеты превышают ГОСТ в среднем в 2,5 раза, что говорит о несовершенстве расчетов и неточности определения пылевой нагрузки для рабочих.

Таблица 4.7 – Расчет пылевой нагрузки по разработанному методу и по ГОСТ

t воздуха, °C	ПН(t) в мес, мг	ПН ГОСТ в мес, мг	ПН(t)/ПН ГОСТ
0	21499	9835	2,19
-10	24346	9835	2,48
-15	25835	9835	2,63
-20	27367	9835	2,78
-25	28943	9835	2,94
-30	30562	9835	3,11

Сравним пылевую нагрузку бурильщика (категория III) (Кемеровская область) по разработанному методу с расчетом ГОСТ по месяцам (Рисунок 4.2)

Расчеты по ГОСТ Р 54578-2011 не учитывают изменения температуры воздуха и изменение концентрации пыли в течение года, что приводит к неточным вычислениям реальной пылевой нагрузки на работающих.

В разработанном методе данные факторы учтены и из рисунка 4.2 следует, что реальный показатель пылевой нагрузки больше ГОСТа в 1,5-2 раза.

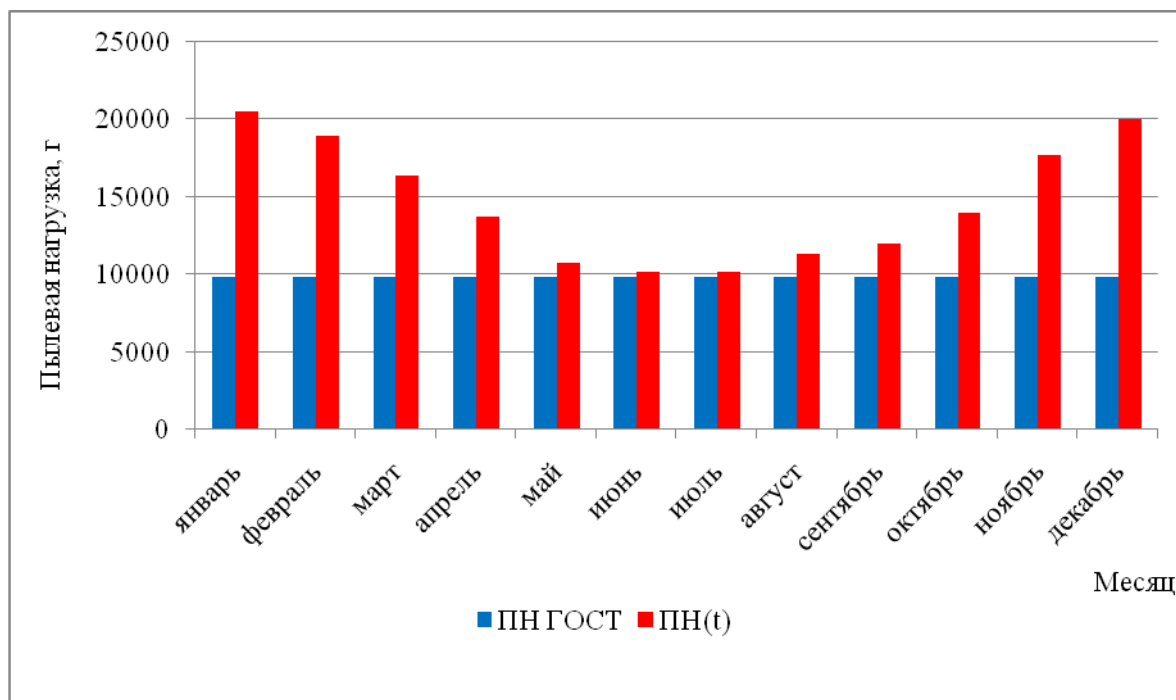


Рисунок 4.2 – Сравнение расчетов ПН ГОСТ с ПН по предложенному методу

Для более детального подхода к зависимости пылевой нагрузки от температуры воздуха, появилась необходимость проведения расчетов для регионов РФ, занимающихся добычей угля открытым способом. Среднемесячные температуры воздуха для основных горнодобывающих регионов РФ были взяты из СП 131.13330.2012.

В расчет пылевой нагрузки были взяты среднемесячные отрицательные температуры каждого региона в период с ноября по март (в некоторых регионах отрицательные температуры наблюдаются и в апреле), с апреля по октябрь расчеты производятся по ГОСТ и будут составлять 9835 мг/мес.

В таблице 4.8 смоделированы расчеты по ожидаемой пылевой нагрузке для основных горнодобывающих регионов.

Таблица 4.8 – Расчет ожидаемой годовой пылевой нагрузки по разработанному методу

Регион	Населённый пункт	ГОСТ, мг	Разработанный метод, мг
Амурская область	г. Благовещенск	118020	199139
Башкортостан	г. Учалы		193467
Белгородская область	г. Губкин		170873
Воронежская область	г. Павловск		182369
Дагестан	г. Кизилюрт		128830
Ивановская область	п. Хромцово		187449
Иркутская область			193373
Калужская область	п. Пятовский		184099
Кемеровская область	г. Анжеро-Судженск		195774
	г. Кемерово		195034
	г. Киселевск		194934
	г. Ленинск-Кузнецкий		208645
	пос. Комсомольск		211291
Кировская область	пос. Рудничный		191070
Красноярский край	пос. Северо-Енисейский	213127	
Липецкая область	г. Елец	185629	

Продолжение таблицы 4.8

Регион	Населённый пункт	ГОСТ, мг	Разработанный метод, мг
Ленинградская область	г. Каменногорск	118020	183146
	п. Кузнечное		184431
Магаданская область	пос. Галимый		251071
Московская область	п. Орешки		184145
Мурманская область	г. Кировск		201873
	г. Оленегорск		202737
Новосибирская область	Горный		194580
	Борок		195155
Оренбургская область	г. Гай		191770
Пермская область	г. Гремячинск		205634
	г. Соликамск		206049
Приморский край			152658
республика Алтай	г. Горно-алтайск		193245
республика Бурятия	г. Гусинозерск		199994
республика Коми	г. Воркута		200122
	г. Инта		212259
	г. Ухта		218660
республика Саха	г. Олекминск		239451
	г. Сухана	260859	
	пос. Джебарики-Хая	252782	

Продолжение таблицы 4.8

Регион	Населённый пункт	ГОСТ, мг	Разработанный метод, мг
республика Хакасия	г. Черногорск	118020	199678
Ростовская область	г. Гуково		155299
Сахалинская область	г. Мгачи		192788
Свердловская область	г. Кушва		192544
Тульская область	пгт. Грицовский		185200
Хабаровский край			199569
Челябинская область	г. Копейск		192585
Читинская область	пос. Ключевский		234261
Чукотский АО	п. Угольные Копи		245704
Ярославская область	г. Рыбинск		187278

Для оценки работы в северных условиях труда, а также для расчета допустимого стажа работы, необходимо сопоставление фактических и контрольных уровней пылевой нагрузки. В таблице 4.9 представлены значения контрольных пылевых нагрузок по ГОСТ Р 54578-2011 и по предложенным значениям ПДК ($PM_{2,5}=25 \text{ мкг/м}^3$) для стран: Великобритания, США и ЕС.

Из таблицы 4.9 следует, что при учете фракции до 2,5 мкм ($PM_{2,5}$) в предельно-допустимой концентрации, пылевая нагрузка в зависимости от температуры окружающего воздуха будет в 20 раз больше контрольной пылевой нагрузки и первые признаки пневмокониоза будут фиксироваться в первые полгода работы контакта с пылевым аэрозолем.

