

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский государственный университет путей
сообщения»

На правах рукописи



ПРИГОРОДОВА ТАТЬЯНА НИКОЛАЕВНА

**УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПРИ РАЗГРУЗКЕ УГЛЯ
НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ**

05.26.01 – Охрана труда (электроэнергетика)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Н.П. Попова

Екатеринбург – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.....	10
1.1 Тенденции развития топливно-энергетического комплекса России	10
1.2 Состояние вопроса профессиональной заболеваемости, связанных с воздействием промышленных аэрозолей	17
1.3 Анализ результатов проведения оценки условий труда на рабочих местах по наличию в воздухе рабочей зоны пылевых аэрозолей	20
1.4 Влияние процессов пылевыделения и свойств пыли на условия реализации обеспыливания воздушной среды при перегрузке сыпучего материала	24
1.5 Основные способы борьбы с пылеобразованием при погрузочно- разгрузочных работах на предприятиях электроэнергетики.....	29
1.6 Основные применяемые системы аспирации на разгрузочных пунктах предприятий электроэнергетики	34
1.7 Выводы	43
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВСАСЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА	45
2.1 Обоснование выбора подхода к разработке протяженного отсоса	45
2.2 Аэродинамический расчет протяженного воздуховода равномерного всасывания с тангенциальным входом воздуха	50
2.3 Закономерности составляющих скорости движения пылевидных частиц внутри всасывающего устройства.....	55
2.4 Выводы	59
3 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОТЯЖЕННОГО ОТСОСА С ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМ ВХОДОМ ВОЗДУХА	61
3.1 Расчет объемов аспирации при разгрузке полувагона с каменным углем	61
3.2 Аэродинамический стенд для исследования протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха	65
3.3 Методика определения коэффициента местного сопротивления протяженного отсоса	70
3.4 Методика определения степени закручивания потока воздуха внутри воздуховодов аспирационной системы.....	72

3.5 Методика определения характера распределения скоростей воздуха в протяженном отсосе, предотвращающих осаждение пыли на стенках отсоса ...	73
3.6 Методика определения равномерности всасывания воздуха по длине протяженного отсоса	75
3.7 Методика исследования факела всасывания протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха	76
3.8 Выводы	77
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
ПРОТЯЖЕННОГО ОТСОСА С ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМ ВХОДОМ ВОЗДУХА ...	79
4.1 Степень закручивания потока воздуха внутри воздуховода	79
4.2 Определение характера распределения скоростей воздуха в протяженном отсосе, предотвращающих осаждение пыли на стенках отсоса.....	82
4.3 Определение равномерности всасывания воздуха по длине протяженного отсоса.....	88
4.4 Факел всасывания протяженного отсоса	92
4.5 Определение коэффициента местного сопротивления отсоса.....	94
4.5.1 Определение влияния сил инерции и вязкости на сопротивление местного отсоса	94
4.5.2 Определение зависимости отношения ширины входного отверстия к диаметру воздуховода на сопротивление местного отсоса	97
4.5.3 Зависимость соотношения площадей входной щели и поперечного сечения переходного воздуховода на сопротивление местного отсоса.....	99
4.5.4 Влияние длины щелевого отверстия на коэффициент местного сопротивления отсоса	100
4.6 Методика расчета аспирационной сети с протяженным отсосом с тангенциальным входом воздуха	102
4.7 Воспроизводимость результатов экспериментальных исследований	104
4.8 Выводы	105
5 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ АСПИРАЦИИ ПРИ	
РАЗГРУЗКЕ УГЛЯ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ	107
5.1 Эффективность всасывания частиц пыли протяженным отсосом с тангенциальным входом воздуха	107

5.2 Экономические затраты работодателя при повышенной запыленности рабочей зоны на разгрузочных площадках	108
5.3 Выводы	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	119
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	121
ПРИЛОЖЕНИЕ А	138
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Положительная тенденция в развитии угольной промышленности сказывается на деятельности предприятий электроэнергетики. К концу 2015 года в России около трети тепловых электростанций (ТЭС) используют в качестве основного топлива уголь, которыми выработано около 25% электроэнергии от общего объема. В зависимости от установленной мощности ТЭС транспортировка твердого топлива осуществляется полувагонами и грузовыми автомобилями. По причине большего массового расхода угля запыленность при разгрузке полувагона больше, чем при выгрузке из автомобиля. Вследствие этого, далее в качестве протяженного источника пыления рассмотрена разгрузка полувагона с углем, расположенного на тракте топливоподачи ТЭС.. Разгрузочные операции могут производиться ручным (путем открытия люков) или механизированным способами (пневматическими механизмами, вагонопрокидывателями). При высыпании сыпучего груза последний вытесняет большой объем воздуха за короткий промежуток времени и под действием воздушного потока перемещает облако пыли, что оказывает неблагоприятное воздействие на персонал как вблизи источника пыления, так и на расстоянии от него. Сложностью в улавливании образовавшегося пылевого облака является протяженная длина источника пыления. Проведенные автором исследования на крупнейшей в России ТЭС, работающей на угле, – Рефтинской ГРЭС – показали, что запыленность воздуха рабочей зоны машиниста вагонопрокидывателя превышает санитарные нормы в 10 раз. Предотвращение запыленности воздуха на рабочих местах разгрузочных комплексов является актуальной **научно-технической задачей**, решение которой имеет важное производственное и социальное значение.

Цель работы. Обоснование и разработка эффективного конструктивного решения систем аспирации для предотвращения запыленности воздуха рабочей

зоны на разгрузочных узлах ТЭС.

На основе анализа научных работ, изобретений по обеспыливанию воздуха и цели в диссертационной работе определены следующие **задачи**:

1. Обосновать способы повышения эффективности аспирационных установок, обслуживающих протяженные источники пыления.

2. Разработать на основе теоретических и экспериментальных исследований протяженный отсос, эффективно удаляющий запыленный воздух и транспортирующий его по системе аспирации.

3. Создать методику расчета аспирационной системы с использованием предложенного отсоса.

4. Дать экономическую оценку результатов исследования и обосновать эффективность предложенного отсоса по удалению угольной пыли при разгрузке полувагона.

Объект исследования. Запыленная воздушная среда при разгрузке полувагона с углем.

Предмет исследования. Аэродинамические процессы, происходящие в запыленном воздушном потоке при его образовании и удалении из рабочей зоны.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается методологической обоснованностью, внутренней логикой исследования, использованием фундаментальных трудов по аспирации и статистических отчетных материалов контрольно-надзорных органов, ЕЭС России, ОАО «РЖД» в качестве аналитических данных, применением апробированных методов исследований и современного оборудования и приборов, имеющих высокую степень точности и погрешность, не превышающую допустимых значений в экспериментальных научных исследованиях, корректным проведением лабораторных исследований.

Методы исследований включали основы аэродинамики с использованием теоремы о количестве движения массы, уравнений динамики потоков воздуха и сыпучих материалов, многофакторного анализа экспериментальных данных. Методическое обеспечение лабораторных исследований разрабатывалось в

соответствии с положениями теории подобия, анализа экспериментальных данных с применением методов математической статистики.

Научные положения, представленные к защите.

1. Протяженный отсос с тангенциальным входом воздуха создает закрученный воздушный поток, предотвращающий осаждение пыли на внутренних стенках воздухопроводов при уменьшении энергозатрат.

2. Снижение энергопотребления системы аспирации с протяженным отсосом с тангенциальным входом воздуха обеспечивается при создании закрученного потока внутри воздуховода за счет преобладания величины пристенной скорости воздуха над средней.

3. Протяженный отсос цилиндрической формы с тангенциальным входом воздуха и суживающимся щелевым отверстием, который в плане представляет собой прямоугольную трапецию с соотношением оснований 1:5, обеспечивает равномерное удаление запыленного воздуха по всей длине источника пыления – полувагона при его разгрузке в бункер тракта топливоподачи ТЭС.

Научная новизна работы:

1. Разработана математическая модель процесса удаления запыленного воздуха от протяженного источника пыления при создании закрученного потока внутри аспирационной системы.

2. Впервые получен коэффициент местного сопротивления протяженного отсоса цилиндрической формы с тангенциальным входом воздуха, который позволяет уточнить расчет потерь давления в системе аспирации.

3. Определено допустимое снижение средней скорости движения воздуха в воздуховоде при проектировании системы аспирации с протяженным отсосом с тангенциальным входом воздуха.

4. Разработана методика расчета системы аспирации, отличающаяся использованием протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха и постоянной или переменной шириной всасывающей щели.

Теоретическая и практическая значимость работы.

1. Определены принципы повышения эффективности работы систем

аспирации при удалении воздуха от протяженных источников пыления.

2. Предложены новые типы конструкций протяженных отсосов аспирационных систем для равномерного удаления пыли по всей длине источника пыления, а также для предупреждения отложения пыли на внутренних стенках воздуховодов.

3. Проведен теоретический анализ потерь давления в протяженном отсосе на основе математической модели процесса удаления запыленного воздуха при создании закрученного потока внутри системы аспирации.

4. Разработана и исследована в лабораторных условиях модель протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха при постоянной и переменной форме щелевого отверстия.

5. Создана методика расчета системы аспирации при использовании протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха.

6. Исследованные протяженные отсосы позволяют повысить эффективность и экономичность систем аспирации на погрузо-разгрузочных комплексах ТЭС.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО УрГУПС при обучении студентов в профессиональных дисциплинах направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», используются при проведении обучения по программам дополнительного профессионального образования в ЧУ ФНПР «НИИОТ», нашли применение в проектной деятельности ОАО «УРАЛГИПРОТРАНС».

Соответствие диссертации паспорту специальности. Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом и формулой специальности 05.26.01 «Охрана труда (электроэнергетика)», в частности п. 7 паспорта: «Научное обоснование, конструирование, установление области рационального применения и оптимизация параметров способов, систем и средств коллективной и индивидуальной защиты работников от воздействия вредных и опасных факторов».

Апробация работы. Диссертационная работа и ее основные положения докладывались и обсуждались на семинаре докторантов и аспирантов УрГУПС,

ежеквартальных семинарах аспирантов кафедры «Техносферная безопасность» УрГУПС, заседаниях Ученого совета ЧУ ФНПР «НИИОТ». Материалы диссертации апробированы на международных научно-практических конференциях «Инновации и исследования в транспортном комплексе» (г. Курган, 2013–2014), на VI-й Международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии» (Челябинск, 2015), на IV Общероссийской научно-практической очно-заочной конференции с международным участием «Экология. Риск. Безопасность» (Курган, 2015). Заочно принято участие в Международной научно-практической конференции «Транспорт-2014» (г. Ростов-на-Дону, 2014), в VII Международной научно-практической конференции «Научное обозрение физико-математических и технических наук в XXI веке» (Москва, 2014).

Публикация результатов исследований. Основные положения диссертации опубликованы в 9 печатных работах, включая две публикации в журнале из списка ВАК. Отправлена заявка № 2015157472/(088583) от 31.12.2015 на получение патента на изобретение «Всасывающее устройство» (авторы Попова Н.П., Пригородова Т.Н.).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Работа изложена на 145 страницах машинописного текста, содержит 54 рисунка, 12 таблиц, 2 приложения. Библиографический список состоит из 139 источников.

1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Предотвращение запыленности воздуха рабочей зоны носит первостепенный характер в вопросах охраны труда на предприятиях электроэнергетики, т.к. пыль оказывает не только неблагоприятное воздействие на работников, но и вызывает скорое старение механизмов и может стать причиной промышленного взрыва. Неудовлетворительные условия труда по содержанию взвешенных частиц в воздухе рабочей зоны характерны для разгрузочных пунктов топливных электростанций, работающих на твердом топливе. Выгрузка сыпучих грузов сопровождается обильным пылевыведением при технологической операции как в зоне выполнения работ, так и на расстоянии от места разгрузки по причине перемещения запыленных воздушных масс.

1.1 Тенденции развития топливно-энергетического комплекса России

Топливная электроэнергетика является одной из приоритетных отраслей экономики страны. Существующий прогресс техники и технологии сопровождается увеличением затрат электроэнергии.

Ежегодно все электрические станции России вырабатывают около одного триллиона кВт·ч электроэнергии. В 2015 году электростанции Единой энергетической системы (ЕЭС) России выработали 1 026,9 млрд. кВт·ч [60]. По количеству выработки электроэнергии в ЕЭС и установленной мощности

электростанций тепловые электростанции (ТЭС) занимают лидирующие позиции, опережая по обоим показателям в сумме гидроэлектростанции (ГЭС) и атомные электростанции (АЭС) в два раза (рисунок 1.1, 1.2).

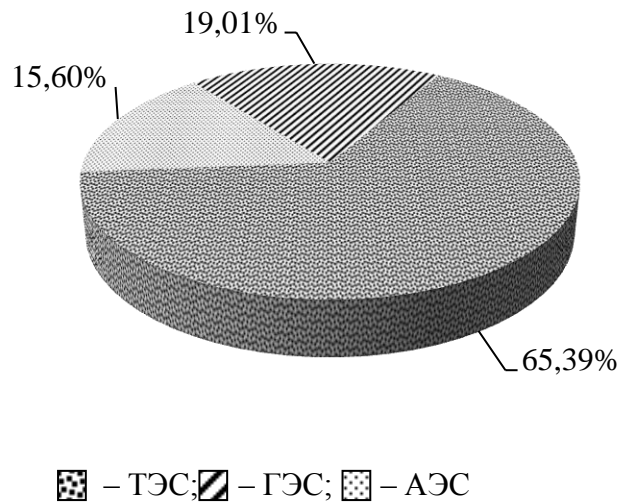


Рисунок 1.1 – Выработка электроэнергии в ЕЭС России на 2015 г.

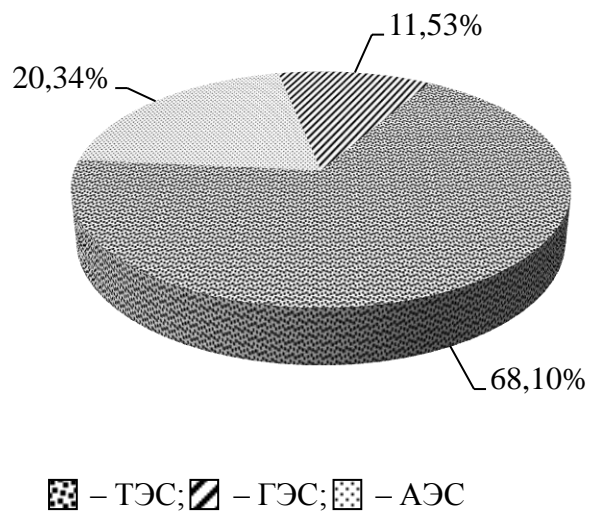


Рисунок 1.2 – Структура электростанций ЕЭС России по установленной мощности в 2015 г.

В течение нескольких прошлых десятилетий переведено множество тепловых электростанций по стране с твердого топлива на природный газ, особенно в европейской части. Это связано с такими преимуществами газа над твердыми видами топлива, как большая теплотворная способность природного

газа по сравнению с твердыми видами топлива (таблица 1.1, [28]), снижение себестоимости производства электроэнергии кВт·ч [49, 51], меньшая экологическая нагрузка на окружающую среду.

Таблица 1.1 – Теплотворная способность различных видов топлива

Вид топлива	Теплотворная способность, кДж/кг
Антрацит	34 000
Бурый уголь	28 000
Каменный уголь	35 000
Нефть	44 000
Природный газ	50 000

К недостаткам использования угля в качестве топлива на тепловых электростанциях относятся:

- низкая теплотворная способность;
- большие затраты на транспортировку топлива;
- увеличенные затраты тепловых электростанций на приобретаемое топливо по причине потери угля при транспортировке железнодорожным транспортом, а также во время погрузо-разгрузочных работ [51, 119, 135];
- значительное загрязнение окружающей среды (выделение углекислого газа, наличие золоотвалов, выбросы тяжелых металлов при сжигании угля и т.д.)
- требуются большие площади для хранения топлива.

Согласно [59] в настоящее время наблюдается обратный перевод тепловых электростанций с природного газа на твердое топливо. Это объясняется стабильностью цены угля, а также преобладанием его запасов над нефтью в 10 раз [41].

Согласно отчетным данным Министерства энергетики РФ [58] в последние годы угольная промышленность прошла путь кардинальных реформ. Отрасль успешно развивается, растут объемы добычи угля, многократно увеличилась производительность и эффективность труда, угольный бизнес стал инвестиционно привлекательным. По состоянию на конец 2014 года в угольной отрасли функционируют 249 предприятий, осуществляющих добычу (переработку) угля.

На топливных электростанциях в качестве твердого топлива используются каменный уголь, торф, бурый уголь, сланцы. К концу 2015 года в России около трети ТЭС используют в качестве основного топлива уголь (каменный и бурый) (рисунок 1.3) [115].

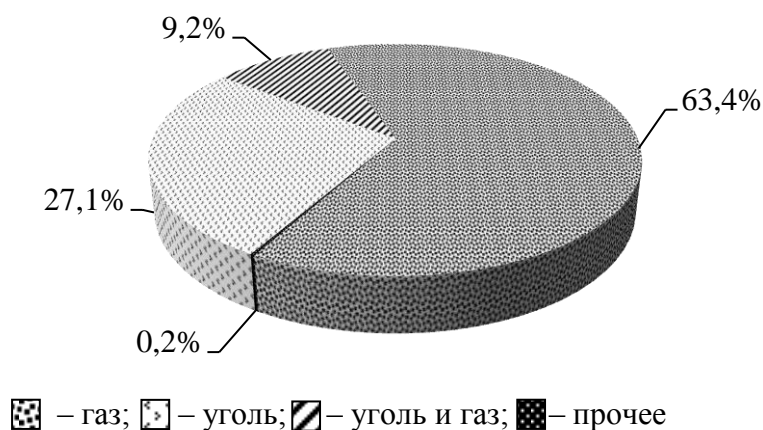
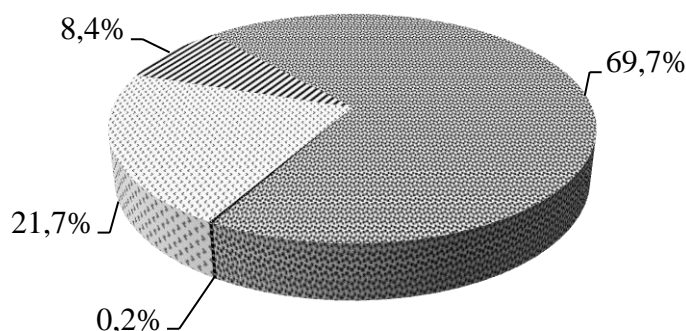


Рисунок 1.3 – Распределение ТЭС по виду основного используемого топлива в России в 2015 г.

За 2015 г. ТЭС ЕЭС России выработали 671 438,8 млн. кВт·ч электроэнергии [60]. Исходя из распределения ТЭС по виду основного используемого топлива (рисунок 1.3) около 255 150 млн. кВт·ч электроэнергии произведено тепловыми электростанциями, работающими на угле, что составляет порядка 25% выработанной электроэнергии всеми электростанциями ЕЭС России.

На производство 1 кВт·ч электроэнергии тепловой электростанцией расходуется около 350 г каменного угля [139]. Таким образом, на выработку этой электроэнергии потребовалось 89 301 360,4 тонн угля и 1 275 734 полувагонов грузоподъемностью 70 тонн на его транспортировку.

Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) относятся к ТЭС. ТЭЦ генерируют дополнительно тепло. Статистика по применению ТЭЦ различных видов топлива для производства тепла и электричества схожа с ТЭС: в большей степени используется газ (около 70%), на втором месте – твердое топливо (около 30%) (рисунок 1.4).



■ – газ; ■ – уголь; ■ – уголь и газ; ■ – прочее

Рисунок 1.4 – Распределение ТЭЦ по виду основного используемого топлива в России в 2015 г.

Угольные ТЭС преобладают в южной Сибири и Дальнем Востоке. Крупнейшей ТЭС в России, работающей на твердом топливе (экибастузский каменный уголь), является Рефтинская ГРЭС. Ее установленная мощность составляет 3800 МВт. В таблице 1.2 представлены топливные электростанции установленной мощностью более 1000 МВт с указанием основного используемого вида топлива.

Таблица 1.2 – Топливные электростанции России установленной мощностью свыше 1200 МВт

№ п/п	Наименование топливной электростанции	Установленная мощность, МВт	Основной вид топлива
1	2	3	4
1	Сургутская ГРЭС-2	5 597	газ
2	Рефтинская ГРЭС	3 800	уголь
3	Костромская ГРЭС	3 600	газ
4	Сургутская ГРЭС-1	3 268	газ
5	Рязанская ГРЭС	3 070	уголь, газ
6	Киришская ГРЭС	2 595	газ
7	Конаковская ГРЭС	2 520	газ
8	Ириклинская ГРЭС	2 430	газ
9	Ставропольская ГРЭС	2 400	газ
10	Пермская ГРЭС	2 400	газ

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
12	Зайнская ГРЭС	2 200	газ
13	Нижневартовская ГРЭС	2 013	газ
14	Каширская ГРЭС	1 910	уголь, газ
15	Новочеркасская ГРЭС	1 884	уголь
16	ТЭЦ-26	1 840	газ
17	Кармановская ГРЭС	1 831	газ
18	ТЭЦ-21	1 800	газ
19	Невинномысская ГРЭС	1 700	газ
20	Среднеуральская ГРЭС	1 656,5	газ
21	Троицкая ГРЭС	1 574	уголь
22	Черепетская ГРЭС	1 510	уголь
23	Верхнетагильская ГРЭС	1 497	уголь
24	Шатурская ГРЭС	1 493	газ
25	Приморская ГРЭС	1 467	уголь
26	ТЭЦ-23	1 420	газ
27	ТЭЦ-25	1 370	газ
28	ТЭЦ-22	1 310	газ
29	Томь-Усинская ГРЭС	1 272	уголь
30	Красноярская ГРЭС-2	1 250	уголь
31	Назаровская ГРЭС	1 243	уголь
32	Южная ТЭЦ-22	1 207	газ
33	Беловская ГРЭС	1 200	уголь
34	Новосибирская ТЭЦ-5	1 200	уголь

В подтверждение роста добычи угля увеличивается количество его перевозок по железным дорогам РФ [61]. Перевозка сыпучих грузов имеет большой удельный вес в объеме всего грузооборота. Среднее количество перевозимых сыпучих грузов по ОАО «РЖД» на 2014 г. составило 661,76 млн. т. На рисунке 1.5 представлена статистика перевозок основных сыпучих пылящих грузов железнодорожным транспортом.

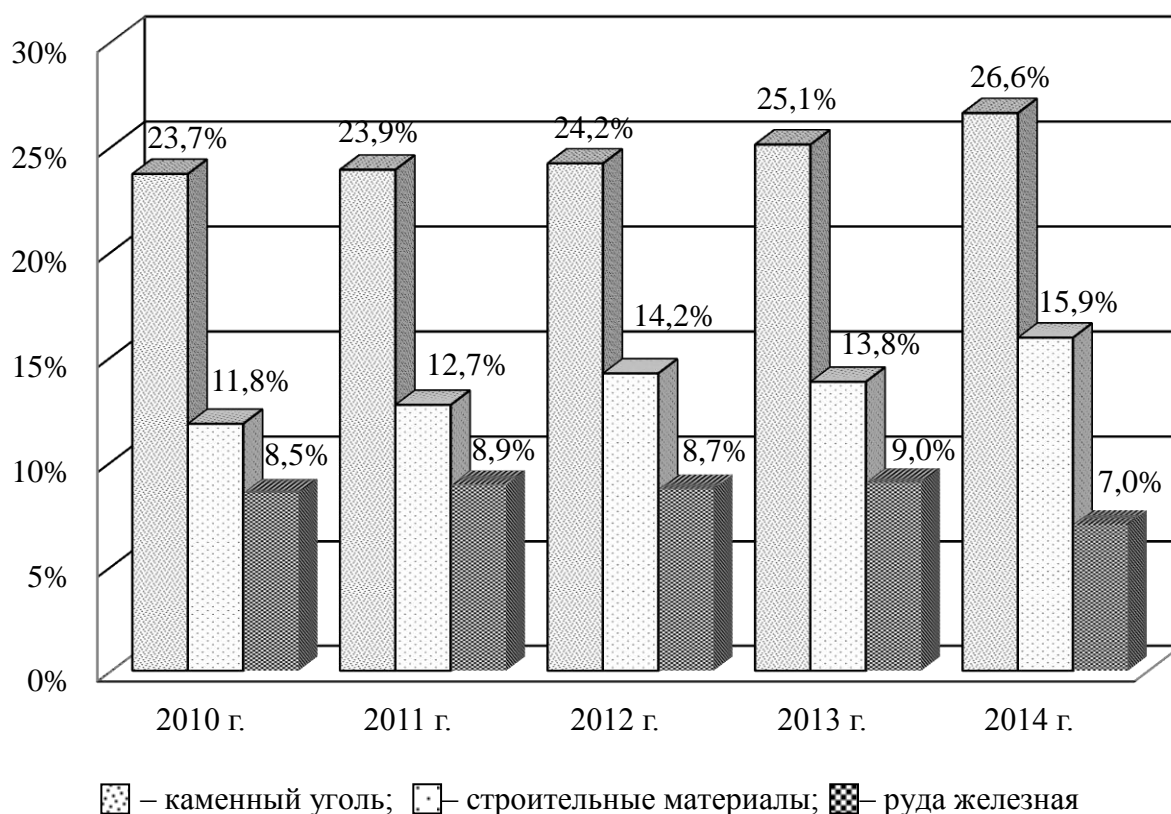


Рисунок 1.5 – Доля перевозки сыпучих грузов по железным дорогам РФ за 2010–2014 гг.

Ежедневно на ТЭС доставляется большое количество полувагонов с твердым топливом. В большинстве случаев, выгрузка сыпучих материалов из железнодорожных вагонов осуществляется путем механизированной выгрузки с помощью пневматических механизмов или вагоноопрокидывателей различного типа (передвижных, стационарных). Например, боковой стационарный вагоноопрокидыватель используется на Новочеркасской ГРЭС и Томь-Усинской ГРЭС, роторный стационарный вагоноопрокидыватель применяется на пунктах разгрузки Минусинской ТЭЦ и Приморской ГРЭС [86]. Производительность одновагонного устройства достигает 20 вагонов/час. При отсутствии механизированных устройств выгрузки вагона разгрузочные работы осуществляются работниками путем открытия люков вагонов и высыпания сыпучего груза на подготовленную площадку.

Ежедневно пункты разгрузки принимают тысячи тонн угля. Многие рабочие места подвержены негативному воздействию пылевых аэрозолей: машинисты

вагоноопрокидывателя, топливоподачи, отвалообразователя. Поэтому задача обеспечения безопасных условий труда на тепловых электростанциях, работающих на угле, является одной из первостепенных.