Таблица 4.9 – Сравнение показателей пылевой нагрузки (ПН) и контрольной пылевой нагрузки (КПН) в РФ и пылевой нагрузки по разработанному методу с учетом ПДК (PM_{2,5})

КПН (ГОСТ)	ПН/КПН(ГОСТ)	КПН (PM _{2,5})	ПН(t)/КПН(PM _{2,5})
25131 мг/год	6 раз	87,11 мг/год	20 раз
Допустимый стаж работы в данных условиях			
4,16 года		0,6 года	

По разработанному методу были выполнены многовариантные расчеты и сделано районирование основных горнодобывающих регионов страны по ожидаемой пылевой нагрузке.

На рисунке 4.4 представлена карта России, показывающая во сколько раз значения пылевой нагрузки по предложенному методу больше значения пылевой нагрузки, рассчитанной по ГОСТу. Наибольшими коэффициентами увеличения пылевой нагрузки по отношению к расчетам ГОСТ относятся такие регионы как республика Саха, Магаданская область и Чукотский АО с коэффициентами $k=2,08-2,21$. Также большой коэффициент ($k=1,71-1,98$) характерен для Мурманской, Читинской, Пермской и Кемеровской областей, Красноярского края, республики Коми.

Районирование показывает, что основная часть горнодобывающих регионов находится в условиях увеличенных показателей пылевой нагрузки. Данное районирование должно учитываться и являться основанием для разработки новых правил нормирования и оценки условий труда по пылевому фактору для каждого региона по отдельности.

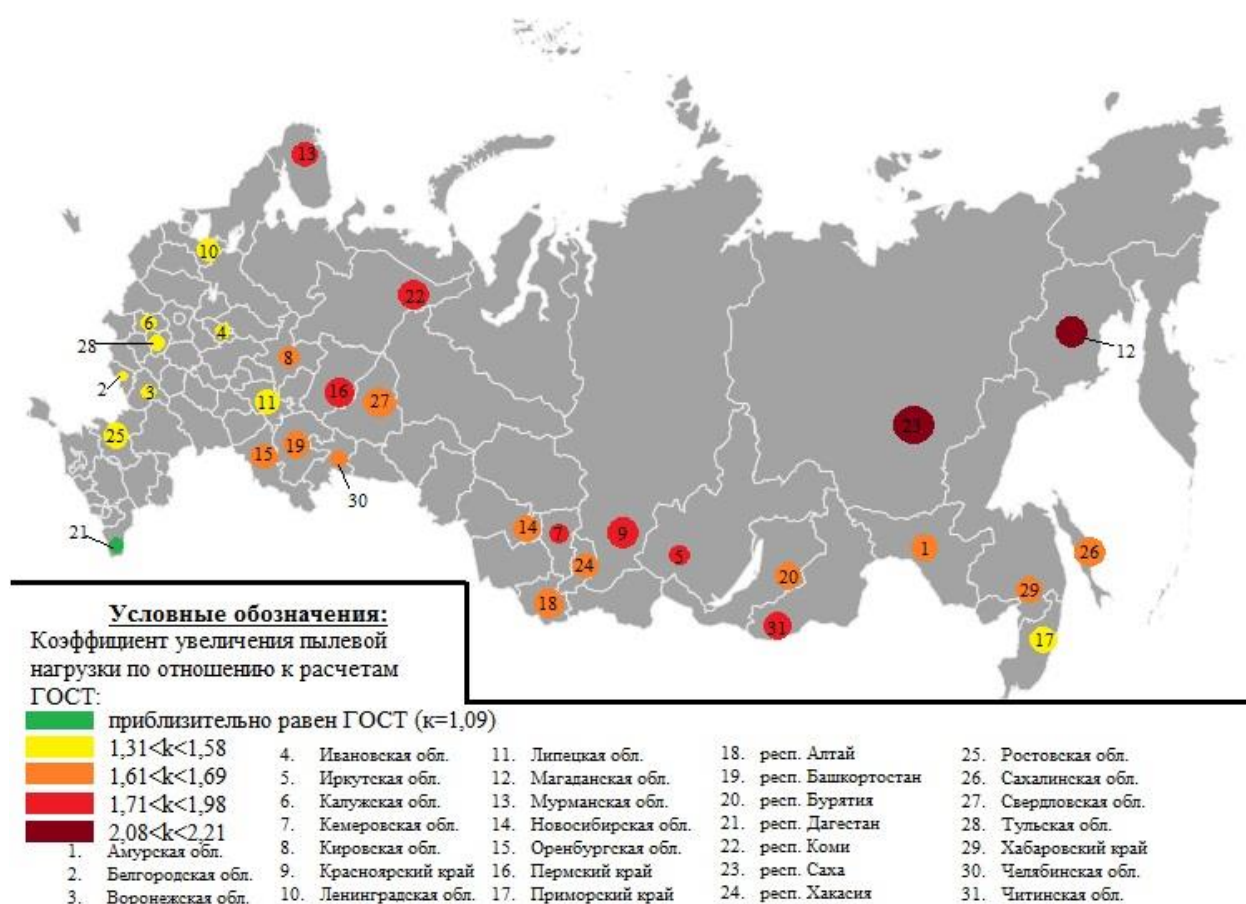


Рисунок 4.4 – Районирование территории РФ по превышению ожидаемой годовой пылевой нагрузки на горнорабочих

4.4 Выводы к четвертой главе

1. Расчеты по ГОСТ Р 54578-2011 не учитывают изменения температуры воздуха и изменение концентрации пыли в течение года, что приводит к неточным вычислениям реальной пылевой нагрузки на работающих.
2. По разработанному методу проведены расчеты пылевой нагрузки для регионов РФ, занимающихся добычей угля открытым способом. Пылевая нагрузка по разработанному методу превышает методику по ГОСТу в среднем в 1,5-2 раза.
3. Представлена карта России, показывающая во сколько раз значения пылевой нагрузки по разработанному методу больше значения пылевой нагрузки, рассчитанной по ГОСТу

4. Установлено, что наибольшими коэффициентами увеличения пылевой нагрузки по отношению к расчетам ГОСТ относятся такие регионы как республика Саха, Магаданская область и Чукотский АО с коэффициентами $k=2,08-2,21$. Также большим коэффициентом ($k=1,71-1,98$) обладают Мурманская область, Пермская область, Кемеровская область, Красноярский край, республика Коми и Читинская область.

5. Разработанное районирование основных горнодобывающих регионов страны по ожидаемой пылевой нагрузке показало, что основная часть горнодобывающих регионов находится в условиях увеличенных показателей пылевой нагрузки. Данное районирование должно учитываться и являться основанием для разработки новых правил нормирования и оценки условий труда по пылевому фактору для каждого региона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные и практические результаты, полученные в процессе выполнения работы, заключаются в следующем:

1. На основе экспертной оценки установлено, что определяющим фактором, который должен учитываться при разработке метода пылевой нагрузки на рабочих угольных разрезов криолитозоны, является вариативность тяжести труда и пылеобразования в течение годового производственного цикла.
2. Доказано, что циклические криогенные воздействия увеличивают выход респирабельной угольной пыли, в среднем, на 10-25%, при этом предварительное увлажнение угля практически не влияет на полученный результат.
3. Установлено, что коэффициент сферичности при воздействии циклов промерзания-оттаивания снижается с 0,41 до 0,35, а форма частиц переходит от пластинчатой к пластинчато-звездчатой, при этом количество острых углов в среднем увеличивается на 3 угла.
4. Доказана необходимость учета изменения пылеобразования респирабельной пыли в зависимости от температуры окружающего воздуха при численной оценке пылевой нагрузки.
5. Обоснован и разработан метод расчета пылевой нагрузки, учитывающий годовую вариативность тяжести труда и уровня пылеобразования.
6. Установлено, что введение предложенных показателей в метод оценки пылевой нагрузки, приводит к существенным расхождениям с расчетами по общепринятой нормативной методике (ГОСТ Р 54578-2011). Причем, с понижением среднегодовой температуры воздуха и длительности зимнего периода показатель пылевой нагрузки увеличивается.
7. Разработанное районирование основных горнодобывающих регионов страны по ожидаемой пылевой нагрузке показало, что основная часть горнодобывающих регионов находится в условиях увеличенных показателей пылевой нагрузки. Данное районирование должно учитываться и являться основанием для разработки новых правил нормирования и оценки условий труда по пылевому фактору для каждого региона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров В.Н. Комплексная оценка пылевой обстановки и разработка мер по снижению запыленности воздушной среды промышленных предприятий: дис. ...д-ра техн. наук: 05.26.01, 03.00.16 / Азаров Валерий Николаевич. – Ростов н/Д, 2003. – 334 с.
2. Акимов В. А. Надежность технических систем и техногенный риск / В.А. Акимов, В.Л. Лапин, В.М. Попов, В.А. Пучков, В.И. Томаков, М.И. Фалеев. - М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002. – 368 с.
3. Алиев Г.М. Технология пылеулавливания и очистки промышленных газов. Справ.изд.: Металлургия, 1986. – 544 с.
4. Алоян А.Е. Нормализация атмосферы глубоких карьеров / А.Е. Алоян, А.А. Бакланов, Н.З. Битколов, А.Д. Вассерман, А.В. Зорин, Л.И. Иванова, В.Д. Луковский, В.В. Пененко // Ленинград: Наука, 1986. – 296 с.
5. Аналитические сита и вибрационный грохот Analysette 3: проспект фирмы FRITSCHE GmbH (Германия), 2006. – 6 с.
6. Априорное ранжирование факторов/под ред. Щекина. - 2-е изд., доп. – Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2004. – 18 с.
7. Бартон А. Человек в условиях холода / А. Бартон, О. Эдхолм // М.: Иностранная литература, 1957. – 334 с.
8. Басанец А.В. О классификации пневмокониозов: новая редакция международной организации труда 2000 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ifp.kiev.ua/doc/journals/upj/03/pdf03-4/61.pdf>.
9. Басманов П.И. Средства индивидуальной защиты органов дыхания / П.И. Басманов, С.Л. Каминский, А.В. Коробейникова, М.Е. Трубицына // Справочное руководство. — СПб.: Искусство России, 2002. — 400 с.
10. Битколов Н.З. Пылеподавление на разрезах при отрицательных температурах воздуха / Н.З. Битколов, И.И. Иванов, К.С. Лиханов // Уголь-М. – 1982 – №4 – С.29-30.
11. Борьба с силикозом: сборник статей, Том 2// Издательство Академии наук СССР, 1955. – 30 с.

12. Бригадин И.В. Способ пылеподавления при взрывных работах: пат. РФ 2273738 / И.В. Бригадин, В.С. Богарчук, Ю.В. Добрица, Н.А. Есенина, А.Г. Нестеров, С.В. Крапивин // Бюл.№10 – 2006.
13. Бульбашев А.П. Борьба с пылью на карьерах по добыче строительных материалов / А.П. Бульбашев, Ю.В. Шувалов. – СПб: МАНЭБ, 2006. – 208 с.
14. Бульбашев А.П. Рациональная организация добычи полезных ископаемых в карьерах со сложными условиями труда горнорабочих / А.П. Бульбашев, Н.А. Гаспарьян, С.В. Ковшов, А.Н. Никулин, Ю.Д. Смирнов, Ю.В. Шувалов. – СПб: МАНЭБ, 2009. – 464 с.
15. Бульбашев А.П. Рациональные технологии освоения месторождений строительных материалов / А.П. Бульбашев, Ю.В. Шувалов. – СПб.: МАНЭБ, 2000. – 234 с.
16. Величковский Б.Т. О физико-химических свойствах кремнезёма, обуславливающих развитие силикоза / Б.Т. Величковский // Кн. Патогенез пневмокониозов. – Свердловск, 1970. – С.213-218.
17. Воронов Е.Т. Борьба с пылью при разведке месторождений в условиях вечной мерзлоты / Е.Т. Воронов // М.: Недра, 1977.- 93 с.
18. Воронцова Е.И. Пневмокониозы и их профилактика в горнодобывающей промышленности / Е.И. Воронцова // М. 1972. – 125 с.
19. Галкин А.Ф. Методика оценки условий труда по пылевому фактору / А.Ф. Галкин, А.В. Дормидонтов, Е.П. Обожина // Горный информационно-аналитический бюллетень «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование-2», спец.выпуск 60-2 – 2015. – С. 367-373.
20. Галкин А.Ф. Оценка и ранжирование неблагоприятных производственных факторов на нефтегазовом предприятии севера / А.Ф. Галкин, Р.Г. Хусаинова // – М.: Фундаментальные исследования. – 2012. - №6. – С. 637-640.
21. Галкин А.Ф. Тепловой режим подземных сооружений Севера / А.Ф. Галкин // Новосибирск, Наука, 2000. – 304 с.
22. Галкин А.Ф. Efficiency of dust suppression in operation of open pit mines during winter period / А.Ф. Галкин, А.В. Дормидонтов, Е.П. Обожина // 17th

- International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, www.sgem.org, SGEM 2017 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-00-1 / ISSN 1314-2704, 29 June - 5 July, 2017, Vol. 17, Issue 13, 299-304 pp, DOI: 10.5593/sgem2017/13/S03.038.
23. Галкин К.А. Влияние геологических особенностей угольных пластов на заболеваемость рабочих пневмокониозами: Экспресс-информация / К.А. Галкин, И.Г. Ищук, Г.С. Забурдяев // М.: ЦНИЭИуголь, 1980. – 8 с.
24. Гаспарьян Н.А. Пылеподавление на основе использования фазовых переходов влаги при ведении открытых горных работ: дис. ...канд. Техн. наук: 05.26.01 / Гаспарьян Никита Александрович. – СПб, 2008. – 185 с.
25. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных вещества в воздухе рабочей зоны. – М., 2003. – 270 с.
26. Головкова Н.П. Оценка условий труда, профессионального риска, состояния профессиональной заболеваемости и производственного травматизма рабочих угольной промышленности / Н.П. Головкова, А.Г. Чеботарёв, Н.А. Хелковский-Сергеев, Н.О. Каледина // ГИАБ. – 2011. – №5 – С.9-40.
27. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ) Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 126 с.
28. ГОСТ 17.2.1.04-77 Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1978. – 15 с.
29. ГОСТ 24104-2001. Весы лабораторные. Общие технические требования. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 4 с.
30. ГОСТ Р 50760. Анализаторы газов и аэрозолей для контроля атмосферного воздуха. Общие технические условия. – М.: Госстандарт России, 1995. – 20 с.
31. ГОСТ Р ИСО 4226-2012 Качество воздуха. Общие положения. Единицы величин. – М.: Стандартинформ, 2014. – 4 с.