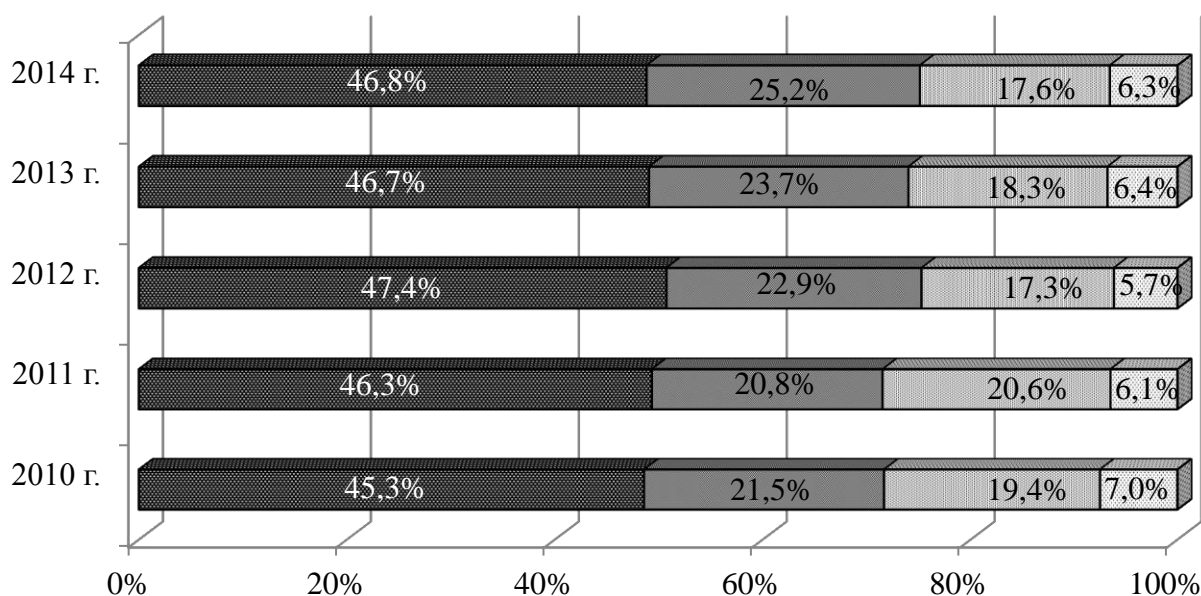
1.2 Состояние вопроса профессиональной заболеваемости, связанных с воздействием промышленных аэрозолей

Респираторная пыль представляет большую опасность для здоровья работников. Ее способность достигнуть легких при вдыхании может привести к серьезным нарушениям дыхательной системы. Пневмокониоз – это хроническое заболевание легких, вызванное длительным вдыханием производственной пыли. Образуется жесткая фиброзная ткань легких, что пагубно сказывается на газообмене кислорода и углекислого газа в дыхательной системе, теряется способность легких полностью расширяться, затрудняется дыхание [92]. Длительное воздействие пыли может привести к инвалидности, при более серьезных формах заболевания – к смерти рабочего.

В России ежегодно проводится анализ состояния окружающей среды, здоровья населения. Эти исследования публикуются в виде ежегодных Государственных докладов различными министерствами.

Профессиональные заболевания, вызванные воздействием различного рода пылей, относятся к числу наиболее тяжелых и распространенных во всем мире профессиональных заболеваний. Согласно данным Государственных докладов [34–36] удельный вес профессиональной патологии, вызванных воздействием промышленных аэрозолей, составил в 2010 г. 19,4 %, в 2011 г. – 20,6 %, 2012 г. – 17,3 %, 2013 г. – 18,3 %, 2014 г. – 17,6 % (рисунок 1.6), что говорит о большом удельном весе этих заболеваний в общей структуре [93]. К физическим факторам

относятся повышенные уровни шума и вибраций разных видов, электромагнитных и ионизирующих излучений, недостаточная освещенность, охлаждающий или нагревающий микроклимат и т.д.; к химическим – вещества и соединения, обладающие токсическим, раздражающим, сенсibiliзирующим, канцерогенным и мутагенным воздействием на организм человека и влияющие на его репродуктивную функцию; к биологическим — патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы и др.) и продукты их жизнедеятельности, а также животные и растения; к психофизиологическим – физические перегрузки и нервно-психические (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).



■ — заболевания, связанные с воздействием физических факторов; ■ — заболевания, связанные с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем; ■ — заболевания, вызванные воздействием промышленных аэрозолей; ■ — заболевания (интоксикации), вызванные воздействием химических факторов

Рисунок 1.6 – Структура профессиональных заболеваний в зависимости от воздействия вредных производственных факторов, 2010–2014 гг.

Помимо того, большой процент профессиональных заболеваний от воздействия промышленных аэрозолей наблюдается у женщин. На основе

показателей [57] около 15 % женщин, имеющих подтвержденное профзаболевание, получили это заболевание из-за неблагоприятных условий труда по запыленности воздуха рабочей зоны (рисунок 1.7). Этот факт является нарушением требований санитарного законодательства. Согласно п. 1.9 СанПиН 2.2.0.555-96 «Гигиенические требования к условиям труда женщин» для практически здоровых женщин на предприятиях всех видов собственности должны предоставляться рабочие места с допустимыми условиями труда [111].

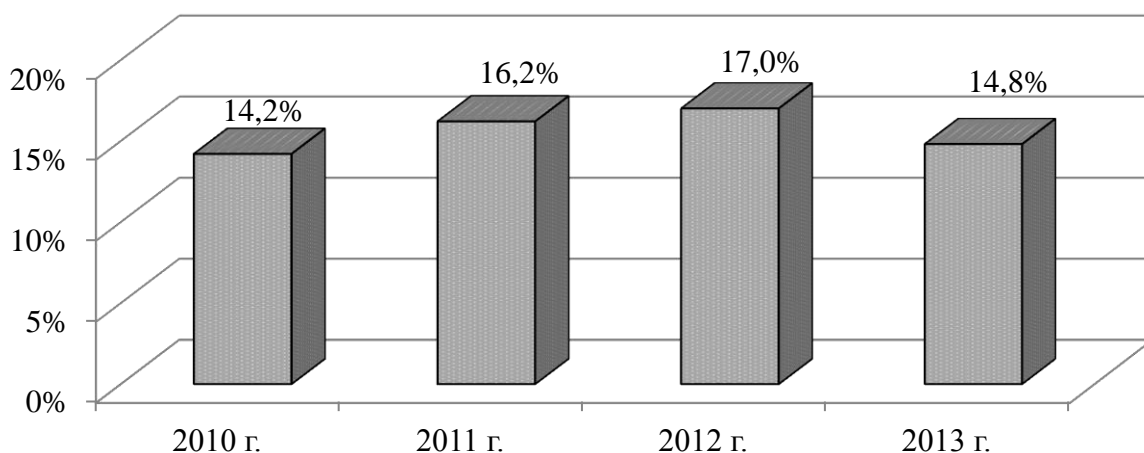


Рисунок 1.7 – Удельный вес профессиональных заболеваний, вызванных воздействием промышленных аэрозолей у женщин за 2010–2013 гг.

По статистике около 99 % профессиональных заболеваний и отравлений относятся к хроническим и лишь 1 % – к острым. Воздействие пыли на человека, в основном, носит длительный характер. Основными причинами хронических заболеваний являются несовершенство технологических процессов (44 % всех случаев заболеваний) и конструктивные недостатки средств труда (39 %), что доказывает необходимость модернизации существующих средств обеспыливания [34–36].

Производственная пыль может быть причиной возникновения не только заболеваний дыхательных путей, но и заболеваний глаз (конъюнктивиты) и кожи (шелушение, огрубление, экземы, дерматиты). Профессиональные заболевания органов дыхания представлены, в основном, хроническими пылевыми

бронхитами (22,5 %), пневмокониозами (силикозами), вызванными кремнийсодержащими пылями (21,8 %), хроническим обструктивным (астматическим) бронхитом (18,4 %). Эти заболевания неизлечимы [1].

Таким образом, профессиональные заболевания, вызванные неблагоприятным воздействием промышленной пыли, занимают большой удельный вес. Негативным воздействием данного вредного производственного фактора подвержена, в основном, дыхательная система. При постоянной работе в непосредственной близости с источником пылеобразования работник рискует получить заболевание тяжелой формы.

1.3 Анализ результатов проведения оценки условий труда на рабочих местах по наличию в воздухе рабочей зоны пылевых аэрозолей

С 2014 г. в нашей стране взамен процедуры аттестации рабочих мест по условиям труда введена специальная оценка условий труда [132]. Классификация условий труда по степени вредности и (или) опасности изменений не претерпела. Выделяют оптимальные, допустимые, вредные (разделены по степени вредности на четыре степени) и опасные условия труда.

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии аэрозолей преимущественно фиброгенного действия осуществляется в зависимости от соотношения фактической среднесменной концентрации вещества в воздухе рабочей зоны и его предельно допустимой концентрации [104]. В случае нахождения работника в нескольких зонах пылевыделений или при непостоянной работе в запыленных условиях труда установление класса (подкласса) условий труда определяется кратностью превышения фактической пылевой нагрузки над контрольной пылевой нагрузкой за год.

При оценке условий труда выделены высоко- и умеренно фиброгенные аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, а также слабофиброгенные аэрозоли. К первым видам относятся аэрозоли преимущественно фиброгенного действия с предельно допустимой концентрацией (ПДК) менее или равной 2 мг/м^3 . Примерами таких аэрозолей служат пыли, содержащие природные (асбесты, цеолиты) и искусственные (стеклянные, керамические, углеродные и др.) минеральные волокна [31]. В свою очередь, к слабофиброгенным аэрозолям относятся аэрозоли преимущественно фиброгенного действия с ПДК более 2 мг/м^3 . Пыли железа, угля, растительного и животного происхождения (деревянная, зерновая, хлопковая), электрокорунда и др. относятся к слабофиброгенным аэрозолям. В таблице 1.3 приведены особенности установления классов вредности и (или) опасности условий труда по пыли [104].

Таблица 1.3 – Отнесение условий труда по классу (подклассу) условий труда при воздействии аэрозолей преимущественно фиброгенного действия

Вид аэрозолей преимущественно фиброгенного действия	Класс (подкласс) условий труда относительно превышения фактической концентрации аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны над ПДК данных веществ (раз)				
	допустимый	вредный			
	2	3.1	3.2	3.3	3.4
Высоко- и умеренно фиброгенные аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	$\leq \text{ПДК}$, $\leq \text{КПН}$	$>1,0 - 2,0$	$>2,0 - 4,0$	$>4,0 - 10,0$	>10
Слабофиброгенные аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	$\leq \text{ПДК}$, $\leq \text{КПН}$	$>1,0 - 3,0$	$>3,0 - 6,0$	$>6,0 - 10$	>10

Статистика распределения профессиональных заболеваний, вызванных воздействием промышленных аэрозолей, в зависимости от установленных классов условий труда за период 2010–2013 гг. представлена на рисунке 1.8 [33]

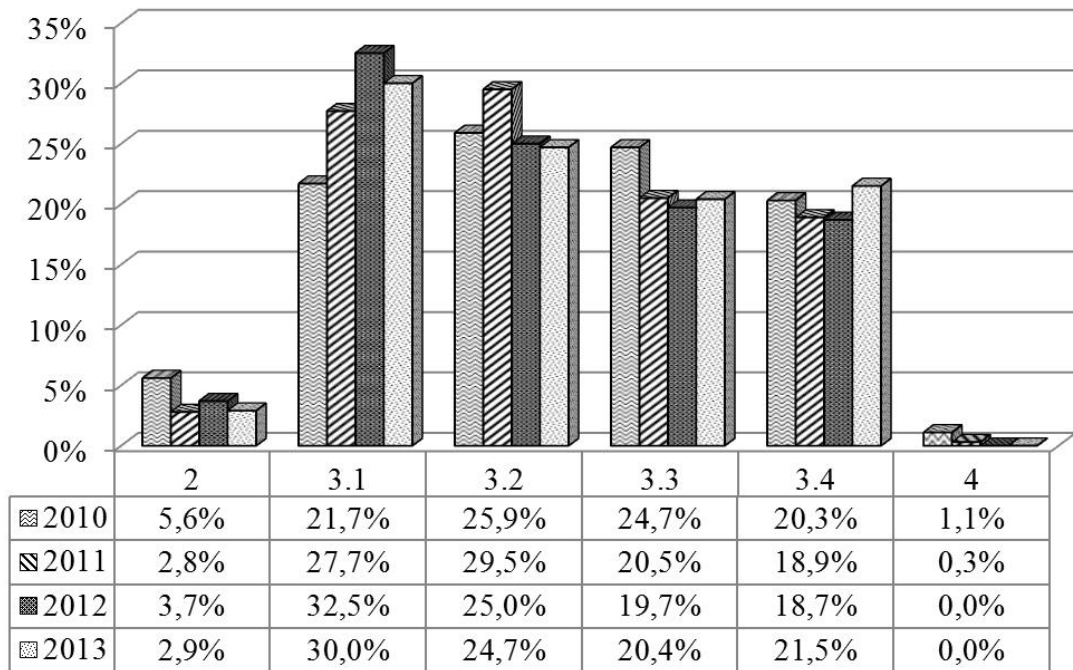


Рисунок 1.8 – Распределение профессиональных заболеваний, вызванных воздействием промышленных аэрозолей, в зависимости от установленного класса условий труда

Следует отметить, что согласно диаграмме 1.8 имеют место профзаболевания при допустимых условиях труда на рабочем месте. При отнесении условий труда к классам 3.1 и 3.2 наблюдаются более частые случаи профессиональных заболеваний, вызванных воздействием промышленных аэрозолей и характеризующихся легкой степенью тяжести без потери профессиональной трудоспособности.

Условия труда рабочего места на механизированных погрузо-разгрузочных пунктах неудовлетворительны. Проведены исследования воздуха рабочей зоны машиниста вагоноопрокидывателя на крупнейшей в России тепловой электростанции, работающей на твердом топливе, – Рефтинской ГРЭС. Рабочая зона машиниста расположена непосредственно возле самого механизма (рисунок 1.9) внутри помещения. Проведенные автором исследования показали, что при разгрузке вагона с углем ПДК пыли превышена в десять раз (условия проведения измерений: температура воздуха – +21 °С, относительная влажность воздуха – 60 %, атмосферное давление – 735 мм рт. ст.) [97].

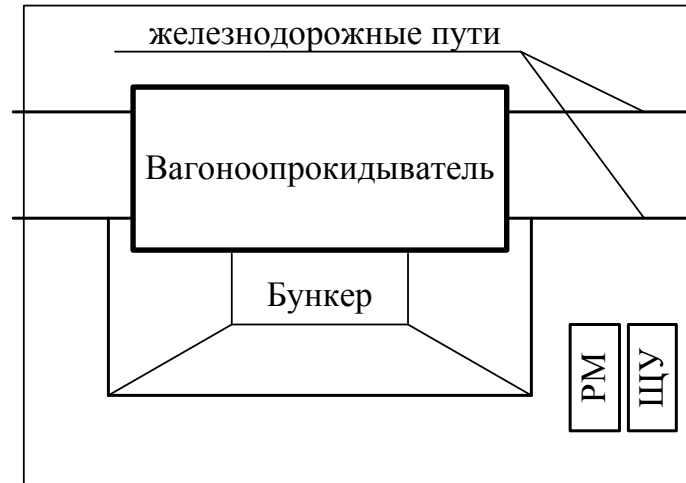


Рисунок 1.9 Схема расположения рабочего места машиниста вагоноопрокидывателя: РМ – рабочее место машиниста вагоноопрокидывателя; ЩУ – щит управления механизмом вагоноопрокидывателя

Машинист вагоноопрокидывателя должен обеспечить исправное состояние механизмов устройства, производить включение и отключение вагоноопрокидывателя, подачу, выталкивание и проталкивание вагонов, разбивку кусков угля и уборку решеток бункера, ручную очистку вагона, при согласовании всех действий со своим помощником. Его рабочей зоной следует считать всю длину вагоноопрокидывателя. Такие способы борьбы с запыленностью на рабочем месте как герметичная камера или воздушное душирование в случае машиниста вагоноопрокидывателя не приемлемы.

При обнаружении у работника профессионального заболевания, вызванного неблагоприятной пылевой обстановкой на рабочем месте, работодателю следует провести мероприятия по предотвращению дальнейшего развития болезни. К ним следует отнести следующие: во-первых, совершенствование применяемой технологии, во-вторых, оборудование мест производства работ техническими средствами для уменьшения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны, в-третьих, перевод работника на другие работы с меньшей концентрацией аэрозоля в воздухе. Для предупреждения возможности заболевания должны устанавливаться и использоваться эффективные средства коллективной защиты,

техническое обслуживание которых должно производиться согласно графику проверок для их содержания в исправном состоянии.

Обзор литературных источников и практические исследования обозначили причины неудовлетворительных условий труда, вызванные высокой запыленностью, на разгрузочных пунктах предприятий электроэнергетики: отсутствие высокоэффективных решений по обеспыливанию погрузочно-разгрузочных операций; низкая надежность применяемых локализирующих устройств, что обуславливает их быстрый износ; высокая энергоемкость аспирационных систем, т.к. для захвата загрязненного воздуха необходим большой расход воздуха для создания разрежения внутри отсоса [89].

1.4 Влияние процессов пылевыведения и свойств пыли на условия реализации обеспыливания воздушной среды при перегрузке сыпучего материала

При высыпании сыпучего груза последний вытесняет большой объем воздуха за короткий промежуток времени и перемещает наружу образовавшееся облако пыли. Оно оказывает неблагоприятное влияние на обслуживающий персонал как вблизи источника выброса, так и на расстоянии от него за счет перемещения запыленных воздушных масс.

Метеорологические условия оказывают ведущую роль в распространении пылевого загрязнения, особенно на открытых площадках. Ветер представляет собой турбулентное движение воздуха над поверхностью земли. Он неустойчив, его направление и скорость движения непостоянны. По этой причине степень загрязнения воздуха пылью меняется. Скорость движения ветра возрастает с увеличением перепада атмосферного давления [44]. Поэтому при проектировании

мест для погрузо-разгрузочных работ следует учитывать среднегодовую и сезонную розу ветров.

Процесс перегрузки сыпучих материалов сопровождается значительным пылевыведением вследствие эжекции, т.е. формирования направленных воздушных течений в потоке сыпучего материала за счет динамического взаимодействия падающих частиц с воздухом [48].

Рассматривая механизм пылевыведений при перегрузках сыпучего материала, Логачев И.Н. и Логачев К.И. выделили три последовательно сменяющиеся друг друга стадии:

1. Аэрирование свободно падающего материала.

Эта стадия характеризуется разрывом аутогезионных сил сцепления между пылевыми частицами в момент сбрасывания потока материала. Начинает формироваться аэродисперсная система – пылевой аэрозоль.

2. Динамическое взаимодействие потока ускоренно падающих частиц и воздуха.

При падении частицы материала движутся с ускорением, следовательно, расстояние между ними по мере удаления частиц от места выгрузки увеличивается. При этом разрыв между частицами возрастает в результате динамического взаимодействия с воздухом и соударения с более крупными частицами. Возникающий эжекционный поток воздуха интенсивно насыщается пылевыми частицами и в момент укладки материала на поверхность образует настилающуюся струю запыленного воздуха.

3. Выделение эжектируемого запыленного воздуха из потока.

На этой стадии происходят инерционная сепарация частиц, выпадение их на поверхность уложенного материала, сдув осевших мелких частиц и вынос их этой струей в окружающую среду.

К основным факторам, определяющим интенсивность пылевыведения при выполнении погрузо-разгрузочных работ на промышленных предприятиях, следует отнести технологические, конструктивные параметры и свойства сыпучего материала (рисунок 1.10).

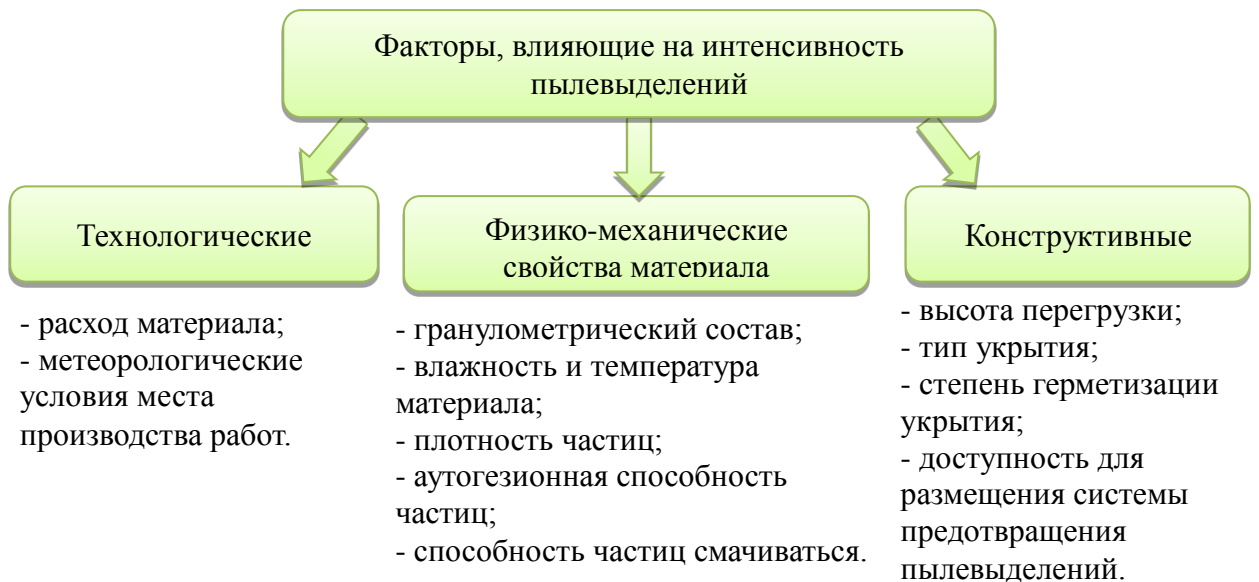


Рисунок 1.10 – Факторы, влияющие на интенсивность пыления материала при погрузо-разгрузочных работах

Большинство указанных параметров влияет на объем удаляемого воздуха, который, в свою очередь, определяет концентрацию образовавшейся пыли в нем. Анализ факторов, от которых зависит интенсивность пыления, позволит сделать выбор в пользу использования того или иного способа обеспыливания.

Дисперсность пыли определяет характер распространения пылевоздушной смеси в рабочей зоне. Мелкодисперсная пыль медленнее осаждается в отличие от крупнодисперсной. Помимо того этот параметр играет ведущую роль при определении способа очистки улавливаемой пыли. Фракционный состав промышленной пыли приводится в виде таблицы с указанием доли g , %, частиц по массе. В таблицах 1.4, 1.5 отражен дисперсный состав некоторых видов пылей [14, 16, 45, 134].

Таблица 1.4 – Дисперсный состав промышленных пылей

Вид пыли	Дисперсный состав частиц по массе, мкм (g, %)									Плотность частиц пыли, кг/м ³
	>2,5	>4	>6,3	>10	>16	>25	>40	>63	>100	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Легучая зола угля марки БСШ	98	96	90	79	63	40	14	не опр.	не опр.	2 400

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пыль доменной печи металлургического завода	90	83	73	60	40	19	5	не опр.	не опр.	3 110
Зерновая пыль	98	95	91,5	83	70	55	36	не опр.	не опр.	1 530
Угольная пыль при помоле угля Ирша-Бородинского месторождения	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	97,5	95,5	92	87	79	1 500

Примечание: не опр. – не определен

Таблица 1.5 – Дисперсный состав характерных пылей

Вид пыли	Место отбора пыли	Распределение фракций (% по весу) при размере частиц, мкм						Плотность частиц пыли, кг/м ³
		<5	5–10	10–20	20–40	40–60	>60	
Угольная	Воздуховод из шаровой мельницы перед пылеуловителем	72,3	19,2	4,3	4,2	–	–	1 570
	–	44,0	22,0	21,25	10	2,75	–	1 700
Коксовая	Отсосы от перепадов на ленточных транспортерах	8,0	6,0	16,0	33,0	25,0	12,0	–

Плотность, размеры и формы пылевых частиц определяют скорость их витания. Взвешенное состояние пылинки обуславливает взаимодействие силы тяжести и силы сопротивления воздуха. В таблице 1.6 приведены скорости витания пылевых частиц разной этиологии [14, 16, 45].

Таблица 1.6 – Скорость витания промышленных пылей, см/с

Вид пыли	Дисперсный состав, мкм								
	>2,5	>4	>6,3	>10	>16	>25	>40	>63	>100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Летучая зола угля марки БСШ	0,04	0,10	0,30	0,70	1,90	4,50	11,60	не опр.	не опр.
Пыль доменной печи металлургического завода	0,06	0,15	0,37	0,94	2,40	6,00	15,00	не опр.	не опр.

Продолжение таблицы 1.6

Зерновая пыль	0,03	0,07	0,18	0,46	1,20	2,90	7,30	не опр.	не опр.
Угольная пыль при помоле угля Ирша-Бородинского месторождения	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	1,16	2,83	7,25	17,90	45,30

Примечание: не опр. – не определен

Образование пылевоздушной смеси при выполнении разгрузочной операции смоделировано ООО «Институт промышленной экологии» при разработке аспирационной системы вагоноопрокидывателя [15]. На рисунках 1.11–1.12 изображено распределение частиц разной дисперсности в окружающем пространстве при разгрузке полувагона с коксом. Частицы пыли большей дисперсности под действием собственного веса опускаются вниз. Мелкая фракция пыли подхватывается образующимися воздушными потоками при разгрузке материала и заполняет все пространство погрузо-разгрузочного пункта. Распространение пылевого облака интенсифицируется в случае наличия ветрового потока при проведении разгрузки на открытой площадке.