- 32.ГОСТ Р ИСО 7708-2006. Качество воздуха. Определение гранулометрического состава частиц при санитарно-гигиеническом контроле. – М.: Стандартиформ, 2006. – 11 с.
- 33.Государственная инспекция труда в Кемеровской области. Аварийность и травматизм на угольных предприятиях Кузбасса в 2007 году // Производственно-практический статистический журнал. Информационный бюллетень №1 (40). – 2008.
- 34.Грин Х. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы / Х. Грин, В. Лейн // Л.: Химия, Ленинградское отделение, 1972. – 427 с.
- 35.Далбаева Е.П. Исследование пылеобразования углей при циклических криогенных воздействиях / Е.П. Далбаева // Тезисы докладов на Международном форум-конкурсе молодых ученых. Проблемы недропользования. – СПб – 2014. – С.190.
- 36.Далбаева Е.П. Обоснование эффективных мер борьбы с пылью на карьерах криолитозоны / Е.П. Далбаева // Журнал «Записки Горного института», Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» - СПб, 2014. – с. 110-111.
- 37.Далбаева Е.П. Обоснование эффективных мер борьбы с пылью на карьерах криолитозоны / Е.П. Далбаева Тезисы докладов на Международном форум-конкурсе молодых ученых 24-26 апреля 2013 г./ Проблемы недропользования: Сборник научных трудов. Часть I/ Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – СПб. – 2013, С. 130.
- 38.Далбаева Е.П. Разработка способа уменьшения риска профессиональных заболеваний на карьерах криолитозоны// Международная научно-практическая конференция, посвященная 10-летию юбилею горного отделения Улан-Удэнского инженерно-педагогического колледжа. – Улан-Удэ – 26 сентября 2013, С.37-41.
- 39.Деденко И.И. Изучение теплообмена человека на Крайнем Севере в различных микроклиматических и производственных условиях / И.И. Деденко// Гигиена и санитария, 1979. - № 3.- С. 75-78.

40. Денисов В.Н. Эта вредная дорожная пыль / В.Н. Денисов // "Петербургский строительный рынок", 2010. - 5(126).
41. Дикарев В.И. Методы и средства защиты человека и окружающей среды / В.И. Дикарев, В.А. Рогалев, В.А. Денисов и др. // СПб.: МАНЭБ, 1999. — 186 с.
42. Доклад «Профилактика профессиональных заболеваний. Всемирный день охраны труда 28 апреля 2013 год». МОТ, 2013.
43. Доклад МОТ к Всемирному дню охраны труда 2013 года. Профилактика профессиональных заболеваний, Сборник материалов республиканской научно-практической конференции, Чебоксары – 2013.
44. Доклад о состоянии окружающей природной среды г. Волгограда в 1998 г./ Под общ. Ред. С.В. Косенковой. - Волгоград: Волжск. полиграф. комб., 1999.- 319 с.
45. Дуве К. Измерение и нормирование аэрозолей фиброгенного действия / К. Дуве, В.В. Ткачев // Москва, 1982. – 200 с.
46. Дядькин Ю.Д. Основы горной теплофизики для шахт и рудников Севера / Ю.Д. Дядькин // М.: Недра, 1968. – 256 с.
47. Европейский стандарт EN 13205. Атмосфера на рабочем месте – оценка производительности приборов для измерения концентрации частиц, содержащихся в воздухе. Немецкая версия.
48. Европейский стандарт EN 481:1991. Установление конвенций о величине частиц фракций для измерения взвешенных веществ на рабочем месте. Немецкая версия.
49. Жукова Т.В. Гигиенические вопросы диагностики индивидуального здоровья / Т.В. Жукова // Ростов. гос. мед. университет. - 2000. - с. 58
50. Забурдяев Г.С. Защита органов дыхания шахтеров / Г.С. Забурдяев // Охрана труда и социальное страхование. М. – 2001. - №2. - С. 68-69.
51. Зайденварг В.Е. Структурные преобразования в угольной промышленности России // Энергетическая политика. - 1999. - № 3. - С. 25-31.

- 52.Звягинцева А.В. Анализ основных технологических и инженерно-технических мероприятий, направленные на сокращение пылегазовых выбросов при массовых взрывах на карьерах горно-обогатительного комбината / А.В. Звягинцева, А.Ю. Завьялова // Гелиогеофизические исследования, 2015. – С.1-11.
- 53.Зиновьев А.П. Борьба с пылеобразованием на карьерных автодорогах нефтяными вяжущими / А.П. Зиновьев, А.Н. Купин, П.Л. Ольков, Г.Г. Максимов // Уфа.: Башкирское книжное изд. – 1990. – 95 с.
- 54.Иванов А.В. Использование пароконденсационного способа пылеподавления при различных технологических операциях добычи полезных ископаемых / А.В. Иванов, Ю.Д. Смирнов., А.А. Каменский // Записки Горного института, т. 186. – СПб.: Горный университет, 2009. – с.82-85.
- 55.Иванов А.В. Снижение аэрозольного загрязнения атмосферного воздуха от производственных объектов ОАО «Ковдорский ГОК»: дис. ...канд. техн. наук: 25.00.36 / Иванов Андрей Владимирович. – СПб., 2015. – 206 с.
- 56.Ивашкин В.С. Борьба с пылью и газами на угольных разрезах / В.С. Ивашкин // М.: Недра, 1980. - 153 с.
- 57.Измеров Н.Ф. К вопросу об экономических последствиях нарушений гигиенических нормативов / Н.Ф. Измеров, В.В. Ткачев // Гигиена труда и профессиональные заболевания. - М. - 1992. - № 11-12. – С. 1-4.
- 58.Измеров Н.Ф. Охрана здоровья рабочих и профилактика профессиональных заболеваний на современном этапе / Н.Ф. Измеров // Медицина труда и промышленная экология, 2002.- № 1. - С. 1-7.
- 59.Измеров Н.Ф. Расчет и регулирование пылевых экспозиционных доз с целью снижения уровня профессиональных заболеваний пылевой этиологии / Н.Ф. Измеров, В.В. Ткачев, В.В. Соболев // Медицина труда. - М. - 1995. - № 5. - С.1-5.
- 60.Имашева А.О. Ранжирование неблагоприятных факторов / А.О. Имашева, А.Д. Нургалиева, Ж.Т. Алпысбаева // Безопасность труда в промышленности. – 2011. - №4. – С.70-71.

- 61.Ищук И.Г. Методологические основы выбора эффективных составов жидкостей для предварительного увлажнения угольного массива / И.Г. Ищук, С.Н. Подображин // Борьба с силикозом. Т.12. М.: Наука, 1986.- С.26-33.
- 62.Каспаров А.А. Гигиена труда и промышленная санитария / А.А. Каспаров – М., 1981. – 384 с.
- 63.Качурин Н.М. Комплексное использование отходов – эффективный способ охраны окружающей среды / Н.М. Качурин, Р.Г. Рябов // Ресурсосберегающие технологии. – М., 1997, №6. – с.18.
- 64.Кислицына В.В. Особенности условий труда и профессионального риска работников, занятых при открытой добыче угля, ФГБУ «НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний СО РАМН / В.В. Кислицына, Т.Г. Корсакова, И.Ю. Мотуз // Международный журнал прикладных фундаментальных исследований – 2013. – №4 – с.52-55.
- 65.Кислицына В.В. Пылевой фактор на предприятиях угольной промышленности [Электронный ресурс] / В.В. Кислицына, И.Ю. Мотуз // Современные научные исследования и инновации, 2014. – № 4. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2014/04/32001>.
- 66.Клименко А.П. Методы и приборы для измерения концентрации пыли / А.П. Клименко // М:Химия, 1978. - 208 с.
- 67.Ковшов С.В. Обоснование параметров биогенного способа снижения аэротехногенного воздействия внешних отвалов на рабочее пространство карьеров строительных материалов: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Ковшов Станислав Вячеславович. – СПб, 2010. – 172 с.
- 68.Козлов Д.Н. Дисперсный состав пыли как критерий патогенности аэрозольного загрязнения воздуха/ Д.Н. Козлов, А.Н. Кузнецов, И.И. Турковский // Гигиена труда. -2003.-№1.-С.45-47.
- 69.Коробова Н.Л. Экология и горное производство / Н.Л. Коробова – Магнитогорск: МГТУ, 2001.- 456 с.

- 70.Костин Ю.В. Натурные испытания системы пылевого контроля и защиты горнорабочих от пневмокониозоопасности / Ю.В. Костин, Н.В. Кравцова // Науч.сообщ. ННЦ-ГП ИГД им. А.А. Скочинского, 1997.-Вып. 35 - С.96-103.
- 71.Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельчённых материалов / П.А. Коузов // Ленинград: Химия, 1974. – 280 с.
- 72.Ксенофонтова А.И. Снижение крепости угольного массива при нагнетании воды в пласт / А.И. Ксенофонтова, А.С. Бурчаков, Г.К. Самохвалов, Ю.Е. Подшивалов //, «Уголь Украины», 1962. – №1.
- 73.Кудряшов В.В. Направление в разработке приборов пылевого контроля / В.В. Кудряшов, Ю.В. Воронина // В кн.: Проблемы современной рудничной аэрологии. М.: Наука, 1974. – С. 208-214.
- 74.Кудряшов В.В. Научные основы гидрообеспыливания шахт Севера / В.В. Кудряшов // Издательство «Наука», 1984. – 264 с.
- 75.Кудряшов В.В. Некоторые вопросы теории и расчет оптических пылеизмерительных приборов / В.В. Кудряшов // В.: Борьба с силикозом. Свердловск: У ФАН СССР, 1960. - т III. - С. 161-162.
- 76.Кузнецов И.П. Об улучшении условий труда на открытых горных разработках // Известия вузов. Горный журнал. — 1958. № 8. - С. 76-79.
- 77.Лазерный анализатор размеров частиц Analysette 22: проспект фирмы FRITSCHE GmbH (Германия), 2006. – 24 с.
- 78.Лиопо Т.Н. Климатические условия и тепловое состояние человека /Т.Н. Лиопо, Г.В. Циценко // Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 151 с.
- 79.Малкин В.С. Надежность технических систем и техногенный риск / В.С. Малкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 432 с.
- 80.Медников К.П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозоля / К.П. Медников // М.: Наука, 1987. - 174 с.
- 81.Михайлов В.А. Борьба с пылью в рудных карьерах / В.А. Михайлов, П.В. Бересневич, В.Г. Борисов, А.И. Лобода // М.: Недра, 1981. - с.262.

82. Михайлов В.А. Научно-технический прогноз развития способов и средств борьбы с пылью и вредными газами при открытой разработке / В.А. Михайлов, П.В. Бересневич // Горный журнал, 1975. — № 4. - С. 69-72.
83. Молодцов А.К. Автономный респиратор с поддувом: пат.620266 СССР: МПК: А62В 18/02/ А.К. Молодцов, Ю.Н. Сосенков, Э.Д. Закутинский, Н.К. Зиновьев // № (23) 2453715/40-23 (53), заявл. 16.02.77; опубл. 25.08.78, Бюл. №31.
84. Морин А.С. Обзор технических предложений по естественному и искусственному проветриванию карьеров // В сб. науч. трудов 6-ой Всероссийской конференции: Перспективные материалы, технологии, конструкции, экономика. Красноярск: ГАЦМиЗ, 2000. - С. 458-460.
85. Мосинец В.Н. Проблемы нормализации атмосферы на открытых горных работах отрасли / В.Н. Мосинец, А.Н. Лукьянов, Л.А. Аверкин, М.М. Конорев // Горный журнал, 1991. - № 1. - С. 48-52.
86. Мухин В.И. Исследование систем управления / В.И. Мухин.- М.: Экзамен, 2003. – 384 с.
87. Никитин В.С. Борьба с пылью и газами на открытых разработках / В.С. Никитин, М.М. Чесноков // М.: Госгортехиздат.1961. – 170 с.
88. Никитин В.С. Методика определения интенсивности пылевыделения различных источников непрерывного действия в карьерах / В.С. Никитин // М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1964. – 27 с.
89. Никитин В.С. Проектирование вентиляции в карьерах / В.С. Никитин, Н.З. Битколов // М.: Недра, 1980.-171 с.
90. О состоянии профессиональной заболеваемости в Российской Федерации в 2013 г. Информационный сборник статей и аналит. мат. – М.; Федеральное государственное здравоохранение
91. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году: Государственный доклад.—М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2015. – 206 с.

- 92.Обожина Е.П. Исследование пылеобразования углей при циклических криогенных воздействиях / Е.П. Обожина // Горный информационно-аналитический бюллетень «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование – 2», спец.выпуск 60-2, Москва, 2015 г. – с. 367-373.
- 93.Осодоев М.Т. Борьба с пылью на угольных разрезах Якутии / М.Т. Осодоев // Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. – 113 с.
- 94.Отчет о выполненных работ «Опытно-промышленных испытаний профилактического средства РНХ-1020 ТУ 0258-006-73761066-2011, производства ЗАО ИПК «Роснефтехим», пылеподавление на технологических автомобильных дорогах филиала «Угольный разрез «Коркинский», г. Коркино – 2012.
- 95.Палкин А.Б. Исследование гранулометрического состава тонкодисперсных минеральных продуктов / А.Б. Палкин, Г.Ю. Гольберг // Журнал «Горная промышленность», 2012. - №3 - С.24.
- 96.Парахонский Э.В. Способы и средства нормализации состава атмосферы карьеров / Э.В. Парахонский // Горный журнал. 1993. - № 6. - С. 51-53.
- 97.Пирамидина Н.Г. Конденсационный метод подавления пыли при перегрузке горной массы в карьерах в условиях отрицательных температур: автореф. дис. ...канд. техн. наук : 05.26.01 / Пирамидина Ната Геннадьевна. – Алма-Ата, 1984. - 17 с.
- 98.Пирамидина Н.Г. Конденсационный метод пылеподавления на открытых горных работах / Н.Г. Пирамидина // Тр. Центр. НИИ проектно-конструкторского института профилактики пневмокониозов и техники безопасности. Вып. 15, 1976. – с. 40-43.
- 99.Пирамидина Н.Г. Результаты лабораторных исследований конденсационного подавления пыли при отрицательных температурах воздуха / Н.Г. Пирамидина // Труды института Унипромедь, вып. XX, Свердловск, 1977 – с. 83-86.
100. Покровский В.М. Физиология человека / В.М. Покровский, Г.Ф. Коротько // Изд-во Медицина, 1997. – 368 с.

101. Ползунова Н.Н. Исследование систем управления/ Н.Н. Ползунова // М.: Академический Проект, 2004. - 176 с.
102. Протокол совещания специалистов организаций Роспотребнадзора по теме «О состоянии условий труда и профессиональной заболеваемости в угольной отрасли» [Электронный ресурс]. М., 2013. – Режим доступа: <http://03.rospotrebnadzor.ru/content/215/6776/>.
103. Рейнхардт М. Пылеизмерительная техника в особых условиях эксплуатации /М. Рейнхардт // Глюкауф, 1994. - №5/6 - С 12-15.
104. Репин Г.Н. Сезонные колебания терморегуляторных реакций и энергозатрат у строительных рабочих / Г.Н. Репин // в. кн.: Физиология теплообмена и гигиена промышленного микроклимата. - Москва. - 1961. - С. 184-197.
105. Романченко С.Б. Пылевая динамика в угольных шахтах / С.Б. Романченко, Ю.Ф. Руденко, В.Н. Костеренко // Горное дело: М., 2011. – Т.6, Кн. 9 – 255 с.
106. Российская энциклопедия по медицине труда // Гл. ред. Н.Ф. Измеров. – М. ОАО «Издательство «Медицина», 2005. – 656 с.
107. Рудь А.Н. Руководство по борьбе с пылью и пылевзрывозащите на угольных и сланцевых шахтах / А.Н. Рудь, И.Г. Ищук // 3-е издание – Кемерово, 1992.
108. Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29 июля 2005 г. М., 2005. – 156 с.
109. Саламатин А.Г. Исследование пылеобразующей способности горных пород основных угольных бассейнов СНГ / А.Г. Саламатин, Г.С. Забурдяев //Безопасность труда в промышленности, 1996. - № 5. - С. 17-20.
110. Саламатин А.Г. Угольная промышленность России: проблемы и возможности устойчивого развития // Энергетическая политика, 1999.- № 3.- С. 16-20
111. СанПиН 2.2.3.570-96. Гигиенические требования к предприятиям угольной промышленности и организации работ. - М., 1998.- 84 с.