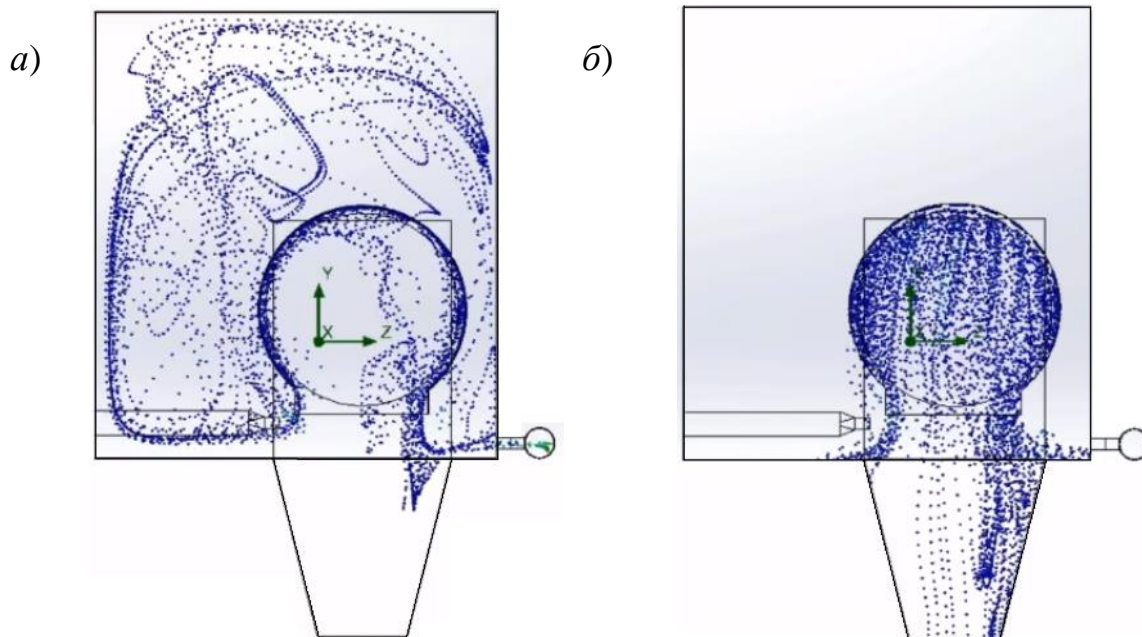


Рисунок 1.11 – Распределение частиц пыли при разгрузке вагона:

а) – частицы размером 1 мкм; б) – частицы размером 100 мкм

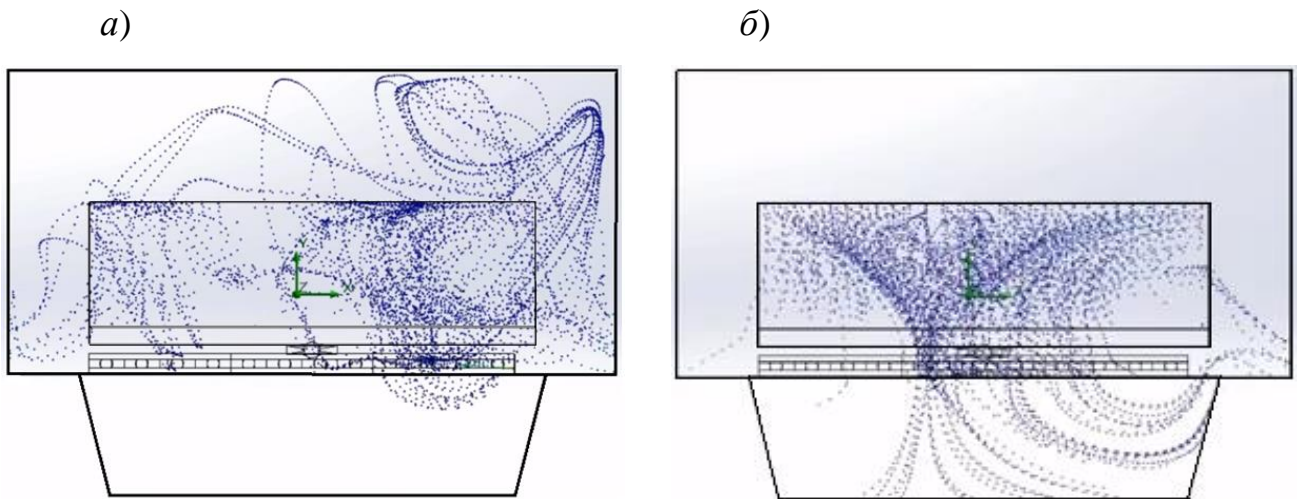


Рисунок 1.12 – Распределение частиц пыли по длине вагона при его разгрузке: *а)* – частицы размером 1 мкм; *б)* – частицы размером 100 мкм

Частицы пыли осаждаются под действием силы тяжести в том случае, когда скорость витания частицы превышает скорость воздушного потока. Когда скорость воздушного потока превзойдет скорость витания частицы, пылинка увлекается потоком, и начинается совместное движение потока воздуха и твёрдой частицы. Последнее условие необходимо для эффективного захвата пылевых частиц таким средством коллективной защиты, как аспирация.

1.5 Основные способы борьбы с пылеобразованием при погрузочно-разгрузочных работах на предприятиях электроэнергетики

Запыление воздуха рабочей зоны зависит от организации трудовых процессов, их механизации, состояния оборудования, его герметизации, состояния вентиляционных установок, влажного или сухого способа работы, качества уборки рабочих помещений и т.п. Мероприятия по предотвращению или снижению пылевыделений должны разрабатываться на стадии проектирования

технологического процесса.

Среди существующих способов борьбы с пылеобразованием при разгрузочных работах предприятий электроэнергетики можно выделить следующие [91]:

- максимальная герметизация пылящего оборудования;
- увлажнение образующейся пыли;
- уборка помещений и оборудования от осевшей пыли (влажная уборка и с помощью пылесосных установок);
- устройство аспирации.

Герметичность оборудования и цехов с источниками пылевыделений является необходимым условием современного производства. Для соблюдения экологических требований погрузо-разгрузочные операции следует производить в закрытых помещениях. В этом случае уже следует решать не только вопросы очистки воздуха рабочей зоны, но и герметичности здания (отсутствие возможности пыления через ворота, фонари, вентиляционные системы). Возможны случаи совмещения источника пыления и устройства ее подавления в одном герметичном узле [2, 3]. Способ предотвращения запыленности путем герметизации источника пыления отличается большой металлоемкостью, стоимостью и ограниченностью обзора механизмов для их обслуживания персоналом.

Интересен новый подход к осуществлению разгрузочных работ. В зарубежном патенте [7] предложено опустошение вагона с сыпучим мелкодисперсным твердым грузом системой пневмотранспорта. Эта эффективная операция является дорогостоящей и требующей большие производственные площади.

Организованные места перегрузок оборудуются течками (трубы, желоба, транспортерные ленты), снижающими количество выбросов пыли. Удалить пыль от такого места производства работ гораздо проще из-за ее локализации [43, 77, 81]. В рассматриваемых патентах удаление пыли происходит из замкнутых пространств: воздухопроницаемого рукава и закрытых течек. Известны

технические решения с интенсификацией процесса пылеобразования за счет нагнетания воздуха вдоль перегружаемого материала [63] или с помощью создания дополнительных препятствий (наклонных решеток) для усиления пыления [68, 69, 84]. В устройстве для улавливания и связывания пыли [87] используется объединение нагнетающего дугообразного патрубка и аспирационного укрытия в один узел для снижения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны.

Под гидравлическим способом обеспыливания понимается увлажнение материала либо до его выгрузки, либо распыление воды (пены) во время погрузо-разгрузочных работ. Различают материалы легко смачиваемые – гидрофильные (например, кварцевые руды, шпаты) и плохо смачиваемые – гидрофобные (бурый уголь, железные руды, апатит) [85]. Данный способ борьбы с запыленностью применяется для обоих видов материалов, т.к., попадая в струю распылителя частица материала не может покинуть это пространство из-за создаваемого разрежения. При любом способе увлажнения (водой или пеной) распыленные капли жидкости, сталкиваясь с пылевыми частицами, смачивают последние, что способствует их коагуляции и оседанию. Такой способ борьбы с пылью используется лишь при положительных температурах воздуха. Исключение составляют обогреваемые распылительные узлы [46]. При гидрообеспыливании повышается коррозионный износ оборудования, происходит обледенение его механизмов при отрицательных температурах воздуха. В дополнение к оросительным установкам любого исполнения следует организовать систему шламоудаления и очищать площадку разгрузки от образующейся грязи. Примерами использования гидравлического метода обеспыливания служат устройство, представленные в [74, 75].

Проведение регулярной уборки помещений и оборудования позволит избавиться от вторичных источников пылеобразования. Вибрация от производственного оборудования, движение воздушных потоков могут захватить осевшие пылинки и возобновить процесс пылеобразования. К специальным устройствам по очистке поверхностей от накопившейся пыли относятся пылесосы

[4, 5, 8, 78].

Сухой метод борьбы с пылевыведением – аспирация, – считается наиболее универсальным способом локализации и обеспыливания воздуха. Он может использоваться для предотвращения пыления от длинномерного (протяженного) источника пыления, к которым относится полувагон при высыпании угля. Далее в качестве протяженных источников пыления приняты такие источники, для предотвращения пылевыведений от которых требуется локализирующее устройство длиной более пяти диаметров всасывающего воздуховода.

Любой аспирационный узел состоит из:

- устройства для захвата удаляемого из помещения запыленного воздуха;
- воздуховодов, по которым удаляемый воздух транспортируется из вентилируемого помещения до места его выброса наружу;
- устройства для очистки запыленного воздуха;
- побудителя тяги;
- устройства, обеспечивающие запроектированный выброс воздуха в атмосферу;
- запорно-регулирующей арматуры.

Захват пылевоздушной смеси из рабочей зоны осуществляется за счет всасывающих устройств (отсосов) различной конфигурации. При обеспыливании протяженных источников пыления всасывающее устройство (протяженный отсос) выполняют конической или цилиндрической формы [121]. При первом исполнении протяженный отсос отличается сложностью в изготовлении. Всасывающее устройство цилиндрической формы может быть изготовлено с постоянной или переменной шириной щели, а также с множеством отверстий по длине отсоса [67, 70, 80, 88]. К основным недостаткам протяженных отсосов в указанных исполнениях относятся отклонения от равномерного всасывания и сложность в соблюдении расчетных размеров всасывающей щели с практической реализацией.

Одним из параметров в выборе материала воздуховодов является его устойчивость к абразивности захватываемой пыли. Интенсивный износ стенок

характерен для воздуховодов в местах их поворота. Наиболее подвержены истиранию отводы, тройники, где твердые частицы пыли под действием сил инерции ударяются о препятствие. Помимо того износ стенок воздуховода возрастает при увеличении скорости пылевоздушной смеси. Для транспортировки запыленного воздуха с температурой менее 80 °С и относительной влажностью до 60% принято использовать тонколистовую холоднокатаную или горячекатаную сталь. Если микроклиматические параметры воздуха выше, применяется нержавеющая и углеродистая сталь. [26].

Согласно [105] в системах местных отсосов аварийно-вытяжной вентиляции концентрация удаляемых аэрозолей и пыли в воздухе не должна превышать 50% нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПРП). В зависимости от марки угля значение НКПРП варьируется от 52 г/м³ до 400 г/м³ [17]. Внутри воздуховодов системы аспирации концентрация пылевой взвеси небольшая (как показывает практика, не более 5 г/м³). Поэтому возможность пылевого взрыва минимальна.

К устройствам для очистки запыленного воздуха относятся пылеуловители и сепарационные устройства. В них используются следующие способы отделения взвешенных частиц пыли от среды: осаждение в гравитационном поле, осаждение под действием сил инерции, осаждение в центробежном поле, фильтрование, осаждение в электрическом поле и др. [24, 52] Каждый из способов имеет преимущества в зависимости от типа удаляемой пыли. Наибольший интерес представляет собой осаждение под действием центробежной силы, при которой частицы аэрозоля отбрасываются на периферию пылеулавливающего аппарата и осаждаются. Ярким примером использования данного метода являются пылеуловители со встречными закрученными потоками [76, 79, 106].

Побудителем тяги аспирационной системы служит вентилятор. В зависимости от условий эксплуатации данное устройство изготавливают в обычном исполнении – для перемещения чистого или мало запыленного воздуха температурой до 80 °С, в антикоррозионном исполнении (из винипласта или другого материала) для перемещения воздушных примесей, которые разрушают

обычную сталь, а также во взрывозащищенном исполнении – для перемещения горючих и взрывоопасных смесей [26]. В последнем случае колеса и входные патрубки во избежание искрения выполняют из более мягкого материала, чем сталь (например, из алюминия). Вентиляторы приводятся в действие электродвигателями.

Каждый из использующих способов предотвращения запыленности воздуха рабочей зоны имеет свои недостатки и преимущества. Первостепенной задачей на производстве является снижение неблагоприятного воздействия в самом источнике, и лишь при невозможности этого стоит выбор в эффективном средстве коллективной защиты. Аспирация пылевоздушной смеси широко применяется при различных технологических процессах, связанных с измельчением продукта (сырья): дроблении, шлифовании, помоле, истирании и т.д.

1.6 Основные применяемые системы аспирации на разгрузочных пунктах предприятий электроэнергетики

Предприятиям электроэнергетики, работающим на твердом виде топлива, ежедневно доставляется сырье. На предприятиях с высокой установленной мощностью для разгрузки транспортных средств с топливом требуются механизированные средства для выгрузки материала.

В пунктах массовой разгрузки сыпучих и крупнокусковых грузов на погрузо-разгрузочных пунктах предприятий электроэнергетики широко применяются вагоноопрокидыватели двух типов: стационарные и передвижные [40]. Второй тип устройств имеет схожую конструкцию с первым, но отличается от него фиксацией на специальной платформе, которая перемещается вдоль фронта разгрузки. Наиболее распространены стационарные

вагоноопрокидыватели. Опорожнение вагона осуществляется посредством его поворота вокруг продольной (ротаторный вагоноопрокидыватель) или относительно поперечной оси (торцевой вагоноопрокидыватель). Разгружаемый материал поступает в бункер и далее – на конвейер. Бункера служат для приема, хранения материала и в качестве промежуточных емкостей (резервуаров). Форма и размеры бункеров зависят от их назначения, вида разгружаемого транспорта и свойств материала.

Неорганизованные места разгрузок не оборудуются специальными устройствами, и разгрузка пылящего материала осуществляется посредством открытия люков вагонов вручную. Эта процедура производится работником, причем он находится в момент высыпания груза в зоне его разгрузки, что является, во-первых, небезопасно, во-вторых, вредным из-за нахождения вблизи источника обильного пылевыведения (рисунок 1.13). Помимо того, распространение пыли на открытых площадках усугубляется за счет движения воздушных масс.



Рисунок 1.13 – Разгрузка полувагона путем открытия люков

При выгрузке сыпучего материала за короткое время резко возрастает концентрация пыли в воздухе, которая заполняет весь объем разгрузочного пункта, просачивается через неплотности и распространяется на прилегающую территорию. Согласно [20] масса пыли, оседающей на строительные конструкции при разгрузке пылящего груза на погрузо-разгрузочных пунктах, достигает более

1 т в смену. Для удаления запыленного воздуха от протяженных источников пыления используют всасывающие устройства различной конфигурации: протяженные всасывающие воздуховоды, группа небольших всасывающих отсосов, объединенных в коллекторе. Всасывающие устройства небольшой длины при их рациональном размещении эффективно захватывают запыленный воздух. Конструктивным узлом, объединяющим локальные всасывающие устройства, является коллектор. В аспирационном устройстве [64] используется формирование закрученного потока пылевоздушной смеси, попадающей из коллектора в пылеприемный желоб, за счет ввода смеси по касательной к желобу. Предлагаемое устройство может быть использовано в качестве первой ступени очистки запыленного воздуха. Использование системы орошения в коллекторе, запатентованное Криворожским горнорудным институтом, усиливает эффект осаждения пыли за счет ее коагуляции [83]. Таким образом, подключение вытяжных воздуховодов по касательной к коллектору позволит предотвратить пылевые отложения на внутренних стенках воздуховодов и повысить эффективность всей системы аспирации.

Большее загрязнение атмосферы наблюдается при открытой установке вагоноопрокидывателей, что характерно для южных районов страны, а также при использовании передвижных вагоноопрокидывателей, опустошающих содержимое вагонов в длинные траншеи. Размещение пылеулавливающих установок на погрузо-разгрузочных участках большой протяженности затруднительно по причине необходимости в надежном переключении отсосов в общей системе аспирации узла. Для упрощения выгрузки железнодорожного состава с сыпучим грузом предлагается своеобразный способ выгрузки [82]. Вагоноопрокидыватель с груженым полувагоном без тележек (для уменьшения веса) транспортируется грузоподъемным краном до места выгрузки и разгружается. Далее происходит смена пустого вагона на груженный и операция повторяется. Предлагаемый способ позволяет быстро и с минимальными финансовыми затратами производить выгрузку сыпучих грузов из полувагонов в различных местах погрузо-разгрузочного терминала.

В аспирационных устройствах бункеров и вагонопрокидывателей используются следующие принципиальные схемы пылеподавления при разгрузке:

1. Совмещение гидравлического способа обеспыливания и аспирации.
2. Всасывание образующейся пыли с противоположных сторон бункера.
3. Разграничение пространства для предотвращения распространения пыления вне рабочей зоны.
4. Разграничение пространства для направления пылевоздушной смеси к всасывающему устройству.
5. Использование различных режимов работы аспирационного оборудования.

Снижение пылеобразования при разгрузочных работах возможно при сочетании гидравлического и сухого способов пылеподавления [66]. Увлажнение пыли повышает производительность системы аспирации. В предложенном устройстве (рисунок 1.14) перед задней стенкой бункера установлена конструкция из реек для исключения лобового удара потока воздуха и материала о стенку бункера. Недостатком устройства является невозможность рассеивания мелкодиспергированной жидкости при отрицательных температурах наружного воздуха и необходимость в шламоудалении.

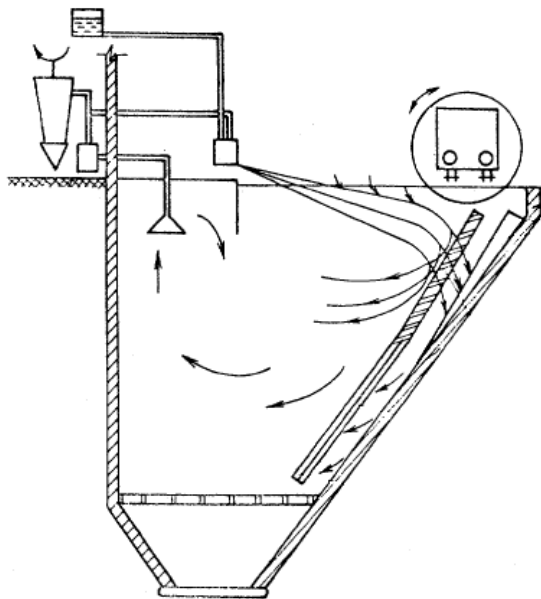


Рисунок 1.14 – Бункер для сыпучих материалов

Для повышения эффективности пылеподавления в устройствах [6, 9] всасывание пылевоздушной смеси осуществляется с противоположных сторон бункера. На рисунке 1.15 представлено аспирационное устройство вагоноопрокидывателя с двумя всасывающими узлами, выполненными небольшими секциями и соединенными с коллектором. Предлагаемый способ борьбы с запыленностью при процессе разгрузки является дорогостоящим и материалозатратным.

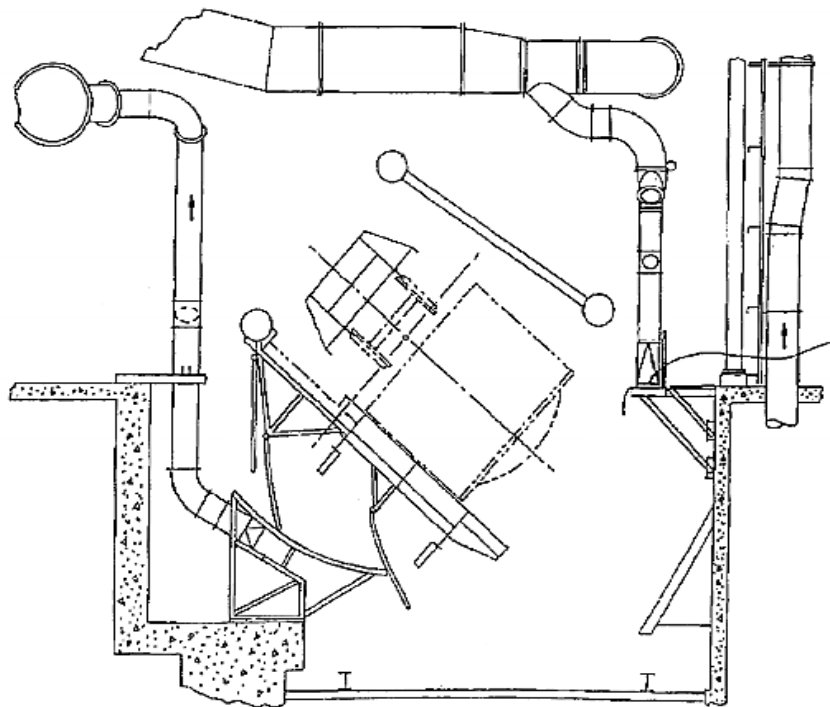


Рисунок 1.15 – Способ пылеулавливания при разгрузке вагоноопрокидывателя

Принцип разграничения пространства для предотвращения распространения пыления вне рабочей зоны реализован в устройстве ГПИ Харьковский Сантехпроект (рисунок 1.16) [29]. Пыленепроницаемость агрегата обеспечивается продольными пластинами и щитами, перекрывающими выход пыли через открытые торцы ротора. Зона для удаления пыли изолирована, и запыленный воздух удаляется местными отсосами. Устройство отличается большой металлоемкостью.

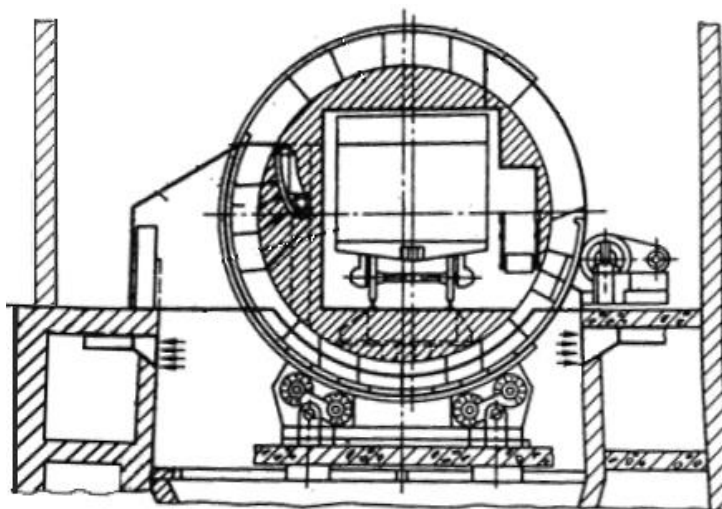


Рисунок 1.16 – Аспирационное укрытие роторного вагонопрокидывателя

В устройстве Криворожского горнорудного института (рисунок 1.17) образующая пыль локализована с помощью полого кожуха путем рециркуляционного движения воздуха по замкнутой системе [65]. Запыленный воздух всасывается вентиляторами, расположенными на вершине кожуха. Полное ограничение пространства зоны пылеобразования является эффективным, но дорогостоящим способом обеспыливания.

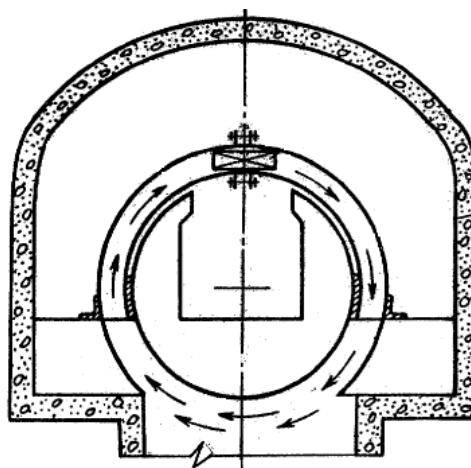


Рисунок 1.17 – Устройство для обеспыливания кругового вагонопрокидывателя

Частичное разграничение пространства для направления пылевоздушной смеси к всасывающему устройству широко используется в устройствах

вагоноопрокидывателей [9, 29, 62, 71]. Дополнительные панели повышают эффективность работы аспирационной системы. На рисунке 1.18 представлена аспирационная установка роторного вагоноопрокидывателя с четырьмя пылезащитными пластинами. Воздух, насыщенный пылью, отсасывается из локальных зон пылеобразования, которые имеют различную конфигурацию при повороте вагоноопрокидывателя. В устройстве упрощается процесс пылеулавливания за счет уменьшения площади зоны всасывания, но установка дополнительных пластин требует значительных капиталовложений.

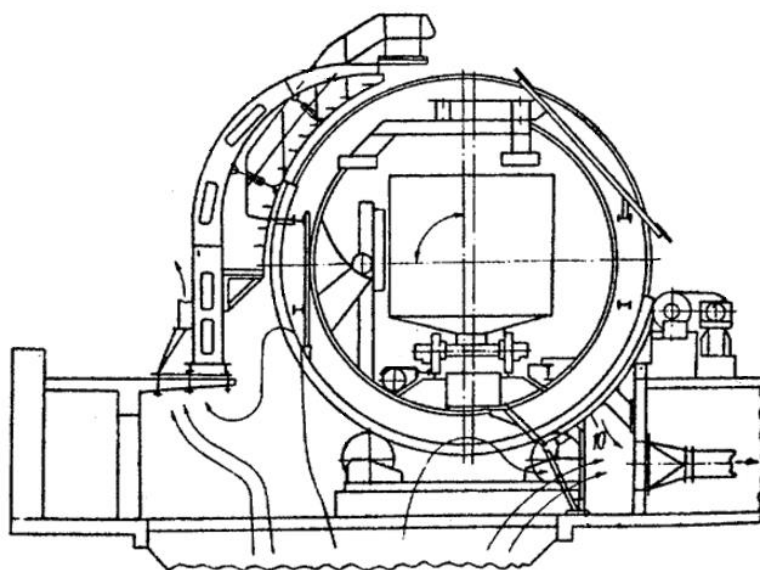


Рисунок 1.18 – Роторный вагоноопрокидыватель с пылезащитой окружающей среды

С целью повышения эффективности работы обеспыливающего устройства Уральским теплотехническим научно-исследовательским институтом предложена синхронизация работы вагоноопрокидывателя с аспирационной системой [71]. Для исключения импульсного увеличения давления в системе аспирации используется коммутирующее устройство, связанное с приводом вагоноопрокидывателя с возможностью регулирования затвора пылеулавливающего устройства по мере пересыпания материала из полувагона в бункер.

Разработка системы аспирации вагоноопрокидывателя и бункера

предполагает тщательный анализ процесса выгрузки в конкретной ситуации с выбором оптимального способа локализации пылевыведений исходя из технической, а также финансовой точек зрения.

Не каждое промышленное предприятие на погрузо-разгрузочных узлах использует вагонопрокидыватели. Разгрузка груженого вагона производится путем ручного открытия люков. Технические решения по локализации пылевыведений от рассматриваемых источников практически отсутствуют. При проектировании предприятий аспирация приемных бункеров обычно не закладывается в проекте, иногда приемные бункера размещают в закрытых ангарах, при этом пыль меньше разносится по промышленной площадке, но запыленность воздуха рабочей зоны обслуживающего персонала многократно превышает установленные санитарно-гигиенические нормативы.