112. Саранчук В.И. Системы борьбы с пылью на промышленных предприятиях / В.И. Саранчук, В.П. Журавлев, В.В. Рекун // Киев. Наукова думка, 1994.- 15-24 с.
113. Сафонов В.Л. О пылеулавливающих установках на производстве. /В.Л. Сафонов//Журнал «Экология производства», 2013. - №7 - С.62-64.
114. Середняков П.Я. Борьба с пылью на зарубежных шахтах / П.Я. Середняков, И.Г. Ищук, Г.С. Забурдяев // М.: ЦНИЭИУголь, 1974. – 27 с.
115. Сертификация респираторов [Электронный ресурс] Стандарт США, NIOSH. Режим доступа: http://ohrana-bgd.ru/sizod/sizod3_02.html.
116. Скрыль А.Е. Силикоз / А.Е. Скрыль // Охрана труда и социальное страхование. – М. – 2001. – №6. – С.23-29.
117. Сливяк В. Уголь России: влияние на окружающую среду и человека [Электронный ресурс] / В. Сливяк, О Подосенова // «Экозащита!», 2013. Режим доступа: <https://ecdru.files.wordpress.com/2014/09/coal.pdf>.
118. Стандарт США – Сертификация респираторов. Предисловие к переводу [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ohrana-bgd.ru/sizod/sizod3_01.html.
119. Страус В. Промышленная очистка газов / В. Страус // М.:Химия, 1981. – 616 с.
120. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2014 года / И.Г. Таразанов // Журнал «Уголь» - №3 – 2015. – С.56-71.
121. Тимофеева С.С. Пылевая нагрузка при добыче угля и профессиональные риски / С.С. Тимофеева, М.А. Мурзин // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. - №5. – С. 68-71.
122. Тимохин Д.И. Метеорологические условия и их влияние на терморегуляцию горнорабочих шахт Крайнего Севера / Д.И. Тимохин, И.В. Петровская // в кн.: Мед.-биол. пробл. адаптации населения в условиях Крайнего Севера. Новосибирск. - 1974.- С. 153-157.

123. Тимохов К.Д. Вещественный состав пыли и меры борьбы с ней на Сибайском руднике / К.Д. Тимохов, П.Г. Симаков, Н.П. Боровиченко // Горный журнал, 1975. – №11 – с. 68-70.
124. Трубицын А.А. О состоянии профессиональной заболеваемости на предприятиях угольной промышленности / А.А. Трубицын, Г.Г. Полякова, Н.В. Морозова // Предупреждение травматизма и аварий в угольных шахтах и на разрезах: Сборник научных трудов/ ВостНИИ. - Кемерово, 1999. – С.89-91.
125. Уайтлоу-Грей Р. Дым. Исследования в области аэродисперсных систем / Уайтлоу-Грей Р., Паттерсон Х. // М.: ОНТИ: Госхимидат, 1934. - 184 с.
126. Уголь: Энциклопедия – М.: Эксмо, 2013. – С. 248.
127. Филатов С.С. Борьба с пылью и газами на карьерах / С.С. Филатов, В.А. Михайлов, А.А. Вершинин // М.: Недра, 1973. - 144 с.
128. Фукс Н.А. Механика аэрозолей / Н.А. Фукс // М.:Изд-во Академии наук СССР, 1955. – 352 с.
129. Фукс Н.А. Успехи механики аэрозолей / Н.А. Фукс // М.: Изд-во Академии наук СССР, 1961. – 160 с.
130. Хусаинова Р.Г. Обоснование целесообразности изменения режимов труда и отдыха в условиях охлаждающего микроклимата: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Хусаинова Ралина Гафуровна. – СПб., 2013. – 162 с.
131. Хусаинова Р.Г. Экспертная оценка негативного воздействия производственных факторов на работников горнодобывающего предприятия Севера [Электронный ресурс] / Р.Г. Хусаинова // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. - Вып. 2 (48). - 19.04.2013. - 6 с. Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>.
132. Цапко В.Г. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие/ под ред. Русака О.Н. СПб: ЛТД, 1996. – 315 с.
133. Чемезов Е.Н. Образование и подавление пыли на шахтах Северо-Востока СССР / Е.Н. Чемезов, Н.Х. Муксунов, Г.П. Довиденко ; Отв. ред. канд. техн. наук В.С. Андреев ; АН СССР, Сиб. отд-ние, Якут. филиал, Ин-т физ.-техн. проблем Севера. – Новосибирск : Наука, 1977. – 120 с.

134. Чулаков П.Ч. Теория и практика обеспыливания атмосферы карьеров / П.Ч. Чулаков // Недра, М. 1973. – С. 48-57.
135. Шиленков В.Н. Ослабление массива угля в результате предварительного увлажнения / В.Н. Шиленков, Л.И. Рыжих, А.П. Поцелуев // «Горнодобывающая промышленность Казахстана», 1961. – №6.
136. Шицкова А.П. Энергетический, витаминный обмен у детей на Крайнем Севере и вопросы питания / А.П. Шицкова, В.М. Краснопевцев, Е.В. Потехин, Л.В. Жидкова // в кн.: Вопросы гигиены питания. - М.:МНИИГ им. Ф.Ф. Эрисмана. - 1972. - вып. 2.- С. 5-13.
137. Ю.В. Шувалов Патент №2329839 Респиратор-кондиционер /Ю.В. Шувалов, Н.А. Котенков, С.Н. Полторыхин, А.П. Веселов/Б.И.№21, 27.07.2008.
138. A Rule by the Mine Safety and Health Administration on 05/01/2014. Lowering Miners' Exposure to Respirable Coal Mine Dust, Including Continuous Personal Dust Monitors. C. Summary of Major Provisions [Электронный ресурс] 2014. Режим доступа: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2014-05-01/pdf/2014-09084.pdf>.
139. Bureau of Labor Statistics, United States Department of Labor. 2012. Incidence rates and numbers of nonfatal occupational illnesses by major industry sector, category of illness, and ownership [Электронный ресурс] 2011. Режим доступа: www.bls.gov/news.release/osh.t06.htm.
140. Department for Work and Pension, United Kingdom. Industrial Injury first diagnosed prescribed diseases all assessments resulting in payment in the quarter by type of disease [Электронный ресурс]. 2012. – Режим доступа: statistics.dwp.gov.uk/asd/asd1/iidb/iidb_quarterly_mar12.xls.
141. Edward L. Petsonk Система органов дыхания: разнообразие пневмокониозов / Edward L. Petsonk, Steven R. Short. // Энциклопедия по безопасности и гигиене труда. М., 2001.-Т. 1.-С. 76.
142. Edward L.Petsonk. Легочные заболевания шахтеров / Edward L.Petsonk, Gregori R. Wagner, Michael D. Attfield // Энциклопедия по безопасности и гигиене труда. – М. – 2001 -Т. 3. - С. 184.

143. Fritsch. Измерение размера частиц. Обзор продукции фирмы «Фрич». Idar-Obersen. – 2010 – 28 с.
144. International Labour Office (ILO). 2011. ILO introductory report: global trends and challenges on occupational safety and health [Электронный ресурс]. – Report, XIX World Congress on Safety and Health at Work – Istanbul – 2011. – Режим доступа:
www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/ed_protect/protrav/safework/documents/publication/wcms_162662.pdf.
145. International Labour Office (ILO). 2011. ILO introductory report: global trends and challenges on occupational safety and health [Электронный ресурс] // Report, XIX World Congress on Safety and Health at Work, Istanbul, 2011 (Geneva).
Режим доступа:
www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/ed_protect/protrav/safework/documents/publication/wcms_162662.pdf.
146. John E. Parker. Силикоз / John E. Parker, Gregori R. Wagner // Энциклопедия по безопасности и гигиене труда. – М., 2001.-Т.3.- С.187.
147. Lebecki K. Zagrozenia pylowe w gornictwie // Katowice: Glowny Instytut Gornictwa – 2004 - 399 с.
148. Linda Rosenstock et al. Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to coal mine dust // National Institute for Occupational Safety and Health. — Cincinnati, Ohio: US Governmental Printing Office, 1995. — 360 с. — (DHHS (NIOSH) Publication No. 95–106).
149. Ministry of Health, Labour and Welfare. Survey of work-related diseases [Электронный ресурс]. Japan, 2011. – Режим доступа: www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei11/h23.html.
150. Ministry of Health, Labour and Welfare. Survey of work-related diseases [Электронный ресурс]. Japan, 2011. Режим доступа: www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei11/h23.html.
151. National Fire Protection Association (NFPA)/ Standart Nos. 68, 69, 91, 654

152. Patrick Sebastien. Этиопатогенез пневмокониозов / Patrick Sebastien, Reymond Begin // Энциклопедия по безопасности и гигиене труда. – М., 2001. – Т.3. – С.190.
153. R. Howie. Practical Aspects of the Use of Respirators in the British Coal Mines / R. Howie and W. Walton // B. Ballantyne & P. Schwabe. Respiratory Protection. Principles and Applications. London, New York Chapman & Hall – 1981 - 376 p.
154. Superintendenciade Riesgos del Trabajo, Argentina. 2009. Anuario Estadístico de Sinies tralidad 2010. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.sometracomahue.org.ar/sitio/descarga/AnuarioSRT2010/SRTanuario2010.pdf.
155. Tian Guozheng, Sun Jiping,. Coal society. Китай. -1997. - № 6.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Анкета

Ваша должность _____

Ваша специальность _____

Общий стаж работы в отрасли _____

Стаж работы специалистом по ОТ _____

Целью данного анкетирования является оценка значимости причин и факторов, влияющих на заболеваемость рабочих карьеров криолитозоны. В данном опросе Вам необходимо оценить рабочие места работников, в дальнейшем под «рабочим местом» следует понимать рабочее место для работников, находящихся непосредственно на открытом воздухе, на работах, связанных с добычей угля. Кроме того, отдельные вопросы введены в анкету для оценки целесообразности проведения научных исследований и совершенствование существующей нормативной базы. Если факторы, по Вашему мнению, оказывают одинаковое воздействие, то они обозначаются одной цифрой – **ранжирование не требуется** - каждый фактор оценивается самостоятельно (т.е. вся таблица может иметь во всех строчках одинаковую оценку, например, только «5» или «3»). **Вы не обязаны отвечать на все пункты.** Если ответа нет – пункт пропускается, а его номер обводится «кружком». Если у Вас есть **свое отдельное мнение** о значимых причинах и факторах, которые не вошли в анкету, изложите их, пожалуйста, в конце анкеты: мы с благодарностью рассмотрим Ваши предложения и учтем их при анализе анкет и дальнейшей работе.

1. Как Вы считаете, изменяется ли тяжесть труда работников в течение года?
 Да
 Нет
Другое: _____
2. Как Вы считаете, изменяется ли пылевая нагрузка на рабочих в течение года?
 Да
 Нет
Другое: _____
3. По Вашему мнению, нуждается ли в изменении существующий метод оценки пылевой нагрузки?
 Да
 Нет
Другое: _____
4. Влияет ли, по Вашему мнению, температура пород (+5 - +20⁰С) на уровень пылеобразования?
 Да
 Нет
Другое: _____
5. Влияют ли, по Вашему мнению, суточные колебания температуры на пылевую нагрузку?
 Да, влияет
 Влияет, но незначительно
 Нет, не влияет
Другое: _____

6. Как Вы считаете, необходимо ли учитывать вариативность пылевой нагрузки в течение года?
- Да
 Нет
Другое: _____
7. По Вашему мнению, стоит ли учитывать вариативность пылевой нагрузки в течение суток?
- Да
 Нет
Другое: _____
8. Как Вы считаете, влияет ли температура пород(-5 - -20⁰С) на уровень пылеобразования?
- Да
 Нет
Другое: _____
9. По Вашему мнению, связан ли уровень пылеобразования с влажностью (льдистостью) пород?
- Да
 Нет
Другое: _____
10. Как Вы считаете, влияют ли циклические криогенные воздействия на дисперсность пыли и количество образующейся пыли?
- Да
 Нет
Другое: _____
11. Оцените, как, по Вашему мнению, перечисленные ниже вредные факторы, оказывают влияние на **заболеваемость** рабочих по шкале от 1 до 5, где 1 – не оказывает, 5 – основной фактор.

Фактор	1	2	3	4	5
Регион					
Температура воздуха					
Тяжесть труда					
Сезонность колебаний пылевой нагрузки					
Дисперсный состав пыли (количество мелкой фракции)					
Вид пыли					
Напряженность труда					

Другое: _____

12. Оцените, как, по Вашему мнению, перечисленные ниже вредные факторы, оказывают влияние на **дисперсный состав пыли**, присутствующей в рабочей зоне по шкале от 1 до 5, где 1 – не оказывает, 5 – основной фактор.

Фактор	1	2	3	4	5
Регион					
Температура воздуха					
Сезонность колебаний температуры воздуха					
Суточные колебания температуры					
Способ ведения добычных работ					
Крепость, влажность, вещественный состав и степень метаморфизма угля					

Другое: _____

13. Оцените, как, по Вашему мнению, перечисленные ниже факторы, оказывают влияние на **тяжесть труда** рабочих по шкале от 1 до 5, где 1 – не оказывает, 5 – основной фактор.

Фактор	1	2	3	4	5

Регион					
Температура воздуха					
Пылевая нагрузка					
Использование СИЗов					
Работа в ночные смены					

Другое: _____

14. Оцените, как, по Вашему мнению, **температура воздуха (+26 - +28 °С)**, влияет на перечисленные ниже факторы, по шкале от 1 до 5, где 1 – не оказывает, 5 – основной фактор.

Фактор	1	2	3	4	5
Пылеобразование в карьере					
Вибрационная нагрузка					
Пылевая нагрузка на органы дыхания					
Тяжесть и напряженность труда					
Процессы пылеподавления					
Заболеваемость рабочих					

Другое: _____

15. Оцените, как, по Вашему мнению, **температура воздуха (+15 - +21 °С)**, влияет на перечисленные ниже факторы, по шкале от 1 до 5, где 1 – не оказывает, 5 – основной фактор.