Один из способов снижения запыленности воздуха рабочей зоны предложен в [54] при разгрузке цемента из железнодорожных вагонов. Документ предполагает устройство крытых боксов с вертикально свисающими мягкими шторами и применение мягких штор от приемных люков склада до стенок разгрузочных люков вагона. Подъем и опускание штор производится с помощью механических средств. Помимо того в боксах необходимо предусмотреть устройство желобов или каналов, по которым отводится в приемные люки складов скопившаяся пыль в боксе и на шторах. Данное мероприятие следует охарактеризовать как малобюджетный и простейший способ борьбы с пылением.

Бункер для хранения и выгрузки сыпучих и пылящих материалов, запатентованный Проектно-изыскательским и научно-исследовательским институтом морского транспорта «Ленморниипроект» [72] отличается разделением на верхнюю и нижнюю секцию перегородкой из эластичных створок, скорость транспортирования снижается, и пыление уменьшается. Недостатком предложенного устройство является отсутствие средств пылеулавливания.

Интерес представляет устройство для улавливания пыли в бункерах-накопителях (рисунок 1.19) [73]. Оно содержит установленную над бункером 2

плиту 1, на которой закреплены входной 3 и боковые отсекатели 4, а также пылеуловитель в виде вертикально висящих штор 5 из эластичной ткани с успокоительными планками. Они образуют у поверхности шторы пылеулавливающий карман. Отсос пыли осуществляется центробежным вентилятором 6. Предложенный механизм улавливания пыли не полностью герметизирован, поэтому возможно просачивание загрязненного воздуха наружу особенно по боковым поверхностям пылеулавливающего кармана.

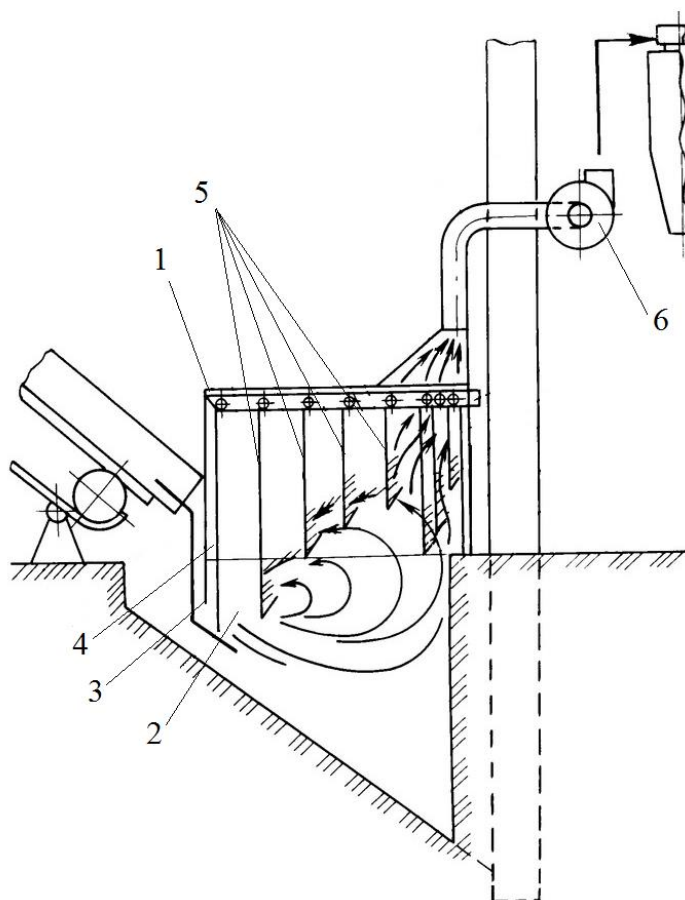


Рисунок 1.19 – Устройство для улавливания пыли в бункерах-накопителях:
 1 – плита; 2 – бункер; 3 – входной отсекатель; 4 – боковые отсекатели;
 5 – шторы; 6 -вентилятор

На данный момент не существует эффективного всасывающего устройства от протяженного источника пыли, примером которого может служить полувагон при разгрузке. Основная причина этого заключается в сложности локализации пылевыведений от источника выброса и снижении металлоемкости.

Проведенный анализ литературных источников [11, 13, 19, 23, 37, 38, 47, 50, 107-109, 112, 117, 120, 122-125, 137] позволяет сделать следующие выводы:

– не обнаружено источников, содержащих описание закрученного потока с приращением расхода по всей длине пылеприемного устройства;

– наибольший объем исследований вытяжных и приточных воздуховодов выполнен Талиевым В.Н. На основании своих исследований он сделал вывод, что «вытяжные конусные и клиновидные воздуховоды с продольной щелью постоянной ширины или с рядом боковых сторон отверстий одинаковой площади обуславливают большие относительные отклонения неравномерного всасывания от равномерного, чем вытяжные воздуховода постоянного сечения» [121]. В связи с этим заключением дальнейшие исследования по равномерности всасывания воздуха в диссертационной работе проведены по изучению всасывающего устройства с суживающейся щелью.

1.7 Выводы

В настоящее время наблюдается переход ТЭС, работающих на газе, на использование угля в качестве основного топлива. Одними из причин этого послужили развитие угольной промышленности и стабильная стоимость топлива. К концу 2015 года в России около трети тепловых электростанций (ТЭС) используют в качестве основного топлива уголь, которыми выработано около 25% электроэнергии от общего объема.

Доставка угля осуществляется подвижными составами железнодорожного транспорта или грузовыми автомобилями. Разгрузочные операции сопровождаются значительным пылевыделением, превышающим санитарные нормы. Приведены результаты исследования автором воздуха рабочей зоны

машиниста вагоноопрокидывателя при разгрузке полувагона с углем. Загрязнение воздуха рабочей зоны превысило допустимые нормы в десять раз.

В результате выполненного обзора литературных источников и практические исследования обозначили причины высокого уровня запыленности на разгрузочных пунктах ТЭС: отсутствие высокоэффективных решений по обеспыливанию разгрузочных операций; низкая надежность применяемых всасывающих устройств; высокая энергоемкость аспирационных систем.

Рассмотрены статистические данные по распределению профессиональных заболеваний (в т.ч. и среди женщин), которые вызваны вредным воздействием промышленных аэрозолей. Проанализирована статистика перевозок сыпучих пылящих грузов по ОАО «РЖД», которая показывает тенденцию на ежегодное увеличение их количества при возрастающем грузообороте.

Определены факторы, определяющие интенсивность пылевыведений в процессе разгрузки сыпучего материала. Проанализированы способы локализации пылевыведений на разгрузочных площадках. Дана характеристика их достоинств и недостатков. Предпочтение отдано сухому способу борьбы с запыленностью – аспирации, – как наиболее универсальному. Исследованы применяемые аспирационные системы на погрузо-разгрузочных пунктах предприятий электроэнергетики, проанализированы их положительные и отрицательные стороны.

Протяженные источники пыления характеризуются разной интенсивностью по всей их длине, что требует равномерного удаления загрязненного воздуха на всей протяженности источника. По итогам проведенного обзора в настоящее время отсутствует эффективное всасывающее устройство от протяженного источника пыли по причине сложности локализации запыленного воздуха от источника выброса.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВСАСЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

2.1 Обоснование выбора подхода к разработке протяженного отсоса

Разрабатываемый отсос должен характеризоваться простотой конструкции, а также максимальным приближением всасывающих отверстий к источнику пылевых выделений.

Конструктивное решение обеспыливания бункера находится в тесной взаимосвязи с потребным аспирационным воздухообменом. Чем ближе отсос к источнику, тем меньше габариты устройства и тем продуктивнее происходит всасывание пыли. Подтекание запыленного воздуха при всасывании происходит со всех сторон. Этот процесс изображается в виде факела всасывания с отображением распределения одинаковых скоростей движения в виде семейства кривых (рисунок 2.1). Цифры на кривых указывают доли скорости в процентах средней скорости во всасывающем отверстии. Расстояния от отверстия выражают в долях от его диаметра d .

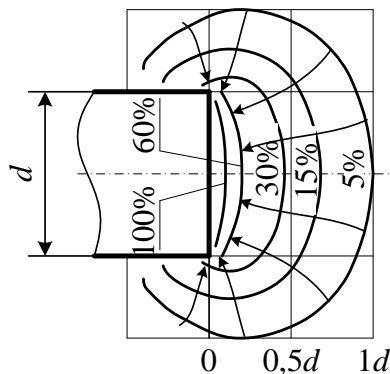


Рисунок 2.1 – Распределение скоростей воздуха вблизи вытяжного отверстия

Для качественного захвата пыли всасывающее устройство следует располагать максимально близко к источнику пыления по причине небольшого спектра всасывания вытяжных устройств [19].

Эффективная и надежная локализация пылевоздушной смеси возможна при устойчивой работе всасывающего устройства и в целом аспирационной системы, в которой необходимо исключить нарушение ее работоспособности вследствие отложений пыли на внутренних стенках воздуховодов. Пылевые отложения приводят к снижению скорости воздуха, удаляемого отсосами от источника пылеобразования, вследствие чего происходит выбивание пыли в воздух рабочей зоны, что снижает надежность устройства. Воздуховоды системы аспирации, как правило, размещаются над рабочей зоной, поэтому наличие отложений на внутренних стенках воздуховодов может привести к их обрушению, что травмоопасно для работников.

Для перемещения запыленного воздуха без осаждения внутри воздуховодов необходимо по всей длине системы поддерживать высокую скорость движения воздуха, превышающую скорость трогания пылинок, что влечет за собой высокий расход воздуха и неэкономичность системы аспирации. Чем крупнее и тяжелее (по удельному весу) пылевые частицы, тем большая скорость должна быть предусмотрена в вытяжном воздуховоде.

Поддержание достаточной скорости для транспортирования пыли по всей длине всасывающего устройства достигнуто воздуховодом равномерного всасывания постоянного динамического давления [90, 94], исследованного НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге (рисунок 2.2). Основным недостатком такого воздуховода является необходимость тщательного соблюдения расчетных размеров всасывающей щели, ширина которой переменна. Теоретически воздуховод должен иметь форму параболоида вращения. Для практического использования рассчитывается воздуховод из набора конических воздуховодов с уменьшающейся конусностью по направлению движения воздуха в системе. Для обеспечения равномерного всасывания воздуха по всей длине воздуховода ширина всасывающей щели уменьшается с увеличением диаметра воздуховода.

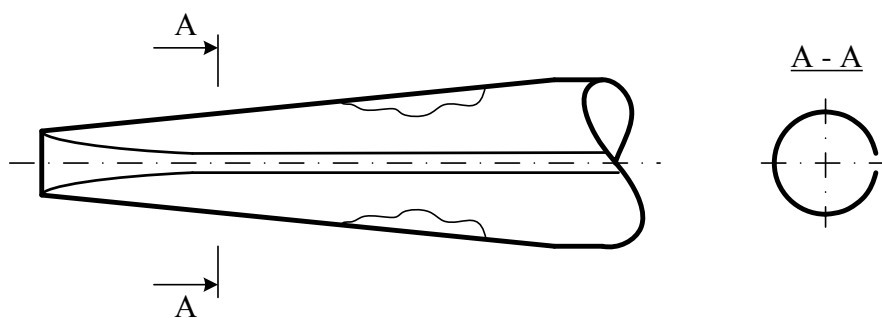


Рисунок 2.2 – Протяженный отсос с продольной щелью переменной ширины

Места разгрузки железнодорожных вагонов сыпучими материалами располагаются, как правило, на подъездных путях ТЭС. Каждый погрузочный узел требует сооружения аспирационной установки с закладкой резервного оборудования для обеспечения бесперебойной работы аспирации [99]. Капитальные затраты на устройство автономных систем аспирации велики, кроме того, для их размещения требуются большие производственные площади.

Поиск решения проблемы эффективного обеспыливания рабочей зоны на погрузо-разгрузочном пункте необходимо вести на пути создания устойчиво работающих протяженных отсосов и централизованных систем, имеющих высокую степень надежности при переменном переключении отсосов.

На сегодняшний день вопрос конструирования эффективного и несложного в изготовлении всасывающего устройства для протяженного источника пыли недостаточно проработан. Протяженные источники пыления требуют особой конструкции отсосов [100]:

- равномерное удаление запыленного воздуха по всей длине источника пылеобразования;
- поддержание внутри протяженного отсоса скорости, достаточной для предупреждения отложения пыли на внутренних стенках отсоса.

Для снижения количества отсасываемого воздуха и сохранения эффективного транспортирования пыли можно повысить скорость движения воздушного потока у внутренней стенки воздуховодов, используя закрученный

поток воздуха. Под действием центробежных сил крупные частицы пыли отбросятся к стенкам воздуховодов, возле которых тангенциальная составляющая скорости движения воздуха значительно выше осевой, что обеспечивает транспортирование пыли к пылеуловителю.

Создание закрученного потока реализуется путем использования завихрителей или вращающихся цилиндров-отсосов [10, 12, 21]. Предлагаемые устройства эффективны при удалении пыли от рабочей зоны небольшой длины. В случае протяженного источника пылевыведений использование предлагаемых устройств вызывает трудности.

В случае протяженного источника пыления организовать вращающийся поток следует путем ввода запыленного воздуха по касательной (тангенциально) во всасывающее устройство по всей его длине. Это может быть реализовано входным каналом, тангенциальным к корпусу всасывающего устройства.

2.1 Описание модели протяженного воздуховода равномерного всасывания с тангенциальным входом воздуха

Протяженный источник пылеобразования требует аналогичный ему по длине вытяжной воздуховод для равномерного удаления запыленного воздуха. Для эффективного функционирования такого отсоса требуется предотвратить отложение пыли внутри него. Это можно обеспечить за счет закручивания запыленного воздушного потока. Данный способ может быть реализован устройством тангенциального входа воздуха в отсос.

Далее предложено два вида протяженного воздухозаборного устройства цилиндрической или конической формы (рисунки 2.3, 2.4) [98]. Одна торцевая стенка отсоса выполнена сплошной и общей с торцом входного канала, который

расположен тангенциально к корпусу отсоса и закрыт торцом.

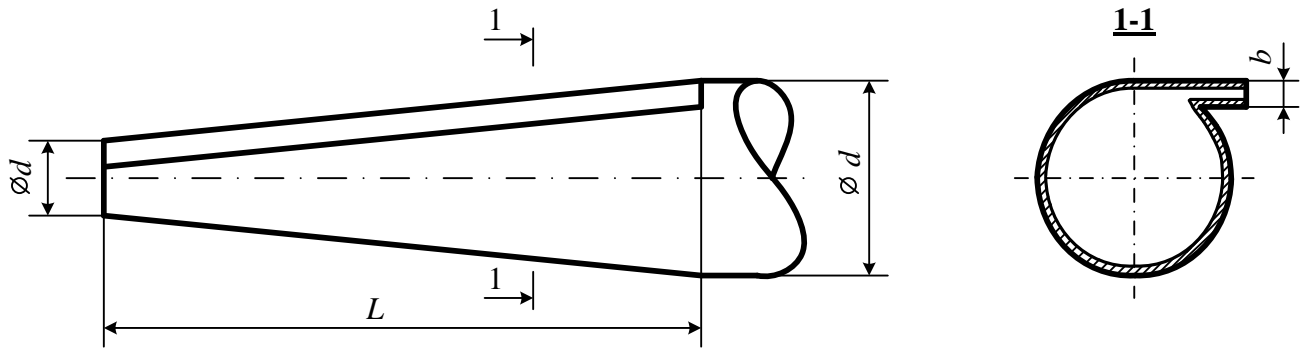


Рисунок 2.3 – Протяженный щелевой отсос конической формы с тангенциальным входом воздуха

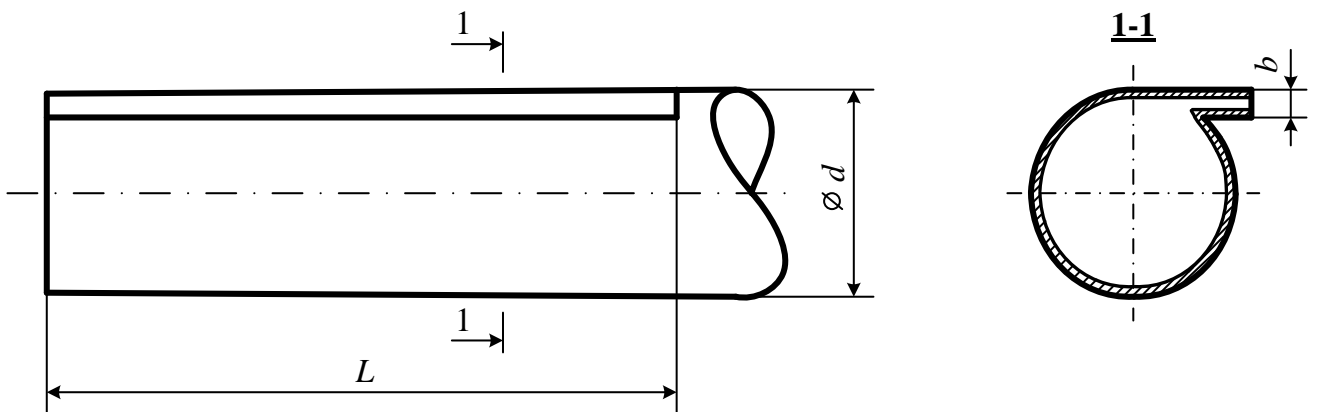


Рисунок 2.4 – Протяженный щелевой отсос цилиндрической формы с тангенциальным входом воздуха

Предложенное устройство может быть размещено на открытой площадке возле источника пылеобразования, в бункере, в качестве составной части вагонопрокидывателя и т.д. Схемы размещения протяженного отсоса представлено на рисунке 2.5.

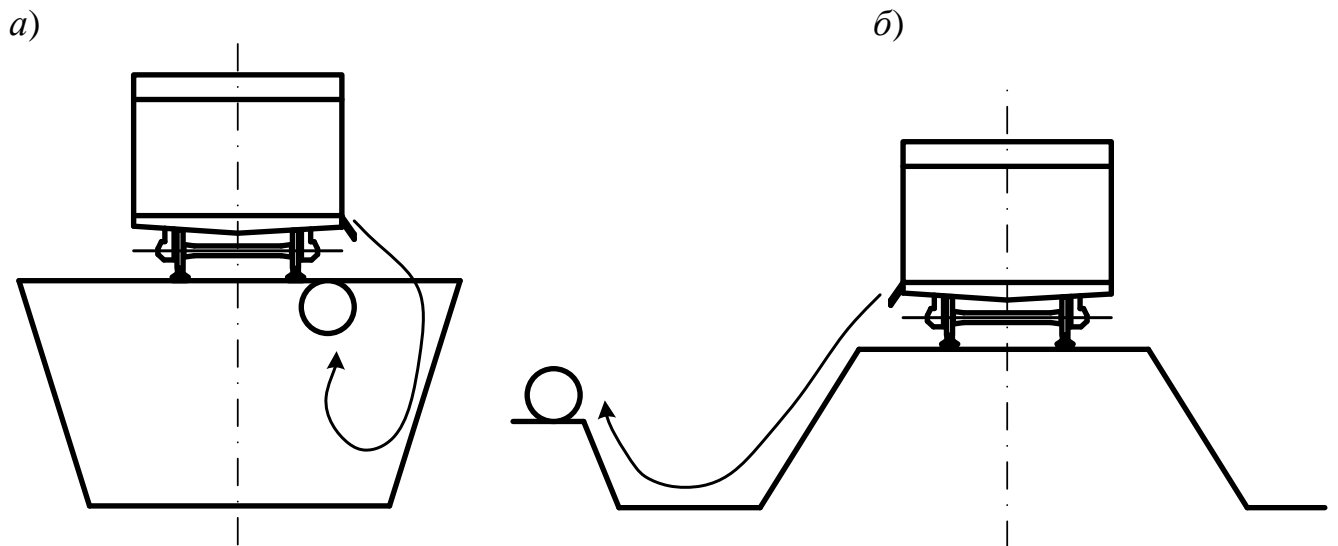


Рисунок 2.5 – Схемы размещения протяженного отсоса:

a) – в бункере; *б)* – на открытой площадке

2.2 Аэродинамический расчет протяженного воздуховода равномерного всасывания с тангенциальным входом воздуха

Для рассматриваемого воздухоприемного устройства применимо уравнение количества движения [138], согласно которому сумма проекций всех сил, приложенных к струе на любом участке, равна приращению проекции секундного количества движения на этом участке.

При аналитическом исследовании приняты следующие допущения: поля скоростей в поперечных сечениях являются равномерными, форма пылевидных частиц, поступающих с воздушным потоком, шарообразная, коэффициент сопротивления трения по всей длине отсоса принят постоянным. Расчетная схема исследуемого отсоса представлена на рисунке 2.6.

Торцевые части контрольных поверхностей проведены нормально к направлению потока. На рассматриваемые сечения 1-1 и 2-2 одинаковой площади

F действуют силы давления P_1 и P_2 , направленные к поверхностям перпендикулярно. К боковой стенке приложена сила трения $P_{тр}$, направленная параллельно потоку, против него. Проекция на рассматриваемую ось силы давления на элементарной площадке P_{π} , через которую идет подсос воздуха внутрь протяженного отсоса, равна 0.

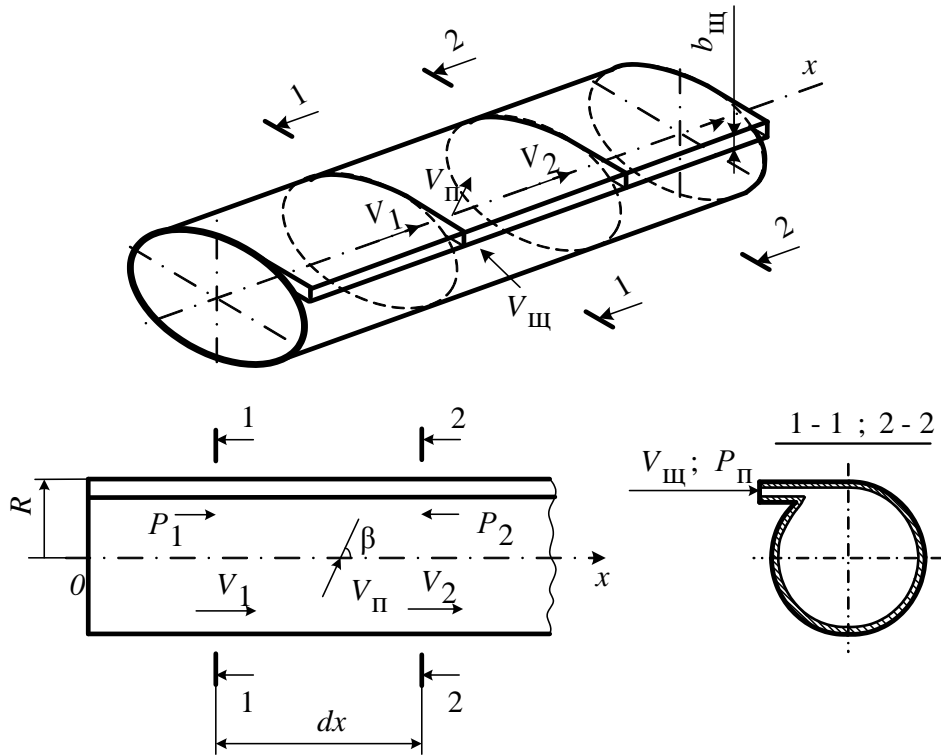


Рисунок 2.6 – Расчетная схема протяженного отсоса цилиндрической формы с тангенциальным входом воздуха

Уравнение проекций на ось Ox равнодействующей внешних сил ΣQ для выделенного объема выглядит следующим образом (формулы (2.1), (2.2)):

$$\Sigma Q = P_1 F - P_2 F - P_{тр}, \quad (2.1)$$

$$\Sigma Q = P_1 F - P_2 F - \tau_0 2\pi R dx, \quad (2.2)$$

где τ_0 – касательное напряжение, Па;

dx – расстояние между сечениями 1-1 и 2-2, м;

R – радиус поперечного сечения отсоса, м.

Изменение количества движения массы $d(MV)$ выделенного объема во

времени dt в проекциях на ось OX следует записать следующим образом (формула (2.3)):

$$\frac{d(MV)}{dt} = \rho \overline{V_2^2} F - \rho \overline{V_1^2} F - \rho V_{\text{п}} \cos \beta dL_{\text{п}}, \quad (2.3)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м^3 ;

$\overline{V_1}$, $\overline{V_2}$ – средние скорости в сечениях потока 1-1 и 2-2 соответственно, м/с ;

$V_{\text{п}}$ – скорость подмешивающегося воздуха, м/с ;

β – угол между направлением скорости подмешивающегося к основному потоку воздуха и осью OX , град;

$L_{\text{п}}$ – объемный расход подмешивающегося воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$.

Расход подмешивающегося воздуха равен произведению скорости всасывания воздуха в щель $V_{\text{щ}}$ шириной b и площади самой щели. Тогда уравнение изменения количества движения массы во времени примет вид (формула (2.4)):

$$\frac{d(MV)}{dt} = \rho \overline{V_2^2} F - \rho \overline{V_1^2} F - \rho V_{\text{п}} \cos \beta V_{\text{щ}} b dx. \quad (2.4)$$

Согласно уравнению количества движения равнодействующая внешних сил должна быть равна изменению количества движения, поэтому верно равенство (формула (2.5)):

$$P_1 F - P_2 F - \tau_0 2\pi R dx = \rho \overline{V_2^2} F - \rho \overline{V_1^2} F - \rho V_{\text{п}} \cos \beta V_{\text{щ}} b dx. \quad (2.5)$$

Применительно для рассматриваемого объема воздуха выражение (2.5) преобразуется следующим образом (формула (2.6)):

$$(P_1 - P_2) F - 2\pi R \int_{x_1}^{x_2} \tau_0 dx = \rho F (\overline{V_2^2} - \overline{V_1^2}) - \rho \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{п}} \cos \beta V_{\text{щ}} b dx. \quad (2.6)$$

Касательное напряжение определяется согласно формуле (2.7) [101]:

$$\tau_0 = \frac{\lambda \rho V_{\text{пр}}^2}{8}, \quad (2.7)$$

где $V_{\text{пр}}$ – скорость движения воздуха в пристенном слое отсоса, м/с .

λ – коэффициент сопротивления трения, зависящий от шероховатости стенок

воздуховода.