Фактор	1	2	3	4	5
Пылеобразование в карьере					
Вибрационная нагрузка					
Пылевая нагрузка на органы дыхания					
Тяжесть и напряженность труда					
Процессы пылеподавления					
Заболеваемость рабочих					

Другое: _____

16. Оцените, как, по Вашему мнению, **температура воздуха (+5 - +8 °С)**, влияет на перечисленные ниже факторы, по шкале от 1 до 5, где 1 – не оказывает, 5 – основной фактор.

Фактор	1	2	3	4	5
Пылеобразование в карьере					
Вибрационная нагрузка					
Пылевая нагрузка на органы дыхания					
Тяжесть и напряженность труда					
Процессы пылеподавления					
Заболеваемость рабочих					

Другое: _____

17. Оцените, как, по Вашему мнению, **температура воздуха (0 - -5 °С)**, влияет на перечисленные ниже факторы, по шкале от 1 до 5, где 1 – не оказывает, 5 – основной фактор.

Фактор	1	2	3	4	5
Пылеобразование в карьере					
Вибрационная нагрузка					
Пылевая нагрузка на органы дыхания					
Тяжесть и напряженность труда					

Процессы пылеподавления					
Заболееваемость рабочих					

Другое: _____

18. Оцените, как, по Вашему мнению, **температура воздуха (-8 - -15 °С)**, влияет на перечисленные ниже факторы, по шкале от 1 до 5, где 1 – не оказывает, 5 – основной фактор.

Фактор	1	2	3	4	5
Пылеобразование в карьере					
Вибрационная нагрузка					
Пылевая нагрузка на органы дыхания					
Тяжесть и напряженность труда					
Процессы пылеподавления					
Заболееваемость рабочих					

Другое: _____

19. Оцените, как, по Вашему мнению, **температура воздуха (-20 - -25 °С)**, влияет на перечисленные ниже факторы, по шкале от 1 до 5, где 1 – не оказывает, 5 – основной фактор.

Фактор	1	2	3	4	5
Пылеобразование в карьере					
Вибрационная нагрузка					
Пылевая нагрузка на органы дыхания					
Тяжесть и напряженность труда					
Процессы пылеподавления					
Заболееваемость рабочих					

Другое: _____

20. Оцените, как, по Вашему мнению, **температура воздуха (-30 - -40 °С)**, влияет на перечисленные ниже факторы, по шкале от 1 до 5, где 1 – не оказывает, 5 – основной фактор.

Фактор	1	2	3	4	5
Пылеобразование в карьере					
Вибрационная нагрузка					
Пылевая нагрузка на органы дыхания					
Тяжесть и напряженность труда					
Процессы пылеподавления					
Заболееваемость рабочих					

Другое: _____

СПАСИБО ЗА СОДЕЙСТВИЕ!

ОСОБОЕ МНЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ: _____

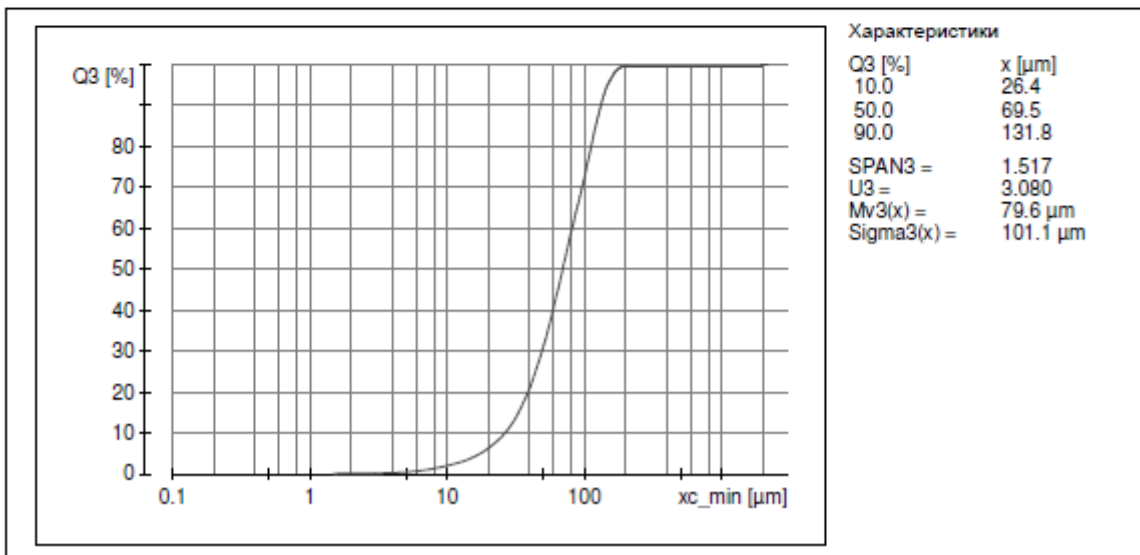
ПРИЛОЖЕНИЕ Б
CAMSizer XT®



Уголь_0-0,14 мм(заморозка)

Компания:	Горный Институт
Пользователь:	Лаборатория моделирования
Файл результатов:	C:\...izerXT\CAMDAT\Уголь\Уголь_Тест_0-0,14_с адаптацией_(заморозка)_xc_min_005.rdf
Файл задачи:	C:\CamsizerXT\CAMSYS\Уголь.afg
Время:	27.05.2013 , 12:22 , Длительность 7 мин 34 s at 0.3 % площадь покрытия, Скорость изображения 1:1 , with X-Jet, gap width = 4.0 mm, dispersion pressure = 50.0 kPa
Модель частицы:	xc_min
Shape settings:	острые Частицы
N. частиц:	CCD-B = 89521527 , CCD-Z = 4598410
Velocity adaption:	Уголь_Адаптация_до 0,25.ftv
приведение:	нет
Материал:	Уголь Тугнуйский

Размер класса	[µm]	p3 [%]	Q3 [%]	p0 [%]	Q0 [%]	b/l0	PDN
0.0 -	1.0	0.0	0.0	15.6	15.6	0.354	12393251
1.0 -	2.0	0.1	0.1	45.4	61.0	0.813	739254196
2.0 -	3.0	0.0	0.1	9.0	70.0	0.706	48307894
3.0 -	4.0	0.2	0.3	3.7	73.7	0.661	46786894
4.0 -	5.0	0.1	0.4	5.7	79.4	0.716	68015873
5.0 -	6.0	0.3	0.7	5.3	84.7	0.702	58477776
6.0 -	7.0	0.3	1.0	3.7	88.4	0.712	42706152
7.0 -	8.0	0.3	1.3	2.3	90.7	0.692	26925454
8.0 -	9.0	0.3	1.6	1.7	92.4	0.695	19260366
9.0 -	10.0	0.4	2.0	1.1	93.5	0.686	12472030
10.0 -	11.0	0.3	2.3	0.9	94.4	0.688	10192208
11.0 -	12.0	0.4	2.7	0.6	95.0	0.672	6724197
12.0 -	13.0	0.3	3.0	0.5	95.5	0.661	6259006
13.0 -	14.0	0.4	3.4	0.4	95.9	0.662	4410525
14.0 -	15.0	0.4	3.8	0.4	96.3	0.665	4436021
15.0 -	16.0	0.5	4.3	0.4	96.7	0.666	3941122
16.0 -	18.0	1.0	5.3	0.5	97.2	0.670	6491746
18.0 -	20.0	1.0	6.3	0.4	97.6	0.670	4806360
> 20.0		93.7	100.0	2.4	100.0	0.681	26831456



Q3 (b/l=0.9) = 98.0 %

Среднее значение b/l3 = 0.663