При замене касательного напряжения в выражении (2.6) уравнение изменит вид (формулы (2.8), (2.9)):

$$(P_1 - P_2)F = 2\pi R \int_{x_1}^{x_2} \frac{\lambda \rho V_{\text{пр}}^2}{8} dx + \rho F (\overline{V_2^2} - \overline{V_1^2}) - \rho \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{п}} \cos \beta V_{\text{щ}} b dx; \quad (2.8)$$

$$(P_1 - P_2)F = \frac{\pi R \lambda \rho}{4} \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{пр}}^2 dx + \rho F (\overline{V_2^2} - \overline{V_1^2}) - \rho \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{п}} \cos \beta V_{\text{щ}} b dx. \quad (2.9)$$

При делении правой и левой частей уравнения (2.9) на площадь поперечного сечения отсоса F потери давления в протяженном отсосе составят (формула 2.10):

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho}{\pi R^2} \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{п}} \cos \beta V_{\text{щ}} b dx - \frac{\lambda \rho}{4R} \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{пр}}^2 dx - \rho (\overline{V_2^2} - \overline{V_1^2}). \quad (2.10)$$

Если принять допущение о постоянстве скорости всасывания в щель, то она будет равна скорости подмешиваемого воздуха. Тогда выражение (2.10) примет следующий вид (формула (2.11)):

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho}{\pi R^2} \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{щ}}^2 \cos \beta b dx - \frac{\lambda \rho}{4R} \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{пр}}^2 dx + \rho (\overline{V_2^2} - \overline{V_1^2}). \quad (2.11)$$

Для протяженного воздуховода равномерного всасывания конической формы (рисунок 2.7) уравнение количества движения получено аналогично отсосу постоянного сечения (формула (2.5)). Но в отличие от последнего проекция на ось $P_{\text{п}}$ не равна нулю.

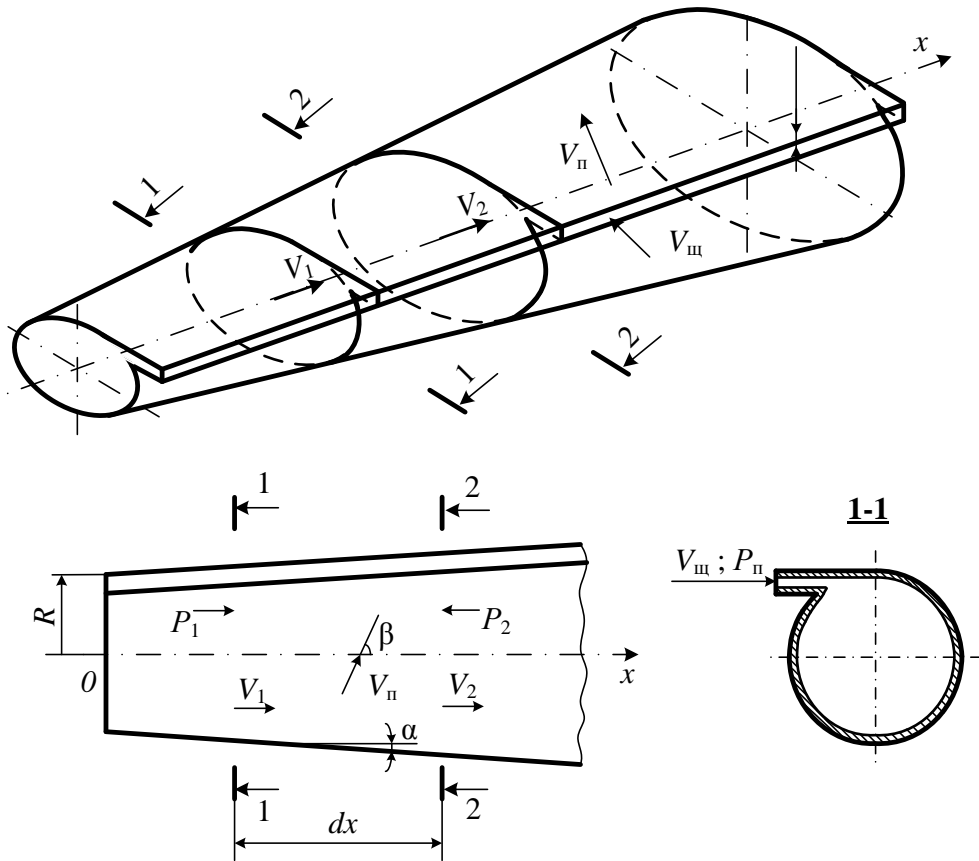


Рисунок 2.7 – Расчетная схема протяженного отсоса конической формы с тангенциальным входом воздуха

Преобразованное уравнение о количестве движения масс для рассматриваемого отсоса определяется формулой (2.12):

$$P_1 F - P_2 F + P_n \sin \alpha b dx - \tau_0 2\pi R dx = \rho \overline{V_2^2} F - \rho \overline{V_1^2} F - \rho V_n \cos \beta V_{\text{ш}} b dx, \quad (2.12)$$

где α – угол конуса, град.

После небольших преобразований выражения (2.12) потери давления в воздуховоде конической формы будут равны (формула (2.13)):

$$P_2 - P_1 = \rho (\overline{V_1^2} - \overline{V_2^2}) + \frac{\rho}{\pi R^2} \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{ш}}^2 b \cos \beta dx - \frac{b}{\pi R^2} \int_{x_1}^{x_2} P_n \sin \alpha dx - \frac{\lambda \rho}{4R} \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{пр}}^2 dx. \quad (2.13)$$

Таким образом, потери давления в протяженном отсосе с тангенциальным входом воздуха зависят от скорости воздуха в отсосе, его радиуса, ширины щели, угла между скоростью подмешивающегося воздуха и осевой скоростью, оформления входа.

В общем случае потери давления в воздуховоде определяются по формуле (2.14) [121]:

$$P_2 - P_1 = \zeta_{\text{вх}} \frac{\rho V^2}{2}, \quad (2.14)$$

где $\zeta_{\text{вх}}$ – коэффициент местного сопротивления отсоса, отнесенный к скорости V .

Определив экспериментально коэффициент $\zeta_{\text{вх}}$ в зависимости от параметров, влияющих на него из формул (2.11) и (2.13), возможно рассчитать параметры отсоса и определить его сопротивление.

2.3 Закономерности составляющих скорости движения пылевидных частиц внутри всасывающего устройства

Тангенциальный вход в отсос вынуждает двигаться по спирали поступающий загрязненный воздух. Скорость пылевидной частицы может быть разложена на три компонента (рисунок 2.8): тангенциальную скорость V_t , направленную по касательной к траектории пылинки (окружности) и перпендикулярную оси воздуховода; радиальную скорость V_p , перпендикулярную тангенциальной составляющей и оси; осевую скорость V_o , сонаправленную с осью отсоса.

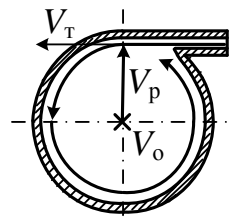


Рисунок 2.8 – Размещение составляющих скорости движения воздушного потока внутри воздуховода

При движении в воздушной среде частица пыли испытывает силу сопротивления F_c . Для газообразной среды она определяется выражением (2.15) [24]:

$$F_c = \zeta_{\text{ч}} S_{\text{ч}} \rho_{\text{ср}} \frac{V_{\text{от}}^2}{2}, \quad (2.15)$$

где $\rho_{\text{ср}}$ – плотность среды, кг/м³;

$V_{\text{от}}$ – относительная скорость движения частиц (по отношению к среде), м/с;

$S_{\text{ч}}$ – миделево сечение частицы, м²;

$\zeta_{\text{ч}}$ – аэродинамический коэффициент сопротивления частицы.

В качестве относительной скорости принята радиальная составляющая.

Коэффициент сопротивления среды определяется критерием Рейнольдса Re [24], который для движущейся в среде частицы определяется по формуле (2.16):

$$Re = \frac{V_{\text{щ}} d_{\text{ч}}}{\nu}, \quad (2.16)$$

где $V_{\text{щ}}$ – скорость всасывания в щель, м/с;

$d_{\text{ч}}$ – диаметр частицы, м;

ν – кинематический коэффициент вязкости среды, м²/с.

Для исследования рассматриваемого процесса расчет критерия Рейнольдса следует вести согласно формуле (2.16) для минимальной скорости всасывания в щель 18 м/с, максимального диаметра частицы угля 50 мкм, при стандартных условиях (температура воздуха 20°C) $\nu = 15 \cdot 10^{-6}$ м²/с: Таким образом критерий Рейнольдса равен 60.

При $1 \leq Re \leq 1000$ (что соответствует полученному фактическому значению критерия Рейнольдса) коэффициент сопротивления среды определяется согласно формуле Клячко (2.17) [118]:

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt[3]{Re}}. \quad (2.17)$$

Тогда сила сопротивления примет вид (формула (2.18)):

$$F_c = \left(\frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt[3]{Re}} \right) S_{\text{ч}} \rho_{\text{г}} \frac{V_{\text{ф}}^2}{2}. \quad (2.18)$$

Криволинейной траектории движения частицы соответствует сила центробежного ускорения $F_{ц}$, которая определяется по формуле (2.19) [121]:

$$F_{ц} = \frac{m_{ч} V_{т}^2}{z}, \quad (2.19)$$

где $m_{ч}$ – масса частицы, кг;

$V_{т}$ – тангенциальная скорость движения частиц в среде, м/с;

z – расстояние от частицы до оси отсоса, м.

Величина z является переменной: пылинка находится как на оси воздуховода, так и в пристенном слое. Поэтому для дальнейшего расчета значение z принято как половина радиуса отсоса R . Тогда формула (2.19) преобразуется в следующее выражение (формула (2.20)):

$$F_{ц} = \frac{2m_{ч} V_{т}^2}{R}. \quad (2.20)$$

Т.к. сила сопротивления является единственным источником центробежного ускорения частицы, то будет верно равенство (формула (2.21)):

$$\frac{2m_{ч} V_{т}^2}{R} = \left(\frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt[3]{Re}} \right) S_{ч} \rho_{г} \frac{V_{п}^2}{2}. \quad (2.21)$$

Форма пылинки для расчетов принята сферической, поэтому будут верны следующие выражения (формулы (2.22), (2.23)):

$$S_{ч} = \frac{\pi d_{ч}^2}{4}, \quad (2.22)$$

$$m_{ч} = \rho_{ч} \pi \frac{d_{ч}^3}{6}, \quad (2.23)$$

где $\rho_{ч}$ – плотность частицы, кг/м³.

С учетом вышеизложенного равенство (2.21) примет вид формулы (2.24):

$$\frac{2\rho_{ч} \pi d_{ч}^3 V_{т}^2}{6R} = \left(\frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt[3]{Re}} \right) \frac{\pi d_{ч}^2}{4} \frac{\rho_{г} V_{п}^2}{2}. \quad (2.24)$$

После небольших преобразований получена зависимость тангенциальной составляющей скорости от радиальной (формула (2.25)):

$$V_{\tau} = V_p \sqrt{\frac{3R\rho_{\Gamma} \left(\frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt[3]{Re}} \right)}{8\rho_{\Gamma} d_{\Gamma}}}. \quad (2.25)$$

Таким образом, тангенциальная составляющая скорости движения частицы в воздуховоде прямо пропорциональна радиальной скорости, радиусу отсоса и обратно пропорциональна диаметру улавливаемой частицы.

Средняя скорость в отверстии (щели) $V_{\text{щ}}$ для вытяжного воздуховода определяется по формуле (2.26) [121]:

$$V_{\text{щ}} = \mu \sqrt{\frac{2(P_a - P)}{\rho_{\Gamma}}}, \quad (2.26)$$

где μ – коэффициент расхода;

P_a и P – статическое давление соответственно вне и внутри воздуховода, Па.

Предположительно для отсоса с тангенциальным входом воздуха данная скорость по величине будет близка со скоростью в пристенном слое, т.к. такое оформление входа позволяет сохранить скорость всасывания в щель по достижению воздушным потоком внутренней стенки воздуховода.

При равномерном вращении частицы в среде формой траектории ее являются окружности. Вращательное движение (рисунок 2.9) характеризуется окружной и угловой скоростями [128]. Окружная скорость ω_0 направлена по касательной в каждой точке траектории, угловая скорость ω равна скорости изменения угла во времени. При рассмотрении исследуемого процесса вращения частицы в воздуховоде в качестве угловой скорости выступает осевая составляющая $V_{\text{ос}}$ скорости, а в качестве окружной – тангенциальная составляющая V_{τ} .

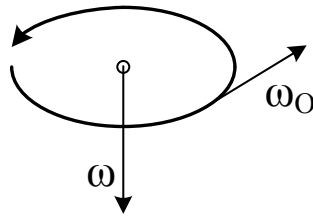


Рисунок 2.9 – Вращательное движение частицы

При равномерном вращении пройденный путь частицей, находящейся у стенки отсоса, будет равен (формула (2.27)):

$$V_{\tau}t = 2\pi RN, \quad (2.27)$$

где t – время, в течение которого частица достигнет внутренней стенки отсоса, с;

N – количество оборотов воздушного потока внутри отсоса.

Из данной формулы далее выражено количество витков (формула (2.28)):

$$N = \frac{V_{\tau}t}{2\pi R}. \quad (2.28)$$

Полученное выражение описывает вращательное движение для идеальной среды, где отсутствуют потери на трение. В диссертационной работе следует учесть данные потери (влияние шероховатости), подкрепив теоретические рассуждения лабораторными исследованиями.

2.4 Выводы

Для снижения количества отсасываемого воздуха и сохранения эффективного транспортирования пыли следует повысить скорость движения воздушного потока вдоль внутренней стенки воздуховодов, используя закрученный поток воздуха. Предложен ввод запыленного воздуха по касательной к протяженному отсосу через входной канал, расположенный по всей длине

всасывающего устройства.

Протяженный воздуховод равномерного всасывания с тангенциальным входом воздуха предназначен для удаления запыленного воздуха по всей длине источника пыления. Оформление входа отсоса предложенным способом позволит закрутить воздушный поток для предупреждения отложения пыли на внутренних стенках воздуховода. Отсос может быть конической или цилиндрической формы исполнения. Он может быть использован в бункерных помещениях, в качестве составного устройства вагоноопрокидывателя, на открытой площадке погрузо-разгрузочного комплекса.

Проведен теоретический анализ потерь давления в отсосе. Они зависят от способа оформления щели, ее ширины, средних скоростей, скоростей всасывания и в пристенном слое. Вращение частицы обуславливает наличие трех составляющих фактической скорости: тангенциальной, осевой и радиальной. Получены их соотношения. Дальнейшим этапом служит проведение экспериментальных исследований выявленных теоретических закономерностей.

3 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОТЯЖЕННОГО ОТСОСА С ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМ ВХОДОМ ВОЗДУХА

3.1 Расчет объемов аспирации при разгрузке полувагона с каменным углем

Подбор аспирационной установки для проведения экспериментов основывается на расчете требуемого для удаления запыленного воздуха в промышленных масштабах. Рассмотрен случай разгрузки полувагона с каменным углем. Для расчетов использованы методические рекомендации [53], разработанные во ВНИИ охраны труда в г. Екатеринбурге коллективом авторов под руководством Олифера В.Д.

Исходные данные для расчета:

1. Массовый расход материала, G , кг/с

Согласно [56] продолжительность выгрузки каменного угля из полувагона на повышенных путях (1 м), эстакадах по фронту на одну сторону составляет 174 с. Средняя грузоподъемность полувагона составляет 60 т. Следовательно, массовый расход материала составит 345 кг/с.

2. Плотность материала, ρ_M , кг/м³

Плотность каменного угля составляет 1260...1350 кг/м³ [110]. Далее для расчета принято 1305 кг/м³.

3. Насыпная плотность материала, $\rho_{M'}$, кг/м³

Насыпная плотность каменного угля составляет 800...1000 кг/м³ [110]. Далее для расчета принято 900 кг/м³.

4. Высота падения материала от разгрузочного отверстия полувагона до дна загружаемой емкости, h , м.

Рассмотрен случай разгрузки полувагона на площадку на уровне земли путем открывания люков с повышенных путей высотой 1 м. Расстояние от рельса до днища вагона около 1,04 м. Таким образом, высота падения материала h составит 2,04 м.

5. Размеры разгрузочного отверстия: при прямоугольном – ширина и длина, a и k , м

Средняя длина вагона $k = 15$ м. Для расчета принято, что ширина потока разгружаемого материала на выходе из полувагона равна высоте отверстия разгрузочного люка, которая принята равной $a = 0,4$ м.

6. Площадь разгрузочного отверстия верхней емкости, $F_{\text{отв}}$, определяемая по формуле (3.1)

$$F_{\text{отв}} = k \times a, \text{ м}^2 \quad (3.1)$$

В качестве разгрузочного отверстия выступает полоса сыпучего груза при разгрузке вагона.

Начальная скорость материала V_{M1} при загрузке емкости непосредственно через разгрузочное отверстие определяется следующим образом (формула (3.2)):

$$V_{\text{M1}} = \frac{G}{\rho_{\text{M}} F_{\text{отв}}} \quad (3.2)$$

При введении в формулу (3.2) исходных данных получено:

$$V_{\text{M1}} = \frac{345}{900 \cdot 15 \cdot 0,4} = 0,06 \text{ (м/с)}.$$

Скорость материала в конце падения V_{M2} равна (формула (3.3)):

$$V_{\text{M2}} = \sqrt{V_{\text{M1}}^2 + 2gh}, \quad (3.3)$$

где g – ускорение свободного падения, $9,81 \text{ м/с}^2$.

Используя формулу (3.3), получено:

$$V_{\text{M2}} = \sqrt{0,06^2 + 2 \cdot 9,81 \cdot 2,04} = 6,33 \text{ (м/с)}.$$

Средняя скорость падения материала V_{M} определяется согласно формуле (3.4):

$$V_{\text{M}} = 0,7V_{\text{M1}} + 0,3V_{\text{M2}} \quad (3.4)$$

Для исследуемого процесса пылеобразования согласно выражению (3.4) средняя скорость падения материала равна:

$$V_M = 0,7 \cdot 0,06 + 0,3 \cdot 6,33 = 1,94 \text{ (м/с)}.$$

Площадь поперечного сечения потока падающего материала $F_{\text{стр}}$ при прямоугольном разгрузочном отверстии определяется по формуле (3.5):

$$F_{\text{стр}} = (a + 0,013h) \times (k + 0,013h) \quad (3.5)$$

Для рассматриваемого падения угля через люки вагонов площадь поперечного сечения потока падающего материала по формуле (3.5) равна:

$$F_{\text{стр}} = (0,4 + 0,013 \cdot 2,04) \times (15 + 0,013 \cdot 2,04) = 6,41 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Усредненная объемная концентрация материала K определяется по формуле (3.6):

$$K = \frac{100G}{\rho_M F_{\text{стр}} V_M}. \quad (3.6)$$

В случае разгрузки полувагона с каменным углем величина K найдена следующим образом:

$$K = \frac{100 \cdot 345}{1305 \cdot 6,41 \cdot 1,94} = 2,13.$$

Аэродинамическая характеристика потока материала S рассчитывается по формуле (3.7):

$$S = 0,1MKh^{1,75}, \quad (3.7)$$

где M – коэффициент, учитывающий форму частиц материала и определяющийся по [53].

Величина M для каменного угля равна 1,25. Тогда, используя формулу (3.7), получена аэродинамическая характеристика S :

$$S = 0,1 \cdot 1,25 \cdot 2,13 \cdot 2,04^{1,75} = 0,93.$$

Коэффициент пропорциональности λ между скоростью увлекаемого (эжектируемого) воздуха и скоростью материала определяется из следующего уравнения (формула (3.8)):

$$\lambda^2 \left(1 - \frac{V_{M2}^2 - V_{M1}^2}{S V_M^2} \right) - 2\lambda + 1 = 0. \quad (3.8)$$

При введении в выражение (3.8) полученных значений переменных получено:

$$\lambda^2 \left(1 - \frac{6,33^2 - 0,06^2}{0,93 \cdot 1,94^2} \right) - 2\lambda + 1 = 0.$$

Корни данного уравнения равны минус 0,42 и 0,23. Для дальнейших расчетов принят коэффициент пропорциональности 0,23.

Скорость эжектируемого воздуха V_2 определяется по формуле (3.9):

$$V_2 = \lambda V_{M2}. \quad (3.9)$$

Согласно формуле (3.9) скорость V_2 составит:

$$V_2 = 0,23 \cdot 6,33 = 1,46 \text{ (м/с)}.$$

Объем воздуха L_A , который необходимо удалить системой аспирации, определяется как (формула 3.10):

$$L_A = L_{\text{эж}} + L_M, \quad (3.10)$$

где $L_{\text{эж}}$ – объем эжектируемого воздуха, м³/ч;

L_M – объем воздуха, который вытесняется загружаемым материалом, м³/ч.

Оба объема воздуха определяются по формулам (3.11) и (3.12):

$$L_{\text{эж}} = 4250 V_2 F_{\text{стр}}, \quad (3.11)$$

$$L_M = \frac{3600G}{\rho_M}. \quad (3.12)$$

Используя записанные выше выражения, составляющие объема воздуха, который необходимо удалить системой аспирации, равны:

$$L_{\text{эж}} = 4250 \cdot 1,46 \cdot 6,41 = 39774,1 \text{ (м}^3\text{/ч)},$$

$$L_M = \frac{3600 \cdot 345}{1305} = 951,7 \text{ (м}^3\text{/ч)}.$$

Таким образом, объемный расход загрязненного воздуха при разгрузке вагона с каменным углем по формуле (3.10) составит:

$$L_A = 39774,1 + 951,7 = 40725,8 \text{ (м}^3\text{/ч)}.$$

Полученный объемный расход воздуха используется для разработки лабораторного аэродинамического стенда, динамически и геометрически подобного протяженному отсосу в производственной аспирационной системе.

Условие подобия необходимо для сопоставления полученных экспериментальных закономерностей с эксплуатацией в реальных условиях.

3.2 Аэродинамический стенд для исследования протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха

Апробация выявленных теоретических закономерностей осуществлена на аэродинамическом стенде. Экспериментальный образец представляет собой модель протяженного отсоса геометрически и динамически подобного устройству в условиях производства. Целью проведения исследований является разработка оптимальной формы протяженного отсоса (всасывающего устройства) с тангенциальным входом воздуха. Задачами лабораторных испытаний являются:

1. Определение коэффициента сопротивления протяженного отсоса в зависимости от расхода воздуха в отсосе, площади входной щели, относительной длины отсоса.
2. Определение степени закручивания потока воздуха внутри воздухопроводов аспирационной системы.
3. Определение характера распределения скоростей воздуха в протяженном отсосе, предотвращающих осаждение пыли на стенках отсоса.
4. Определение равномерности всасывания воздуха по длине протяженного отсоса.
5. Исследование факела всасывания всасывающего устройства.

Лабораторные испытания проведены в соответствии с [30, 133]

Объектом испытаний является протяженный щелевой отсос цилиндрической формы с тангенциальным входом воздуха (рисунок 3.1).

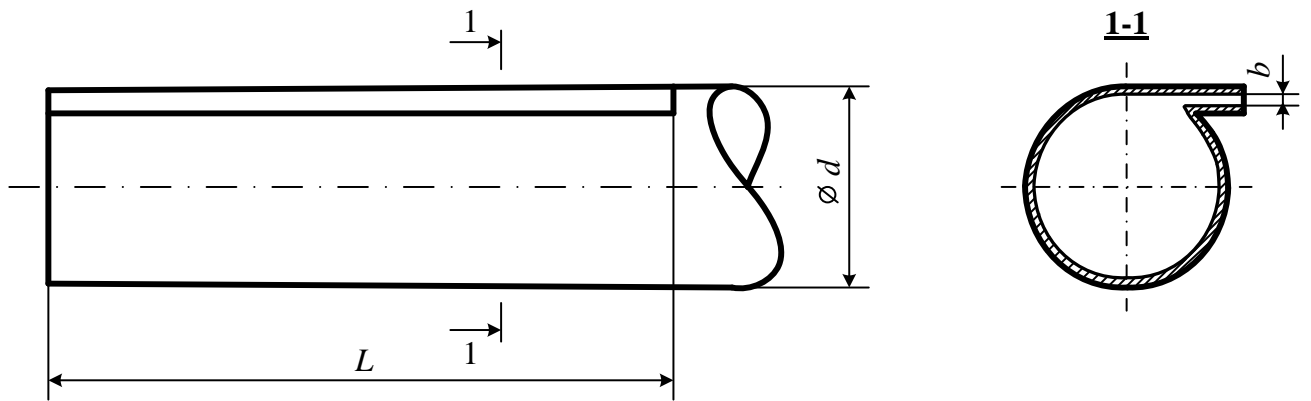


Рисунок 3.1 – Протяженный щелевой отсос цилиндрической формы с тангенциальным входом воздуха

Лабораторная установка (рисунок 3.2) состоит из следующих узлов: модель протяженного отсоса, переходной воздуховод, камера статического давления, коллектор, соединительный воздуховод, радиальный вентилятор ВР-300-45-2,5 (3,0 кВт, 3000 оборотов/мин). Шибером регулируется расход воздуха в самой системе. Габаритные размеры модели представлены на рисунке 3.3.

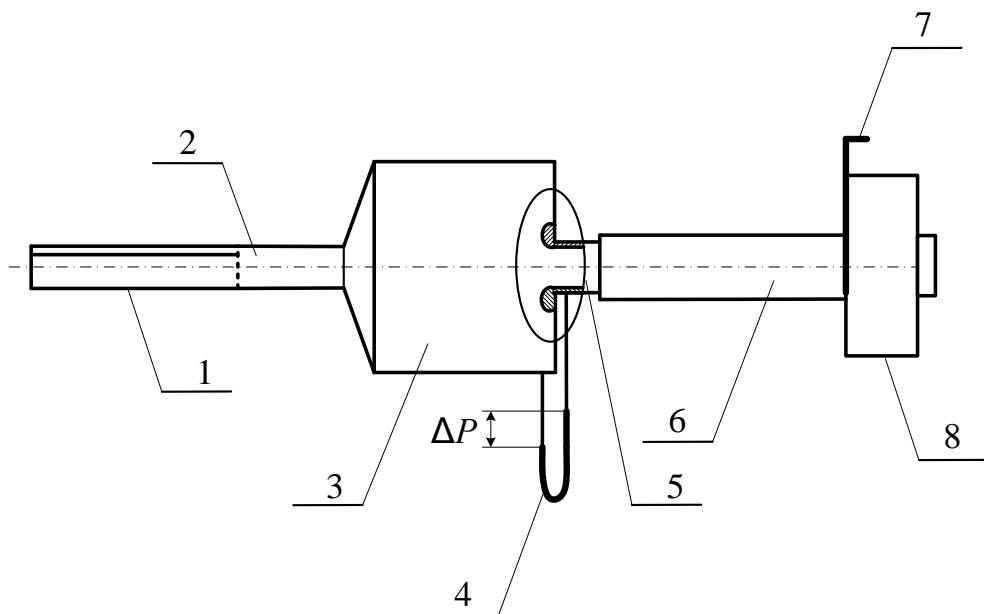


Рисунок 3.2 – Схема лабораторной установки: 1 – протяженный отсос; 2 – переходной воздуховод; 3 – камера давления; 4 – микроманометр; 5 – коллектор; 6 – соединительный воздуховод; 7 – шибер; 8 – вентилятор

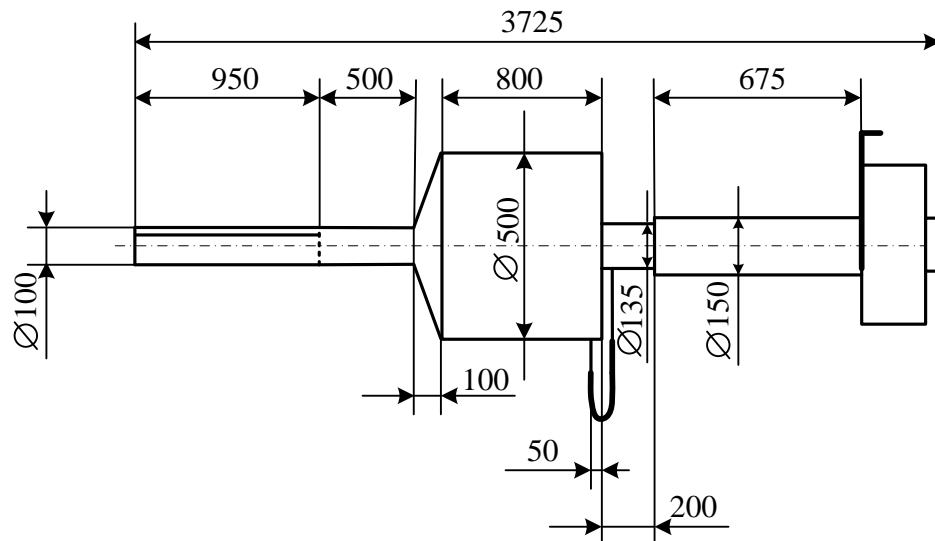


Рисунок 3.3 – Линейные размеры экспериментальной установки

При испытаниях зарегистрированы следующие параметры:

- а) температура и давление воздуха в лабораторном помещении
- б) пристенная и осевая скорости в поперечных сечениях протяженного отсоса и переходного воздуховода;
- в) скорости всасывания в патрубок всасывающего устройства;
- г) динамическое и статическое давления в исследуемых поперечных сечениях воздуховодов.

Для измерения температуры воздуха в лабораторном помещении использован стеклянный ртутный термометр ТЛ-4 с погрешностью измерения $\pm 0,2$ °С в диапазоне температур 0...55 °С [126].

Измерение давления воздуха при проведении экспериментов осуществлено барометром-анероидом метеорологическим БАММ-1 с погрешностью измерения $\pm 1,5$ мм рт. ст. с пределом измерений 600...800 мм рт. ст. [18]

Для измерения скоростей в отсосе использован термоанемометр ТТМ-2 с пределом измерений 0,1–30 м/с и погрешностью в диапазоне скоростей $\pm(0,05+0,05V)$, м/с, где V – измеренная скорость, м/с [96].

Динамическое и статическое давления определены с помощью пневмометрических трубок, соединенных резиновыми шлангами с

микроманометром многопредельным с наклонной трубкой ММН (рисунок 3.4) (класс точности 1,0), пределы измерений шкалы 0–2400 Па [55].



Рисунок 3.4 – Микроманометр многопредельный с наклонной трубкой ММН

Количество мерных сечений для исследования динамических и статических давлений, а также скоростей в аспирационной системе следующие: пять – в протяженном отсосе и четыре – в переходном воздуховоде. Месторасположение указанных сечений отмечено на рисунке 3.5. Количество измерений в каждой точке не менее трех. Координаты точек измерений давлений и средней скорости представлены на рисунке 3.6.

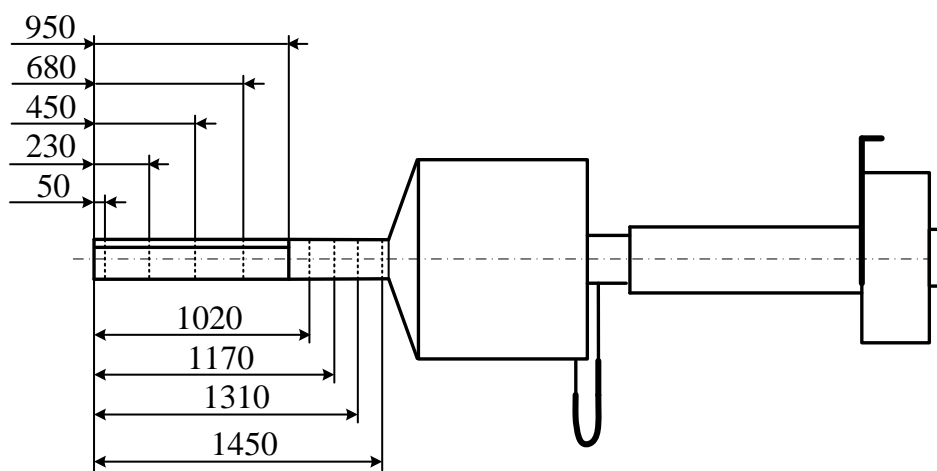


Рисунок 3.5 – Расположение поперечных сечений для измерения динамического давления и различных видов скоростей

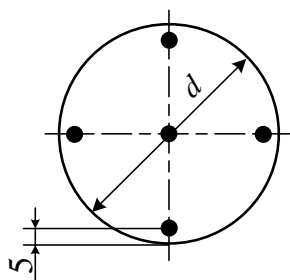


Рисунок 3.6 – Координаты точек измерения давлений и скоростей в мерных сечениях воздуховода экспериментальной установки

Далее в качестве единицы измерения длины используется относительная величина, характеризующая длину по отношению к диаметру воздуховода за отсосом d . Расстояния (в диаметрах d) мерных сечений от торца всасывающего устройства представлены в таблице 3.1. В экспериментальной установке длина входного канала равна $9d$, протяженность воздуховода сразу за всасывающим устройством равна пяти его диаметрам.

Таблица 3.1 – Расстояние мерных сечений от торца отсоса

протяженный отсос					переходной воздуховод			
$0,5d$	$2,3 d$	$4,5d$	$6,8d$	$9,5d$	$10,2d$	$11,7d$	$13,1d$	$14,5d$

Для анализа движения закрученного потока исследованы следующие способы оформления входного канала: при постоянной ширине входной щели с изменением длины и суживающимся по направлению к переходному воздуховоду (рисунок 3.7). В последнем случае входной канал имеет в плане форму прямоугольной трапеции с соотношением оснований 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8. Размеры щелевого отверстия указаны в долях диаметра воздуховода. При трапециевидной форме щелевого отверстия неизменна сторона щели, расположенная ближе к вентилятору. Она составляет $0,03d$. Сторона входного канала, находящаяся в торце протяженного отсоса, изменялась при проведении серий экспериментов.

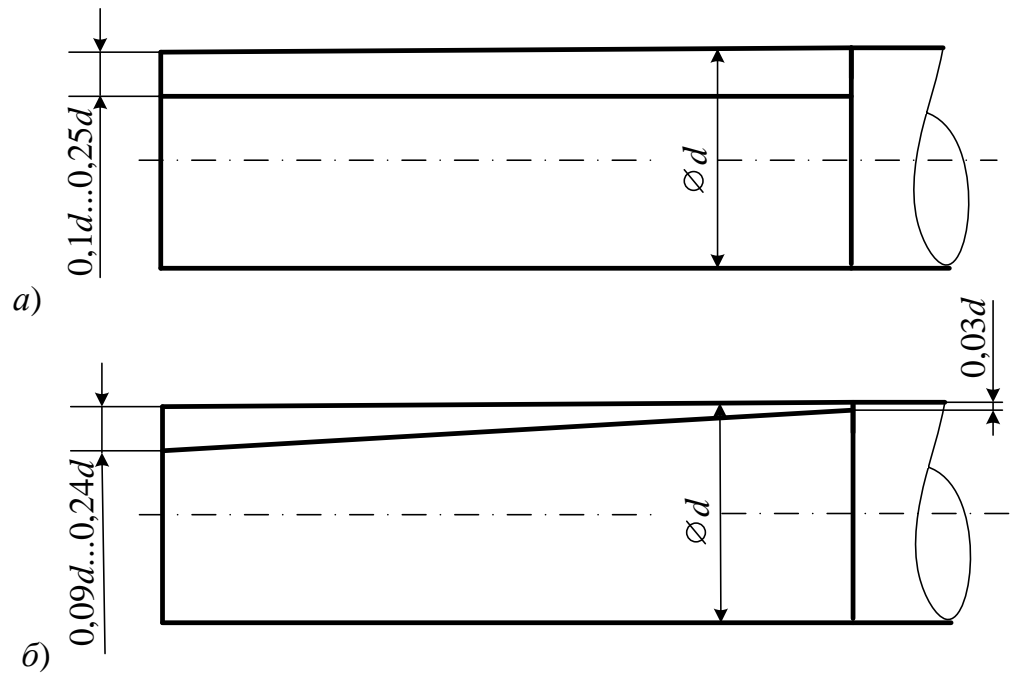


Рисунок 3.7 – Размеры и форма щелевого отверстия протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха: *а* – постоянная щель; *б* – суживающаяся щель

На основе проведенных теоретических исследований определены основные параметры для изучения всасывающего устройства с тангенциальным входом воздуха. Далее описаны методики проведения серий экспериментов. Исследование параметров воздушного потока позволит определить его устойчивость сохранения вращательного движения по длине аспирационной системы.

3.3 Методика определения коэффициента местного сопротивления протяженного отсоса

Обобщенное уравнение процессов для решения поставленной задачи выглядит следующим образом (формула (3.12)):

$$\zeta_{\text{вх}} = 2Eu = f\left(Re; \frac{b}{d}; \frac{F_{\text{вх}}}{F_0}; \frac{l}{d}\right), \quad (3.12)$$

где $\zeta_{\text{вх}}$ – коэффициент местного сопротивления входа в протяженный отсос;

Eu – критерий Эйлера, характеризующий потери давления на участке;

Re – критерий Рейнольдса, рассчитанный для сечения, расположенного непосредственно за всасывающим устройством;

$F_{\text{вх}}$ – площадь входного отверстия в отсос, м²;

F_0 – площадь поперечного сечения воздуховода на выходе из протяженного отсоса, м²;

l – расстояние от центра всасывающей щели до поперечного сечения воздуховода на выходе из протяженного отсоса, м;

d – диаметр протяженного отсоса, м;

b – ширина всасывающей щели протяженного отсоса, м.

Критерий Эйлера прямо пропорционален полному давлению на участке после всасывающего отсоса $p_{\text{п}}$ и обратно пропорционален средней скорости в системе (формула (3.13)):

$$Eu = \frac{P_{\text{п}}}{\rho V_{\text{ср}}^2}. \quad (3.13)$$

Дальнейшие исследования по методу многофакторного анализа [136] проведены на основе уравнения, представленного в виде зависимости (формула (3.14)):

$$\zeta_{\text{вх}} = f_1(Re) \cdot f_2\left(\frac{b}{d}\right) \cdot f_3\left(\frac{F_{\text{вх}}}{F_0}\right) \cdot f_4\left(\frac{l}{d}\right). \quad (3.14)$$

Данный анализ подразумевает последовательное изучение влияния факторов, указанных в качестве переменных в функциях. После определения зависимости коэффициента местного сопротивления протяженного отсоса от первой составляющей (критерия Рейнольдса) исследуется уже отношение $\zeta_{\text{вх}}$ к Re в зависимости от следующего множителя b/d и так далее.

3.4 Методика определения степени закручивания потока воздуха внутри воздухопроводов аспирационной системы

Степень закручивания потока определяется исследованием поля скоростей вдоль внутренней стенки протяженного отсоса и переходного воздуховода. Вращение затихнет в том случае, когда скорость в пристенном слое будет равна или ниже средней скорости потока воздуха в аспирационной системе. Исследовано всасывающее устройство с постоянной шириной входной щели с изменением ее длины и сужающейся по направлению к переходному воздуховоду щелью.

Замеры динамического давления проведены по четырем направлениям каждого рассматриваемого сечения в пристенном слое воздуховода в соответствии с рисунком 3.6. Согласно формуле (3.15) определены скорости в каждом направлении и сечении воздухопроводов.

$$V_{ij} = \sqrt{\frac{2p_{\text{дин}ij}}{\rho}}, \quad (3.15)$$

где V_{ij} – скорость в i -том сечении в j -том направлении, м/с;

$p_{\text{дин}ij}$ – динамическое давление в i -том сечении в j -том направлении, Па.

Построение графиков распределения скоростей по длине установки на основании полученных данных для сужающегося и постоянной ширины входного канала позволит определить наиболее удачный вариант исполнения протяженного отсоса.

3.5 Методика определения характера распределения скоростей воздуха в протяженном отсосе, предотвращающих осаждение пыли на стенках отсоса

Для обеспечения устойчивой работы аспирационной системы необходимо минимизировать накопление пыли на внутренних стенках воздуховодов. При тангенциальном оформлении щели во всасывающем устройстве создается закрученный поток воздуха, благодаря которому частицы пыли отбрасываются к стенкам корпуса отсоса. Преобладание тангенциальной составляющей скорости воздуха над осевой позволит обеспечить транспортирование пыли к пылеуловителю. Для подтверждения эффективности работы предлагаемого устройства необходимо исследовать распределение скорости на дне всасывающего устройства.

Исследован протяженный отсос с постоянной шириной входной щели с изменением ее длины и сужающейся по направлению к переходному воздуховоду щелью. Измерение динамического давления проведено на расстоянии 5 мм от внутренней стенки воздуховодов, как в месте с наиболее возможным отложением пыли. Замеры динамического давления проведены в нижней части каждого мерного сечения. По формуле (3.15) определены скорости в пристенных слоях отсоса и переходного воздуховода.

Построение графиков распределения скоростей в нижней части всасывающего устройства и переходного воздуховода на основании полученных данных позволит определить наиболее удачный вариант исполнения протяженного отсоса, который подвергнется дальнейшему изучению в вопросе протяженности сохранения закрученного потока внутри переходного воздуховода. Увеличена длина переходного воздуховода до 15 диаметров и продолжены исследования пристенной скорости на дне переходного воздуховода. Изменившиеся габариты лабораторной установки и расположение поперечных

сечений для проведения измерений скоростей движения потока представлены на рисунке 3.8 и таблице 3.2 соответственно.

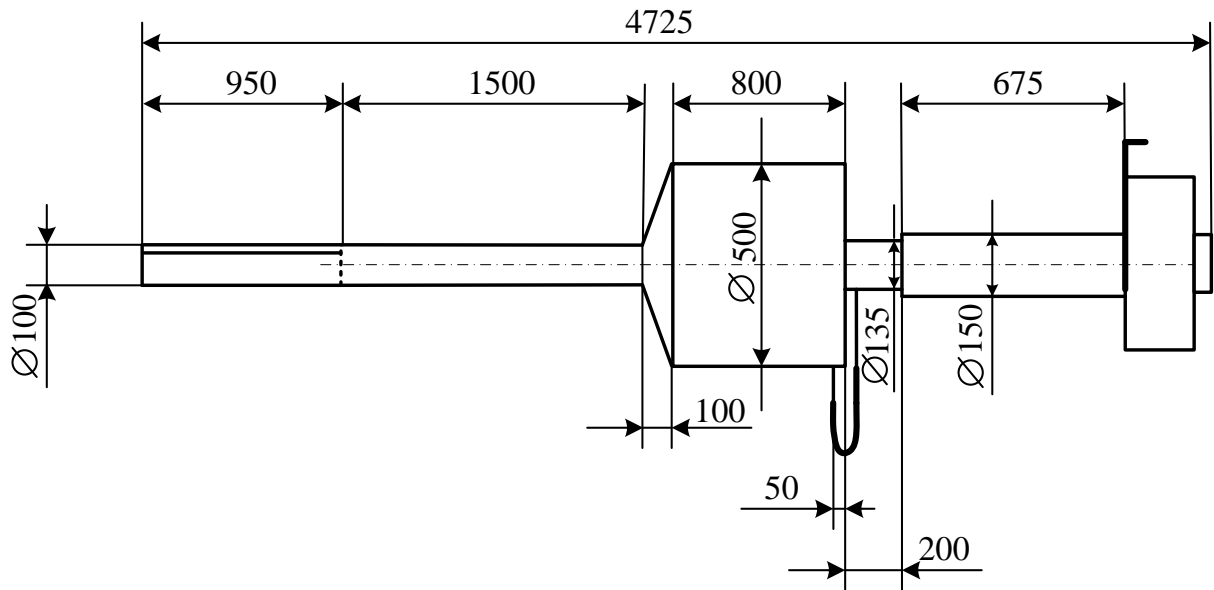


Рисунок 3.8 – Линейные размеры экспериментальной установки для изучения протяженности сохранения закрученного потока внутри переходного воздуховода

Таблица 3.2 – Расстояние мерных сечений от торца отсоса для изучения протяженности сохранения закрученного потока внутри переходного воздуховода

протяженный отсос							переходной воздуховод											
0,5d	2,3d	4,5d	6,8d	9,5d	10,2d	11,7d	13,1d	14,5d	15,6d	17d	18d	19d	20d	21d	22d	23d	24,3d	

Исследование расстояния от торца протяженного отсоса до сечения переходного воздуховода, где вращение воздушного потока затихнет, позволит не только подтвердить эффективность протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха при создании закрученного потока воздуха, но и определить место расположения наиболее шумного узла аспирационной системы – вентилятора – относительно рабочей зоны выполнения разгрузочных операций.

3.6 Методика определения равномерности всасывания воздуха по длине протяженного отсоса

Равномерность всасывания воздуха по длине протяженного отсоса имеет место при линейной зависимости соотношения расхода воздуха и длины рассматриваемого участка по длине входного канала. Согласно [121] равномерное всасывание воздуха можно осуществить изменением шириной входной щели по длине всасывающего устройства. Трапецевидная форма щели позволит выполнить указанное условие. Расход воздуха $L_{учi}$ на рассматриваемом участке входного канала определяется по формуле (3.16):

$$L_{учi} = F_{отвi} V_{отвi}, \quad (3.16)$$

где $F_{отвi}$ – площадь i -того участка входного канала протяженного отсоса, m^2 ;

$V_{отвi}$ – скорость всасывания воздуха на i -том участке входного канала протяженного отсоса, m/c .

Определив наиболее удачный вариант исполнения суживающейся щели входного канала всасывающего устройства при минимальных изменениях скорости в пристенном слое протяженного отсоса, проведено исследование скоростей всасывания на участках входного отверстия через равные промежутки (см. рисунок 3.9).

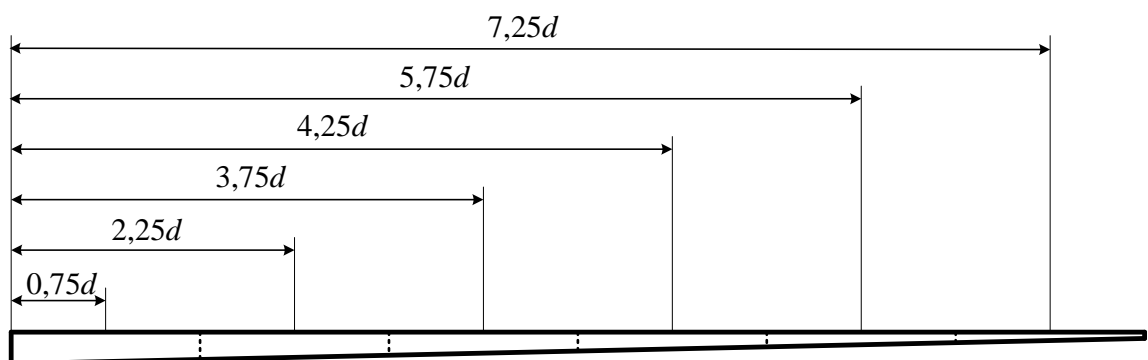


Рисунок 3.9 – Размещение участков входного отверстия для измерения скоростей всасывания

Равномерность всасывания подтвердится при близких расходах воздуха на рассматриваемых отрезках входного отверстия. В торце отсоса при наибольшей площади участка щели скорость должна быть наименьшей по причине удаленности от побудителя тяги. И, наоборот, на отрезке щели, расположенной ближе к вентилятору, скорость всасывания будет максимальной при минимальной площади всасывающего участка.

3.7 Методика исследования факела всасывания протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха

В процессе всасывания подтекание воздуха к входному каналу протяженного отсоса происходит со всех сторон. Этот процесс изображается в виде факела всасывания с отображением распределения одинаковых скоростей движения в виде семейства кривых (рисунок 1.26). Линии, перпендикулярные кривым равных скоростей, указывают направление движения потока воздуха к входному отверстию.

В целях изучения закономерностей формирования всасывающего факела исследуемого протяженного отсоса проведены измерения скоростей движения воздуха на различном расстоянии от входного канала. Анемометр зафиксирован на штативе на требуемой высоте и расстоянии относительно оси входного канала всасывающего устройства. За начало координат принят центр всасывающего отверстия протяженного отсоса. Замеры скорости воздуха выполнялись в фиксированных контрольных точках по горизонтали и вертикали. Схема размещения точек измерения скоростей движения воздуха в вертикальном сечении представлена на рисунке 3.10, на котором величина x – расстояние точки измерения от плоскости всасывания.

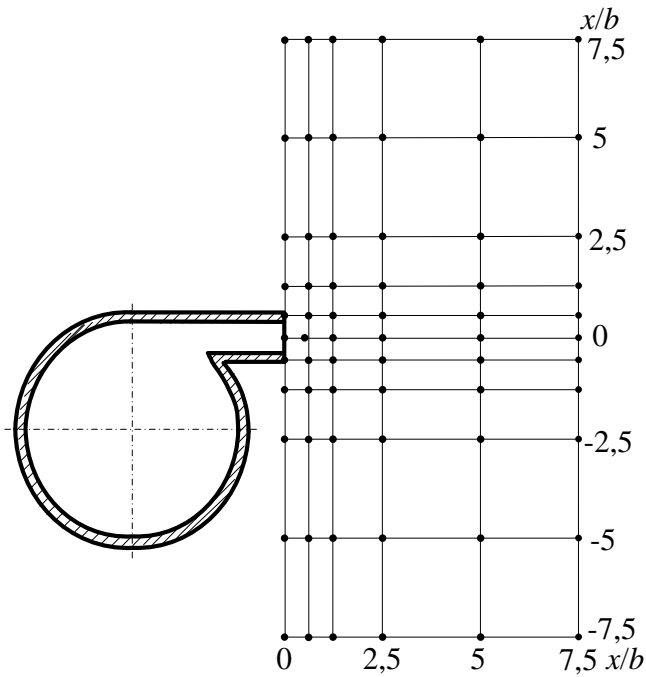


Рисунок 3.10 – Схема размещения точек замеров скоростей движения воздуха вблизи всасывающего отверстия в вертикальном сечении

Поле скоростей всасывания будет получено при соединении плавными кривыми точек с одинаковыми значениями скоростей движения воздуха. Факел всасывания позволяет определить место размещения вытяжного воздуховода для эффективного удаления запыленного воздуха из рабочей зоны. Чем ближе установлен протяженный отсос к источнику пылеобразования, тем эффективнее будет работать отсос, большее количество пыли будет удалено системой аспирации.

3.8 Выводы

Разработанная методика экспериментальных исследований протяженного отсоса цилиндрической формы позволила исследовать характеристики

воздушного потока внутри воздуховодов и снаружи всасывающего устройства при изменениях расхода воздуха в лабораторной установке и оформления входного канала.

Исследованы два способа оформления щелевого отверстия входного канала протяженного отсоса: постоянная ширина щели и суживающаяся щель по направлению к переходному воздуховоду. Подготовленная методика служит опорой для разработки методики расчета системы аспирации с использованием протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с существующими требованиями лабораторных испытаний аспирационных установок, что обеспечило достоверность проведенных опытов.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОТЯЖЕННОГО ОТСОСА С ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМ ВХОДОМ ВОЗДУХА

4.1 Степень закручивания потока воздуха внутри воздуховода

Степень закручивания воздушного потока определена исследованием поля скоростей его движения в пристенном слое воздуховода, как в месте с наиболее возможным отложением пыли. Вращение затихнет в том случае, когда скорость вблизи внутренней стенки воздуховода будет равна средней скорости потока воздуха в переходном воздуховоде за протяженным отсосом.

Исследованы скорости в поперечных сечениях протяженного отсоса и переходного воздуховода, размещенных согласно рисунку 3.5. Средняя скорость за всасывающим устройством $V_{\text{ср}}$ определена по формуле (4.1).

$$V_{\text{ср}} = L / (3600F), \quad (4.1)$$

где L – расход воздуха в системе, м³/ч;

F – площадь поперечного сечения воздуховода на выходе из всасывающего воздуховода, м².

Вращение воздушного потока внутри всасывающего устройства и протяженного воздуховода определено при различной ширине прямоугольной щели и при сужающемся входном канале. На рисунках 4.1–4.2 представлены изменения максимальной пристенной скорости $V_{\text{макс}}$ в поперечных сечениях по длине воздуховодов лабораторной установки и средней скорости в переходном воздуховоде при схожих расходах воздуха в системе аспирации. Штриховой вертикальной линией обозначена граница всасывающего устройства и переходного воздуховода.

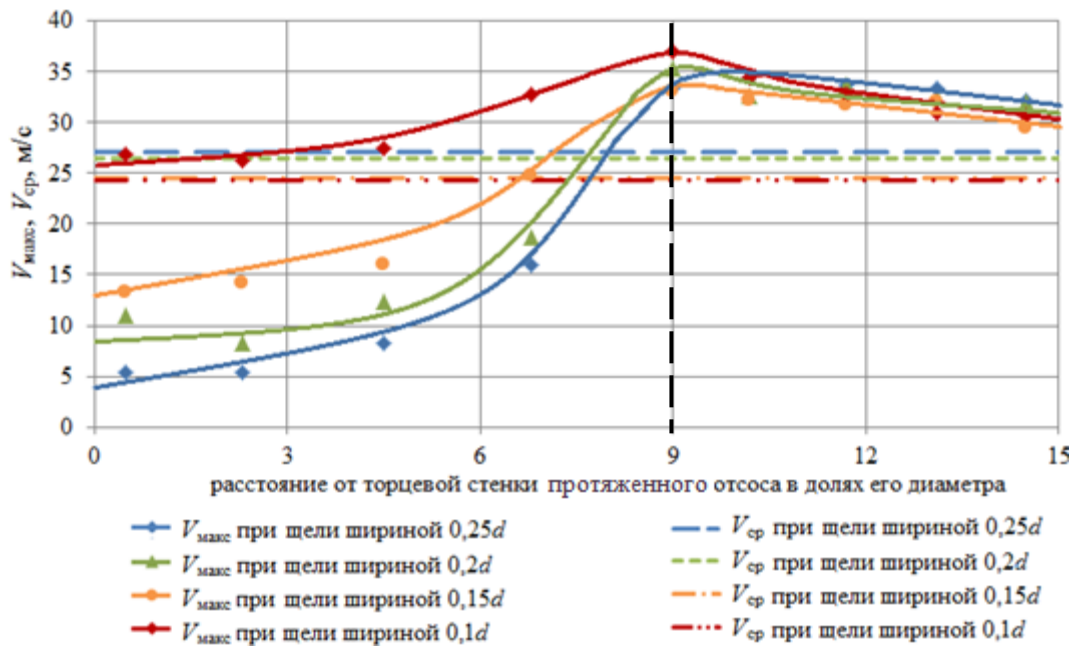


Рисунок 4.1 – Изменение скоростей движения воздуха по длине протяженного отсоса и переходного воздуховода при постоянной ширине щелевого отверстия

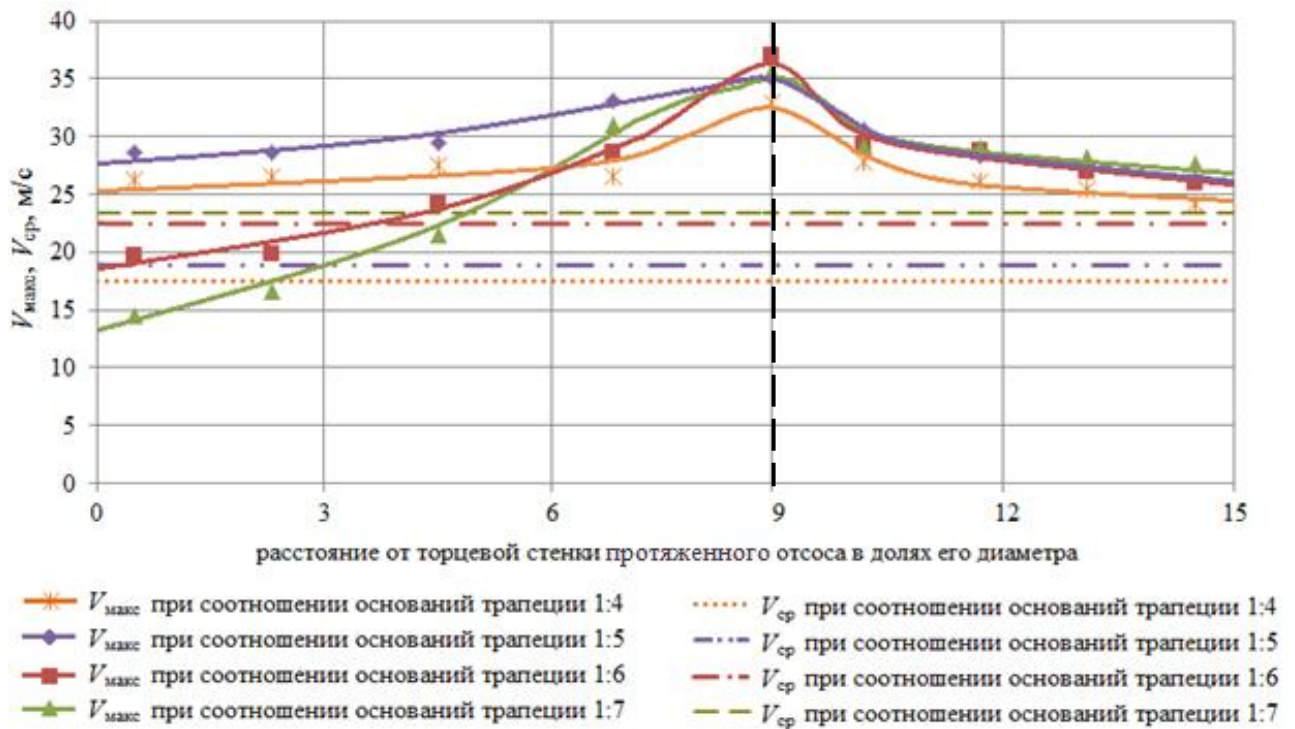


Рисунок 4.2 – Изменение скоростей движения воздуха по длине протяженного отсоса и переходного воздуховода при разных соотношениях оснований прямоугольной трапеции в плане входного канала

Вне зависимости от способа оформления щели наблюдается увеличение максимальной пристенной скорости по всей длине всасывающего устройства. Скорость воздушного потока внутри воздуховодов максимальна на участке протяженного отсоса на расстоянии девяти диаметров от его торцевой стенки при постоянной и суживающейся щели. Средняя скорость потока воздуха за протяженным отсосом значительно ниже максимальной скорости вдоль внутренней стенки переходного воздуховода, что свидетельствует о сформированном устойчиво вращающемся потоке. Наибольшее соотношение максимальной пристенной скорости в поперечном сечении переходного воздуховода перед входом в камеру статического давления $V_{\text{макс}15}$ (на расстоянии 15 диаметров от торца отсоса) к $V_{\text{ср}}$ за отсосом наблюдается при постоянной ширине щели $0,1d$ и при суживающемся канале при соотношении поперечных сторон 1:4 и 1:5. Максимальные пристенные скорости воздушного потока в рассматриваемых случаях превышают среднюю скорость от торца отсоса. Соотношение максимальной пристенной скорости воздушного потока на границе протяженного отсоса и переходного воздуховода $V_{\text{макс}9}$ (на расстоянии 9 диаметров от торца отсоса) и максимальной пристенной скорости воздушного потока у торца отсоса $V_{\text{макс}0}$ характеризует быстроту роста скорости воздушного потока во всасывающем устройстве на протяжении его длины. При щелевом отверстии шириной $0,25d$ этот показатель максимален и равен 8,15. Наиболее плавное распределение скорости получено для суживающегося входного канала, представляющего собой прямоугольную трапецию с соотношением оснований 1:5, и постоянной щели размером $0,1d$. Согласно экспериментальным данным существенное снижение скорости в пристенном слое наблюдается на расстоянии 10 диаметров от торца отсоса. На последующих участках затухание скорости потока медленно снижается, что позволяет сохраниться закрутке в переходном воздуховоде на расстоянии, равном 10 диаметрам от центра всасывающей щели протяженного отсоса.

Сводный анализ графиков на рисунках 4.1–4.2 приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сравнение распределения скоростей при постоянной и суживающейся щели отсоса с тангенциальным входом воздуха

Вид щели	Ширина щели	$V_{\max} > V_{\text{ср}}$	$V_{\max 9} / V_{\max 0}$	$V_{\max 9} / V_{\text{ср}}$	$V_{\max 15} / V_{\text{ср}}$
Постоянная ширина щели	0,1 <i>d</i>	с торца отсоса	1,44	1,52	1,23
	0,15 <i>d</i>	6,5 <i>d</i>	2,52	1,35	1,19
	0,2 <i>d</i>	7,6 <i>d</i>	4,00	1,32	1,13
	0,25 <i>d</i>	7,9 <i>d</i>	8,15	1,22	1,18
Суживающаяся щель	при соотношении оснований трапеции 1:4	с торца отсоса	1,30	1,86	1,39
	при соотношении оснований трапеции 1:5	с торца отсоса	1,27	1,85	1,37
	при соотношении оснований трапеции 1:6	3,5 <i>d</i>	1,95	1,62	1,15
	при соотношении оснований трапеции 1:7	4,9 <i>d</i>	2,55	1,50	1,14

При движении запыленного воздуха в протяженном отсосе с тангенциальным входом в систему экспериментально доказано возникновение закручивания воздушного потока. За счет его формирования наиболее крупные фракции пыли будут двигаться вдоль стенок воздуховода. Это дает возможность использовать протяженные отсосы для удаления грубых фракций пыли, содержащихся в загрязненном воздухе, организуя удаление воздуха, движущегося вблизи стенок воздуховода.

4.2 Определение характера распределения скоростей воздуха в протяженном отсосе, предотвращающих осаждение пыли на стенках отсоса

Для обеспечения устойчивой работы аспирационной системы необходимо минимизировать накопление пыли на внутренних стенках воздухопроводов.

Создание закрученного потока воздуха при тангенциальном оформлении входа в систему аспирации позволит предотвратить скапливание пыли внутри устройства. Для подтверждения эффективности работы протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха исследовано распределение скорости на дне всасывающего устройства и переходного воздуховода. На рисунках 4.3–4.4 представлено распределение скорости в пристенном слое вдоль нижней внутренней стенки воздуховода $V_{пр}$ по длине протяженного отсоса и переходного воздуховода.

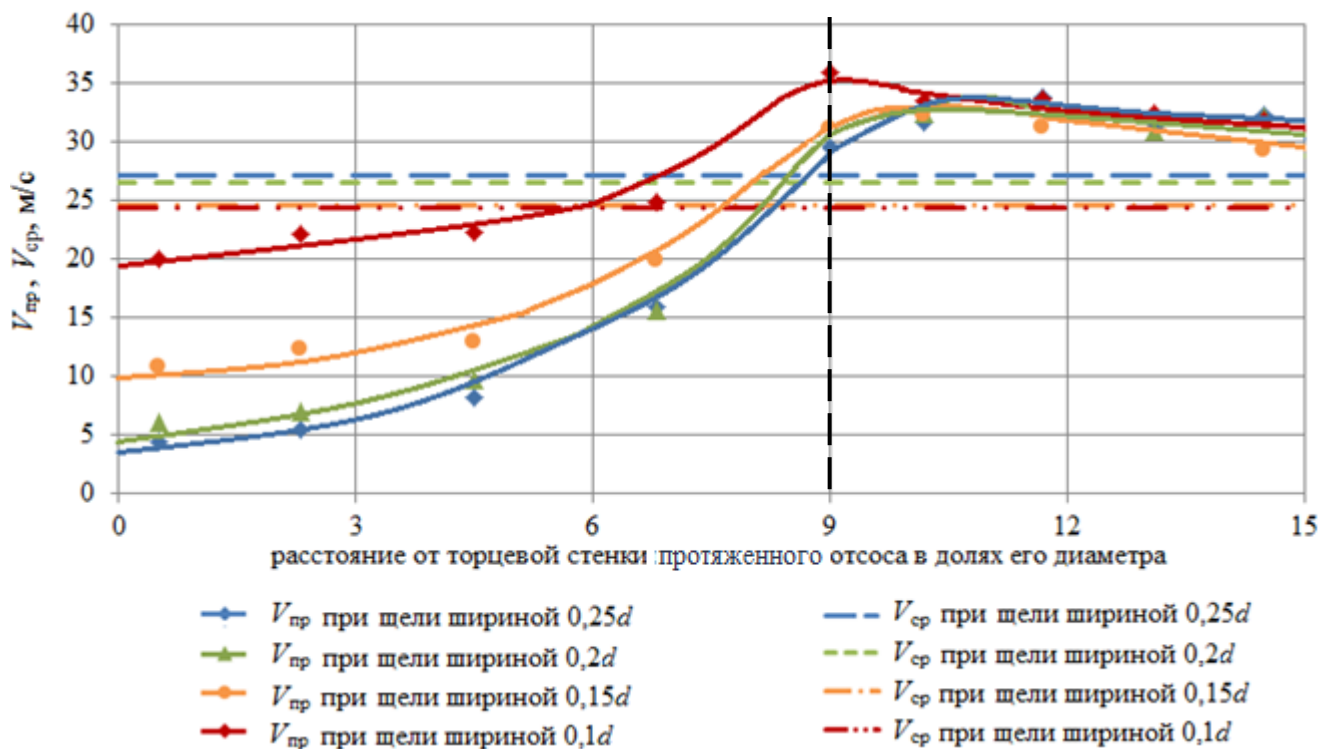


Рисунок 4.3 – Изменение пристенных скоростей движения воздуха на дне протяженного отсоса и переходного воздуховода при постоянной ширине щелевого отверстия

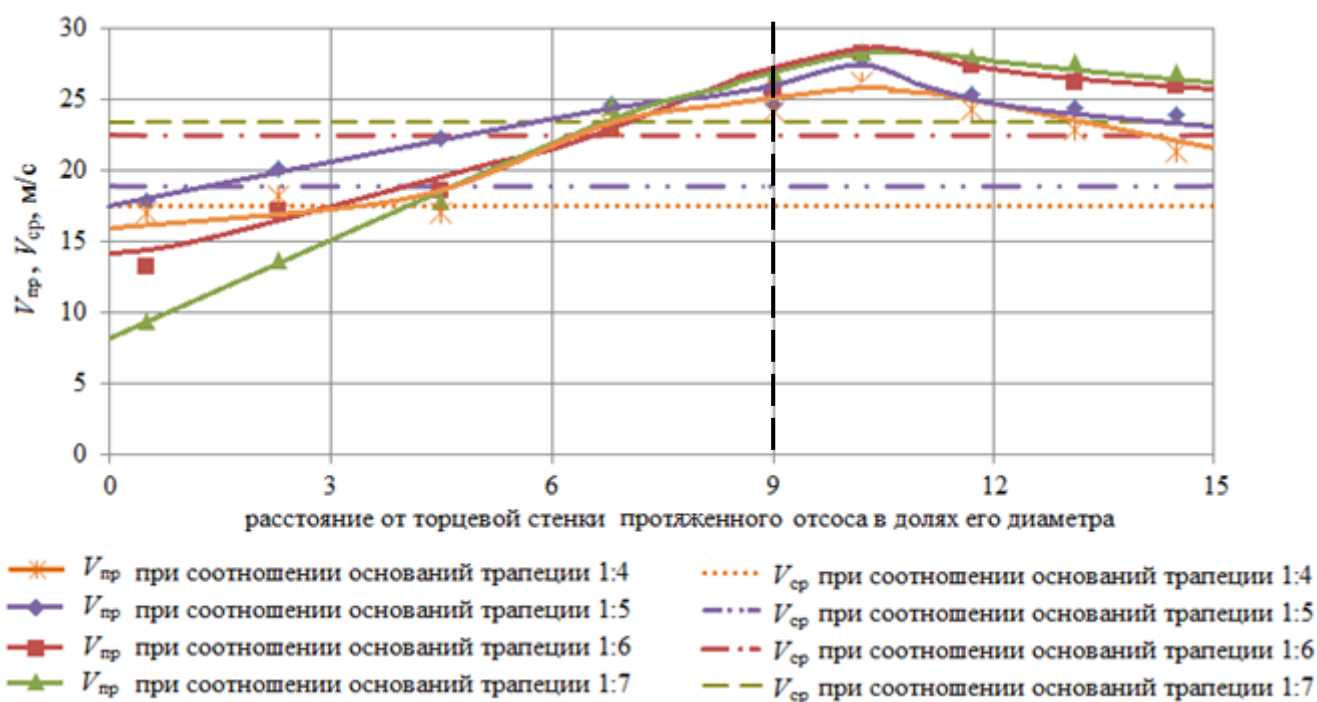


Рисунок 4.4 – Изменение скоростей движения воздуха на дне протяженного отсоса и переходного воздуховода при разных соотношениях оснований прямоугольной трапеции в плане входного канала

Сводный анализ графиков на рисунках 4.3–4.4 приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Сравнение распределения пристенных скоростей в нижней части протяженного отсоса и переходного воздуховода при постоянной и суживающейся щели отсоса с тангенциальным входом воздуха

Вид щели	Ширина щели	$V_{пр} > V_{ср}$	$V_{пр9}/V_{пр0}$	$V_{пр9}/V_{ср}$	$V_{пр15}/V_{ср}$
Постоянная ширина щели	$0,1d$	$5,9d$	1,81	1,44	1,29
	$0,15d$	$7,74d$	3,13	1,27	1,19
	$0,2d$	$8,42d$	7,00	1,20	1,20
	$0,25d$	$7,76d$	8,14	1,07	1,18
Суживающаяся щель	при соотношении оснований трапеции 1:4	$6,83d$	1,55	1,43	1,25
	при соотношении оснований трапеции 1:5	$1,29d$	1,46	1,36	1,26
	при соотношении оснований трапеции 1:6	$6,52d$	1,83	1,21	1,14
	при соотношении оснований трапеции 1:7	$4,03d$	3,26	1,16	1,11

Пик пристенной скорости воздушного потока вдоль нижней внутренней стенки воздуховода наблюдался при постоянной ширине отверстия на расстоянии 9 диаметров, а при суживающейся щели – на расстоянии 10 диаметров от торцевой стенки отсоса. Воздушный поток, находясь еще в протяженном отсосе, приобретает скорость вдоль нижней внутренней стенки, превышающую среднюю скорость за отсосом при суживающейся и постоянной щели. При формировании закрученного потока пристенная скорость воздуха на дне воздуховода преобладает над средней скоростью для обоих вариантов оформления входа во всасывающее устройство. Наблюдается увеличение пристенной скорости вдоль нижней внутренней стенки протяженного отсоса по всей его длине при постоянной и суживающейся щели. Соотношение $V_{пр9}/V_{пр0}$ максимально при постоянной ширине щели размером $0,25d$ ($V_{пр9}/V_{пр0}=8,14$), что характеризует быстроту роста скорости воздушного потока вдоль нижней внутренней стенки воздуховода во всасывающем устройстве на протяжении его длины. Наибольшее соотношение между $V_{пр15}$ и $V_{ср}$ в конце переходного воздуховода наблюдается при суживающейся щели с соотношением оснований трапеции 1:5 и при постоянной форме щели $0,1d$, что свидетельствует о возможном долговременном сохранении вращения потока воздуха и более длительном транспортировании пыли до пылеосадительного устройства. Наиболее плавное снижение $V_{пр}$ наблюдается при суживающейся щели с соотношением оснований трапеции 1:5: на протяжении шести диаметров от начала переходного воздуховода в сторону вентилятора эта скорость уменьшилась всего на 8 % относительно $V_{пр9}$.

Согласно [27] при движении воздуха по воздуховоду круглого сечения вне зависимости от режима течения (ламинарного или турбулентного) распределение скоростей внутри трубы следующее. В непосредственной близости к внутренним стенкам воздуховода скорость движения частиц воздуха будет практически равна нулю. Она будет увеличиваться по мере удаления от поверхности воздуховода и достигнет своего максимума на оси воздуховода. При создании закрученного потока воздуха в экспериментальной установке распределение скоростей

изменилось. В таблице 4.3 приведены значения осевой V_{oc} , средней и пристенной скорости на дне воздуховода при суживающейся форме щелевого отверстия.

Таблица 4.3 – Осевая, средняя и пристенная скорости за протяженным отсосом при суживающейся щели

Соотношение оснований сторон	1:4	1:5	1:6	1:7
Типы скоростей, м/с				
V_{oc}	6,7	6,5	6,2	4,8
V_{cp}	7,8	7,8	7,8	7,8
V_{np}	12,5	12,3	11,8	8,7

Так как наилучшие показатели распределения скоростей имеет протяженный отсос с суживающимся щелевым входным каналом, отверстие которого в плане представляет собой прямоугольную трапецию с соотношением оснований 1:5, далее проведены исследования на длительность сохранения вращения воздушного потока при разных расходах воздуха в системе при увеличении длины переходного воздуховода в три раза. На рисунке 4.5 представлено распределение пристенной, осевой и средней скоростей по длине всасывающего устройства и переходного воздуховода.

При увеличении расхода воздуха в лабораторной установке сохраняется плавное распределение скорости на дне протяженного отсоса с отсутствием перегибов и резких скачков. В рассматриваемых экспериментах максимальное значение пристенная скорость обретает за всасывающим устройством на расстоянии 10–11 диаметров от торца отсоса, затем скорость медленно снижается, сохраняя значительный запас над осевой и средней скоростями (V_{np} превышает V_{oc} и V_{cp} в 2–3 раза). Созданный закрученный поток воздуха сохраняет свое вращательное движение на расстоянии 20 диаметров от середины всасывающего отверстия протяженного отсоса. Это означает возможность установки пылеуловителя на значительном удалении от зоны всасывания. Помимо того преобладание пристенной скорости на дне переходного воздуховода над средней скоростью за отсосом на большом расстоянии от его торцевой стенки

свидетельствует об эффективном вращении воздушного потока внутри системы аспирации для борьбы с возможными пылевыми отложениями на внутренних стенках воздуховодов.

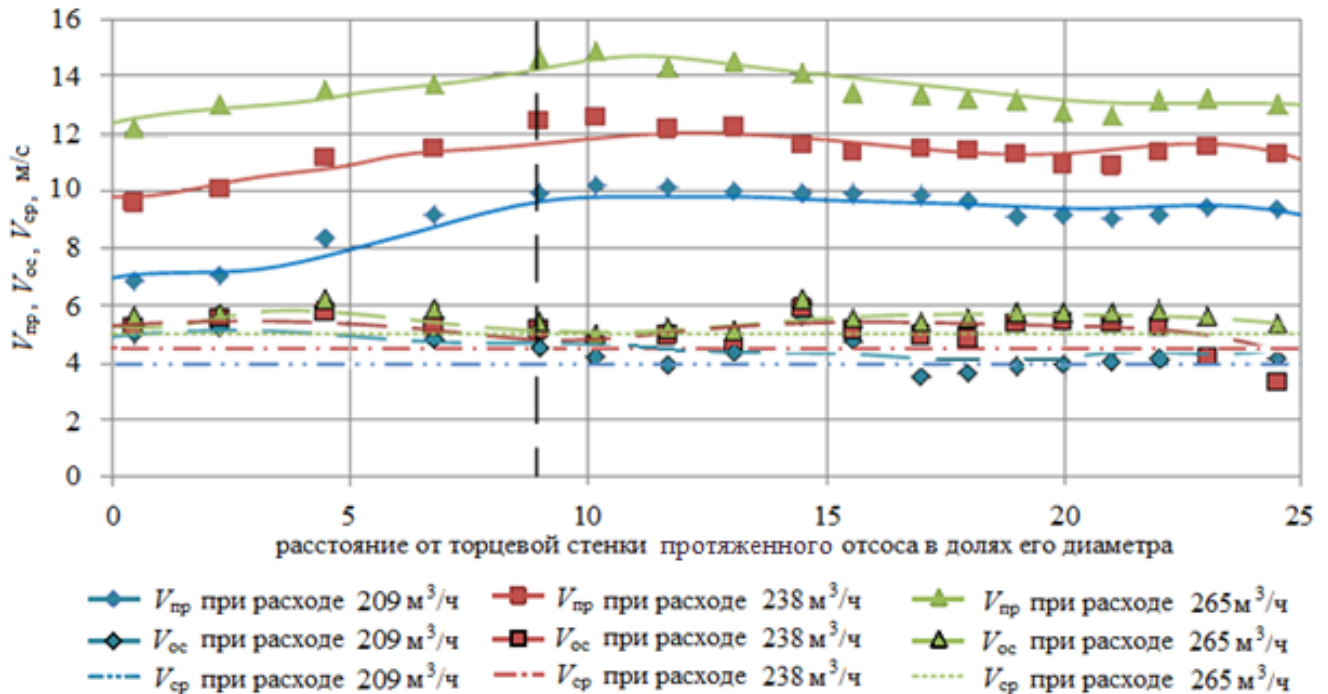


Рисунок 4.5 – Изменение скоростей движения воздуха по длине протяженного отсоса и переходного воздуховода при соотношении оснований сторон прямоугольной трапеции 1:5 в плане входного канала

Экспериментально доказано, что осевая и средняя скорости значительно ниже скорости в пристенном слое на дне воздуховодов. Поэтому создание вращения потока воздуха не увеличит сопротивления всей системы аспирации. Для аспирационных систем требуемая скорость движения воздуха по горизонтальным воздуховодам согласно [25] в зависимости от вида транспортируемого материала варьируется от 12 до 23 м/с. В случае проектирования системы вытяжной вентиляции для удаления запыленного воздуха (аспирации) с использованием протяженных отсосов с тангенциальным входом воздуха требуемая средняя скорость движения воздуха в воздуховодах может быть принята меньше на 40%, чем того требуют справочные материалы.

При этом величина скорости вдоль внутренней стенки воздуховода будет достаточной для транспортирования частиц пыли.

4.3 Определение равномерности всасывания воздуха по длине протяженного отсоса

Согласно [121] равномерное всасывание воздуха можно осуществить изменением ширины щели по длине воздуховода. Суживающаяся форма щели позволяет выполнить указанное условие. Исследованы разные соотношения оснований прямоугольной трапеции в плане входного канала: 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8. На рисунке 4.6 приведено распределение скоростей на дне всасывающего устройства и по его оси на всем протяжении всасывающей щели при близких расходах воздуха 209–247 м³/ч [102].

Для каждого типа щели наблюдается превышение пристенной скорости на дне отсоса над осевой скоростью. Это наблюдение подтверждает существование закрученного потока воздуха внутри системы. Наличие перегибов пристенных скоростей на рисунке 4.6 свидетельствует о неравномерности всасывания воздуха в щелевое отверстие. Линейное распределение скорости в пристенном слое по участкам протяженного отсоса наблюдается при щелевом отверстии с соотношением сторон оснований трапеции 1:5 и определяется следующим выражением (4.2) с достоверностью аппроксимации 0,95:

$$V_{пр} = 0,3s/d + 8,98, \quad (4.2)$$

где s – расстояние от торца отсоса до рассматриваемого поперечного сечения всасывающего устройства, м.

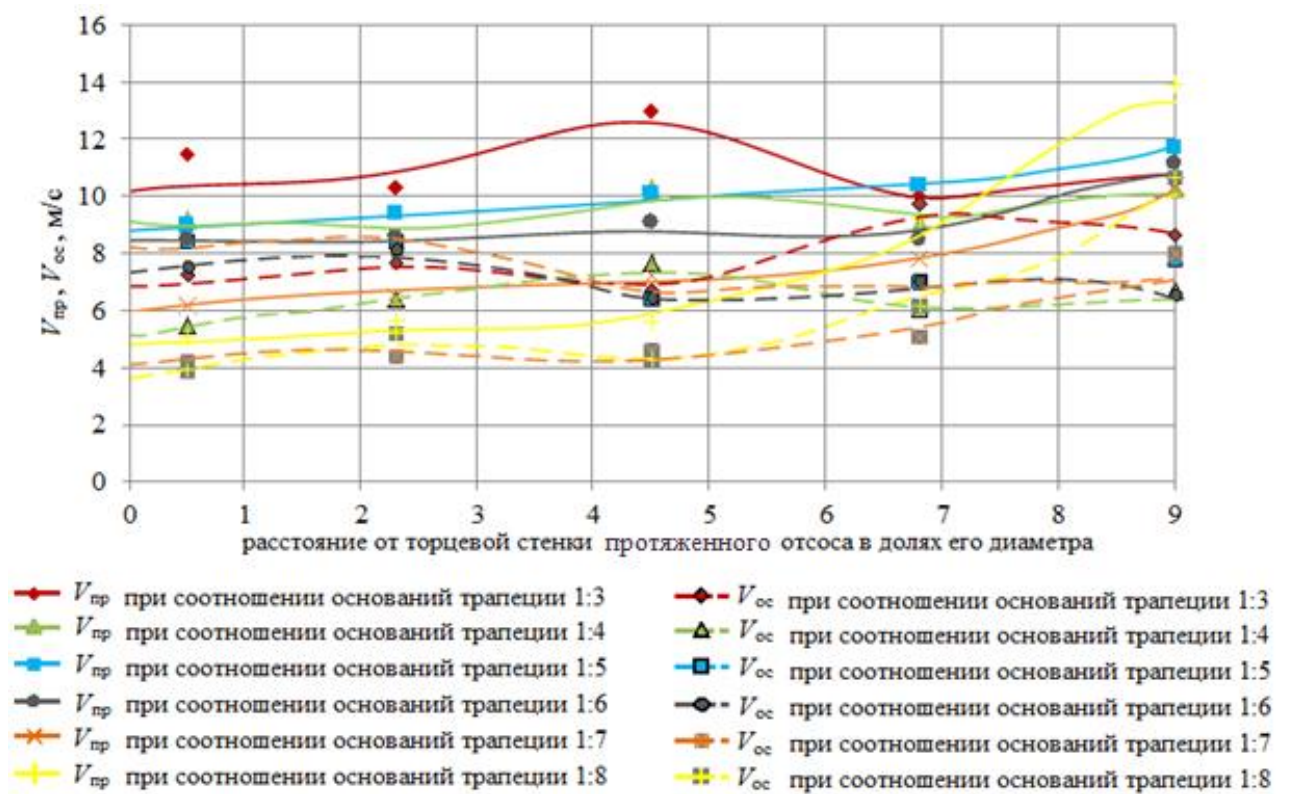


Рисунок 4.6 – Изменение скоростей движения воздуха по длине протяженного отсоса при разных соотношениях оснований прямоугольной трапеции в плане входного канала

Изменение распределения скорости в пристенном слое и по оси протяженного отсоса при соотношении сторон оснований трапеции 1:5 исследовано при различных расходах воздуха в лабораторной установке и графически изображено на рисунке 4.7.

Согласно рисунку 4.7 равномерное распределение скорости в пристенном слое с незначительным ее увеличением по направлению движения сохраняется при изменении расхода воздуха в системе. Также наблюдается линейная зависимость скорости $V_{пр}$ от соотношения s/d . Уравнение линейного распределения для расхода воздуха $194 \text{ м}^3/\text{ч}$ приведено в формуле (4.3) с достоверностью аппроксимации 0,97, для расхода $220 \text{ м}^3/\text{ч}$ – в формуле (4.2), для расхода $239 \text{ м}^3/\text{ч}$ – в формуле (4.4) с достоверностью аппроксимации 0,98. Таким образом, доказана линейная зависимость пристенной скорости на дне протяженного отсоса от расстояния от его торцевой стенки в долях диаметра.

$$V_{пр} = 0,31s/d + 9,52, \quad (4.3)$$

$$V_{пр} = 0,22s/d + 8,08, \quad (4.4)$$

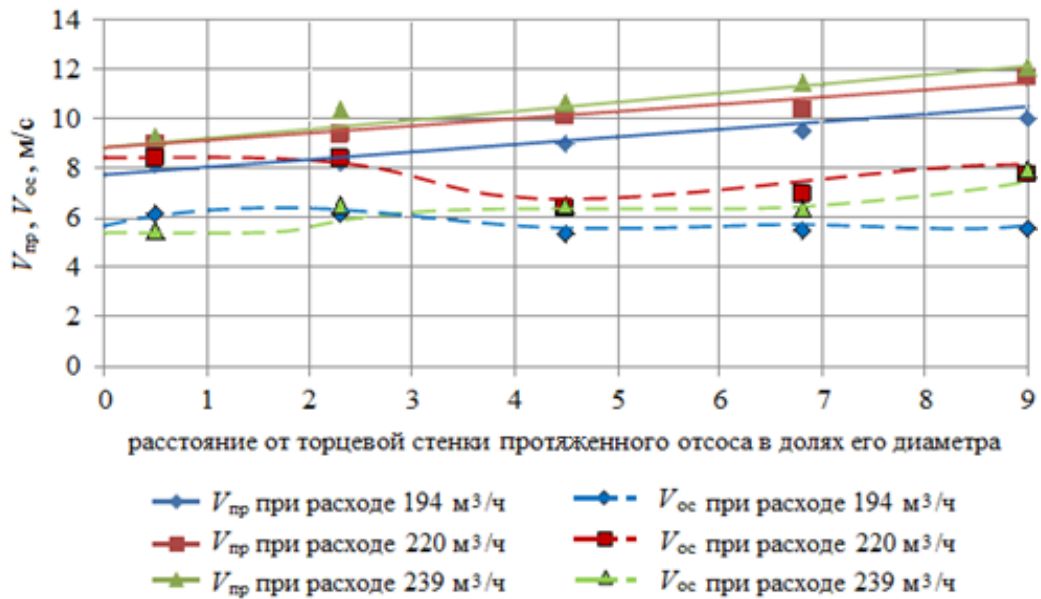


Рисунок 4.7 – Изменение скоростей движения воздуха по длине протяженного отсоса при соотношении оснований сторон прямоугольной трапеции 1:5 в плане входного канала

Для наиболее удачного варианта исполнения суживающейся щели входного канала проведено исследование скоростей всасывания на участках входного отверстия через равные промежутки. Расход воздуха $L_{уч}$ на каждом из рассматриваемых участках входного канала определен по формуле (3.16). На рисунке 4.8 представлена линейная зависимость расхода воздуха на участках всасывания по длине суживающегося щелевого отверстия при соотношении оснований сторон прямоугольной трапеции 1:5 в плане входного канала.

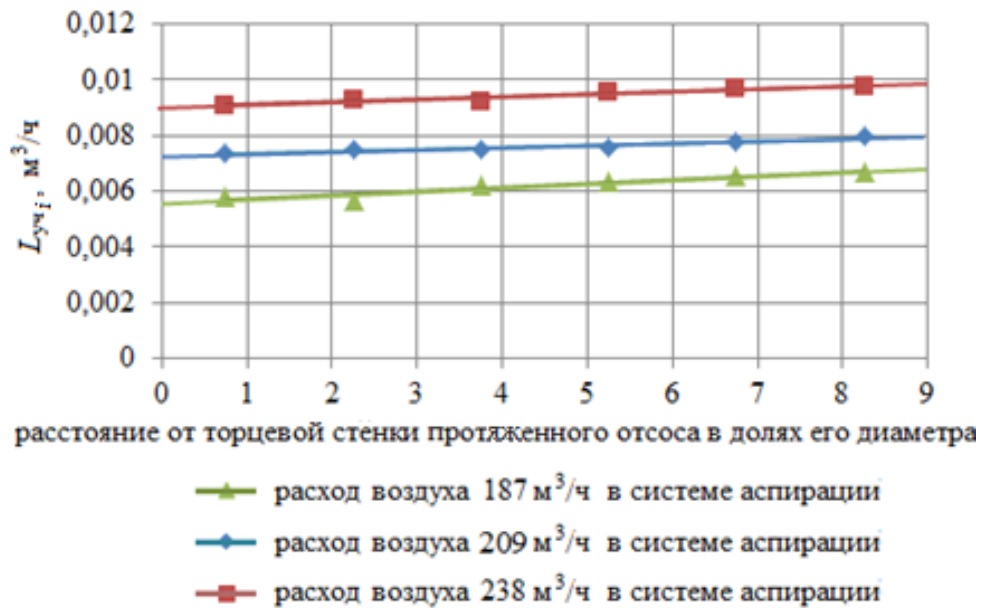


Рисунок 4.8 – Изменение расхода воздуха на участках всасывания по длине щелевого отверстия при соотношении оснований сторон прямоугольной трапеции 1:5 в плане входного канала

На рисунке 4.8 при изменении расхода воздуха в лабораторной установке расход воздуха на участках всасывания остается практически постоянным с незначительным его увеличением (до 10%) по направлению движения. Возле торцевой стенки протяженного отсоса наблюдаются наименьшие скорости всасывания по причине удаленности участка от вентилятора. Но при этом участок всасывания имеет наибольшую площадь, поэтому расход воздуха на участке соизмерим с расходами воздуха на участках, расположенных ближе к побудителю тяги и имеющих меньшие площади всасывания. Наблюдается линейная зависимость расхода воздуха на участке всасывания и длины рассматриваемого участка по длине щелевого отверстия в долях диаметра отсоса. Уравнение линейного распределения для расхода воздуха 187 м³/ч приведено в формуле (4.5) с достоверностью аппроксимации 0,92, для расхода 209 м³/ч – в формуле (4.6) с достоверностью аппроксимации 0,91, для расхода 238 м³/ч – в формуле (4.7) с достоверностью аппроксимации 0,91.

$$L_{yчi} = 0,0001 s/d + 0,0056 \quad (4.5)$$

$$L_{yчi} = 0,00001 s/d + 0,0073 \quad (4.6)$$

$$L_{yчi} = 0,00001 s/d+0,009 \quad (4.7)$$

Равномерность распределения скоростей по длине протяженного отсоса определяет качество всасывания загрязненного воздуха в аспирационную систему. Протяженные источники пыления характеризуются различной интенсивностью пылевыведения на всем участке. Поэтому для эффективной локализации выбросов пыли необходимо обеспечить удаление запыленного воздуха одновременно по всей длине источника. Изученная модификация формы щелевого отверстия всасывающего устройства позволит выполнить предъявленное требование для локализации пылевого загрязнения на погрузо-разгрузочном пункте. Оптимальные размеры сужающегося щелевого отверстия имеют место при соотношении оснований сторон прямоугольной трапеции 1:5 в плане входного канала.

Достигнутые положительные результаты проведения экспериментальных исследований протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха и суживающимся щелевым отверстием позволили отправить заявку на получение патента на изобретение «Всасывающее устройство» (приложение А).

4.4 Факел всасывания протяженного отсоса

Для определения факела всасывания проведено исследование поля скоростей у всасывающей щели. В процессе всасывания подтекание воздуха к входному каналу происходит со всех сторон. На рисунках 4.9 представлено поле скоростей всасывания в вертикальном сечении протяженного отсоса соответственно.

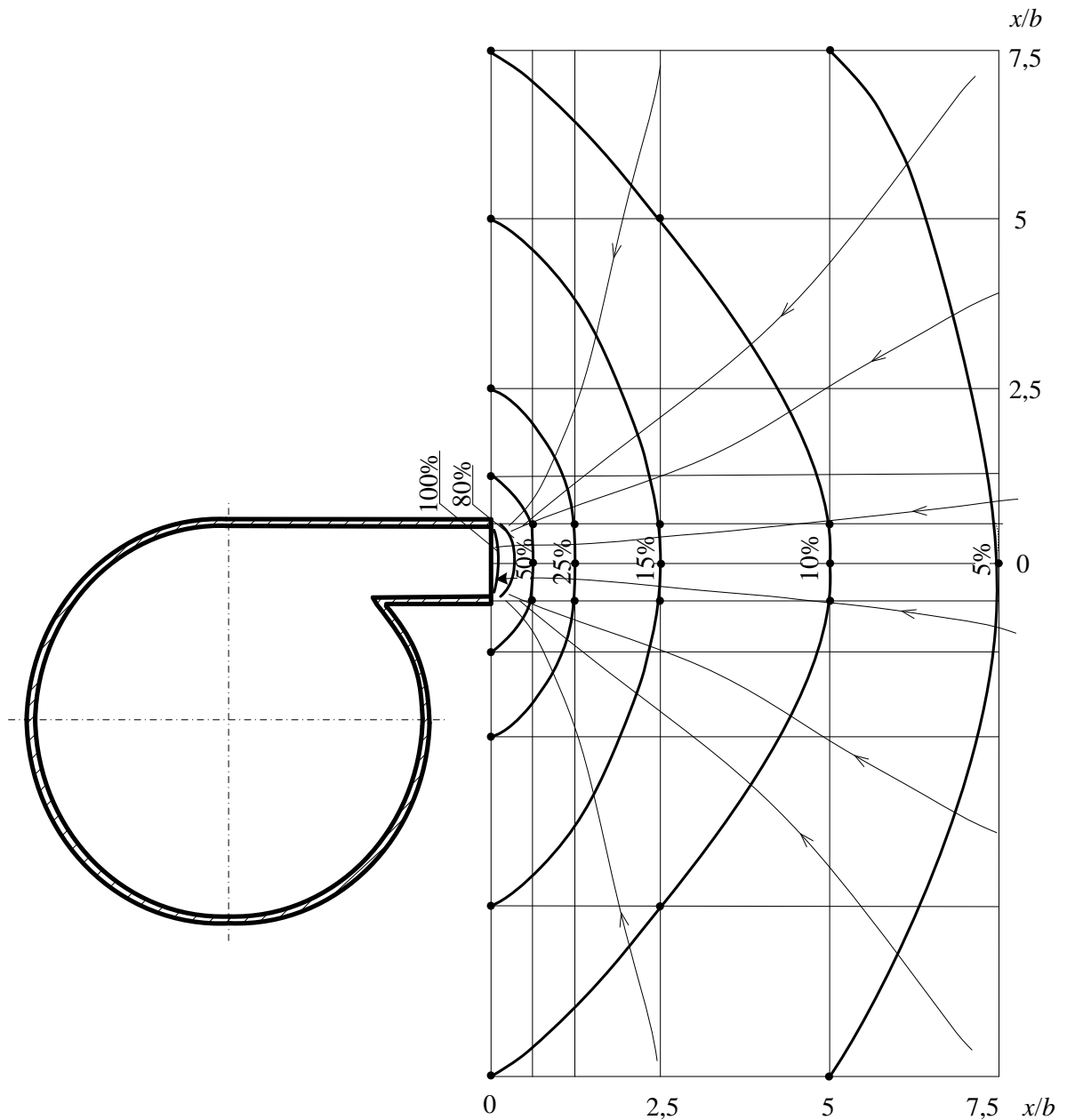


Рисунок 4.9 – Спектр скоростей у протяженного отсоса в вертикальном сечении

Одинаковые скорости всасывания объединены в виде семейства кривых. Направление движения потока воздуха к входному отверстию перпендикулярны кривым равных скоростей. На расстоянии $7,5x/b$ от центра всасывающего отверстия при скорости всасывания воздуха во входное отверстие, равной $0,15$ м/с, сохраняется возможность улавливания частиц пыли. В связи с тем, что скорости всасывания быстро уменьшаются (на расстоянии $5x/b$ скорость

всасывания равна 10% скорости всасывания в центре всасывающего отверстия), протяженный отсос следует максимально приближать к источнику пыления.

4.5 Определение коэффициента местного сопротивления отсоса

Дальнейшие исследования по методу многофакторного анализа [136] проведены на основе уравнения, представленного в виде формулы (3.14). Данный способ изучения дает более или менее полное представление о характере исследуемого сопротивления отсоса. При попадании воздуха во всасывающий продольный канал отсоса возникают потери давления, которые следует учитывать при расчете аспирационной системы.

Метод многофакторного анализа подразумевает последовательное изучение влияния факторов, указанных в качестве переменных в функциях. После определения зависимости коэффициента местного сопротивления отсоса от первой составляющей (критерия Рейнольдса) исследуется отношение ($\zeta_{\text{вх}}/Re$) в зависимости от следующего множителя и так далее.

4.5.1 Определение влияния сил инерции и вязкости на сопротивление местного отсоса

Обработка полученных экспериментальных данных упрощается, если выполняется условие автомодельности газодинамических процессов. Данное

понятие тесно связано с критерием Рейнольдса Re (формула (4.8)):

$$Re = \frac{V_{\text{ср}} d}{\nu}, \quad (4.8)$$

где $V_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения потока воздуха в поперечном сечении воздуховода непосредственно за протяженным отсосом, м/с;

ν – кинематический коэффициент вязкости среды, м²/с (равен при условиях проведения эксперимента $15,3 \cdot 10^{-6}$ м²/с);

d – определяющий размер, в эксперименте принят равным диаметру протяженного отсоса.

Для определения средней скорости движения потока за отсосом использована формула (4.1).

Значение расхода воздуха в лабораторной установке L получено из формулы (4.9) при средней скорости в коллекторе $V_{\text{ср.к.}}$ (рисунок 3.2), в котором в период эксперимента определялось динамическое давление.

$$L = 3600 F_{\text{к}} V_{\text{ср.к.}}, \quad (4.9)$$

где $F_{\text{к}}$ – площадь поперечного сечения патрубка коллектора, м².

Величина средней скорости в коллекторе определена следующим образом (формула 4.10):

$$V_{\text{ср.к.}} = \sqrt{\frac{2p_{\text{дин}}}{\zeta_{\text{к}} \rho}}, \quad (4.10)$$

где $p_{\text{дин}}$ – динамическое давление в коллекторе, Па;

$\zeta_{\text{к}}$ – коэффициент местного сопротивления коллектора;

ρ – плотность воздуха, кг/м³.

Входная часть коллектора выполнена по форме лемнискаты, что минимизирует потери местного сопротивления. Значение $\zeta_{\text{к}}$ согласно справочным материалам равно 0,97 [42].

При $Re > 7000$ в течении воздуха доминируют силы инерции, влияние сил вязкости теряется [39]. Такое течение является автомодельным, т.е. использование критерия Рейнольдса становится формальным.

По результатам эксперимента зависимость коэффициента местного сопротивления всасывающего устройства $\zeta_{\text{вх}}$ от значений Re представлена на рисунке 4.10.

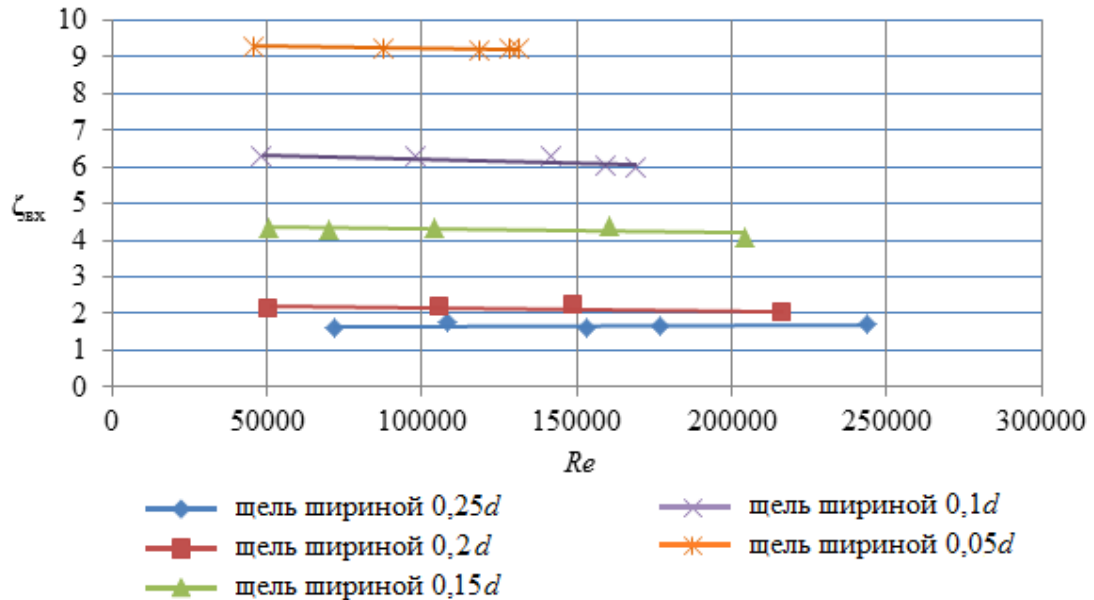


Рисунок 4.10 – График зависимости $\zeta_{\text{вх}} = f_1(Re)$ при различных высотах входного щелевого отверстия

Как следует из графика, условие автомодельности процесса для рассматриваемой модели отсоса выполнено. С увеличением средней скорости движения потока в аспирационной системе значения показателя $\zeta_{\text{вх}}$ остаются постоянными.

Исходя из полученных результатов, наилучшие показатели получены при высоте щели $0,05d$. В этом случае уравнение линейной зависимости рассматриваемых переменных (4.11) с достоверностью аппроксимации 0,80 выглядит следующим образом:

$$\zeta_{\text{вх}} = -10^{-6}Re + 9,34. \quad (4.11)$$

4.5.2 Определение зависимости отношения ширины входного отверстия к диаметру воздуховода на сопротивление местного отсоса

С учетом полученной зависимости (формула (4.11)) с использованием метода многофакторного анализа исследовано следующее соотношение (формула 4.12):

$$\frac{\zeta_{\text{вх}}}{f_1(Re)} = f_2\left(\frac{b}{d}\right), \quad (4.12)$$

где b – ширина всасывающей щели протяженного отсоса, м.

Зависимость (4.12) принимает экспоненциальное распределение (рисунок 4.11) с достоверностью аппроксимации 0,98 при постоянной ширине входной щели, определяемое формулой (4.13). При увеличении ширины щелевого отверстия коэффициент местного сопротивления отсоса уменьшается.

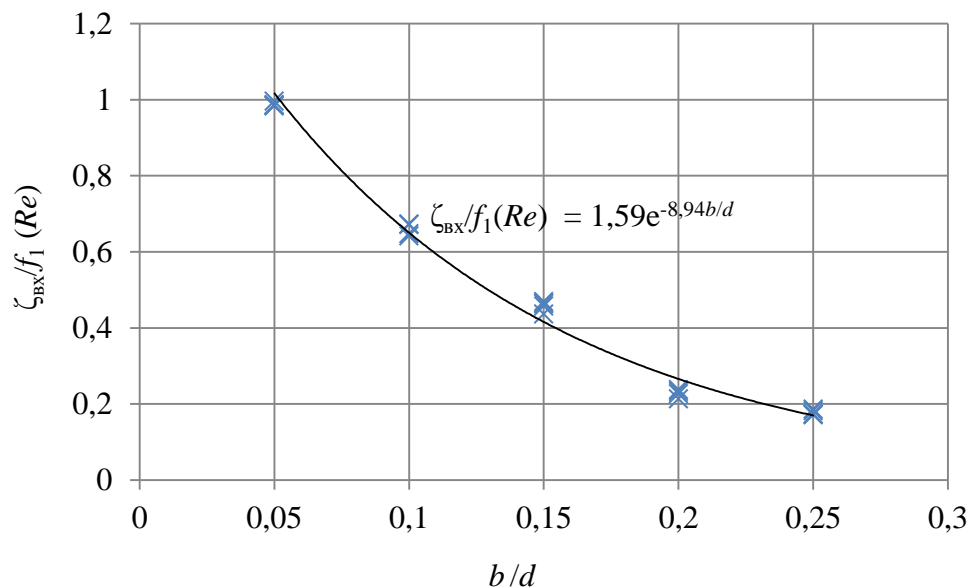


Рисунок 4.11– График зависимости $\zeta_{\text{вх}}/f_1(Re) = f_2(b/d)$ при постоянной ширине щели

$$\frac{\zeta_{\text{вх}}}{-10^{-6} Re + 9,34} = 1,59e^{-8,94b/d}. \quad (4.13)$$

Выражение (4.12) также изучено для суживающейся формы щелевого отверстия, которое в плане имеет форму прямоугольной трапеции. Зависимость также носит экспоненциальный характер с достоверностью аппроксимации 0,97 (рисунок 4.12).

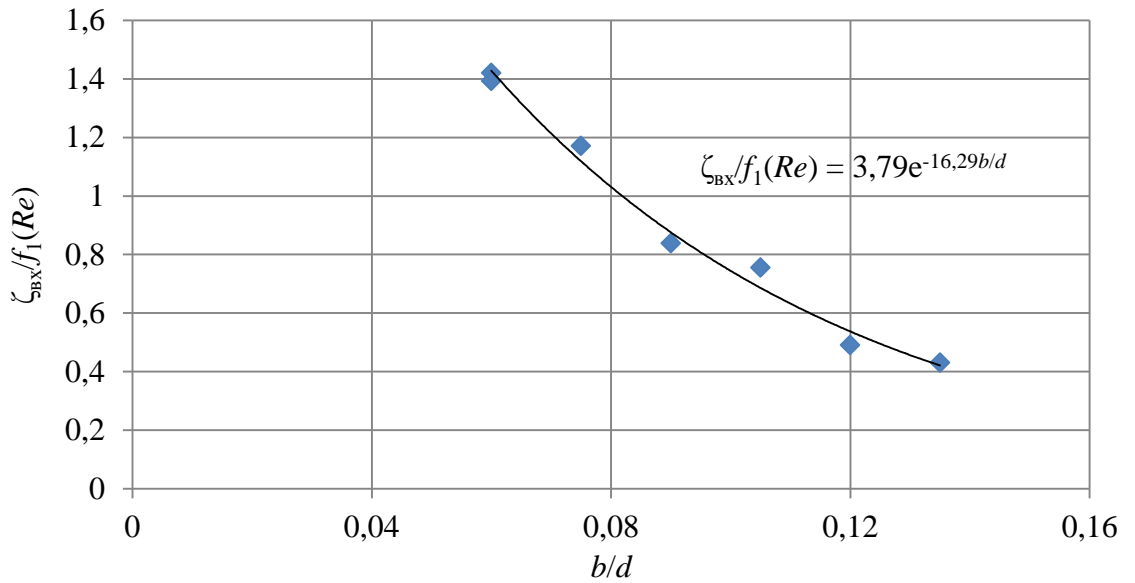


Рисунок 4.12 – График зависимости $\zeta_{\text{вх}}/f_1(Re) = f_2(b/d)$ при суживающейся щели

В качестве основного уравнения зависимости коэффициента местного сопротивления всасывающего устройства от отношения ширины входного отверстия к диаметру воздуховода принято выражение (4.13) по причине большей вероятности соответствия результатов экспериментов с экспоненциальной зависимостью исследуемых параметров. Дальнейший анализ зависимых переменных в формуле (3.14) подразумевает анализ отношения площадей всасывающего отверстия с поперечным сечением переходного воздуховода.

4.5.3 Зависимость соотношения площадей входной щели и поперечного сечения переходного воздуховода на сопротивление местного отсоса

Дальнейшее изучение коэффициента местного сопротивления протяженного отсоса проведено с учетом полученной зависимости (4.13), которое для последующих экспериментов принимает вид (формула (4.14)):

$$\frac{\zeta_{\text{вх}}}{f_1(Re)f_2(b/d)} = f_3(F_{\text{вх}} / F_0), \quad (4.14)$$

где $F_{\text{вх}}$ – площадь входного отверстия в протяженный отсос, м²;

F_0 – площадь поперечного сечения переходного воздуховода на выходе из протяженного отсоса, м²;

В данной серии опытов варьировалась ширина входной щели и способ ее оформления. Исследованы различные размеры щелевого отверстия при постоянной ширине щели на всем протяжении всасывающего устройства, а также при суживающейся формы щелевого отверстия, которое в плане имеет форму прямоугольной трапеции. Наилучший результат получен при изменении параметров суживающейся щели. Зависимость соотношения площадей входной щели и поперечного сечения воздуховода на сопротивление местного отсоса носит экспоненциальный характер (рисунок 4.13) с достоверностью аппроксимации 0,93.

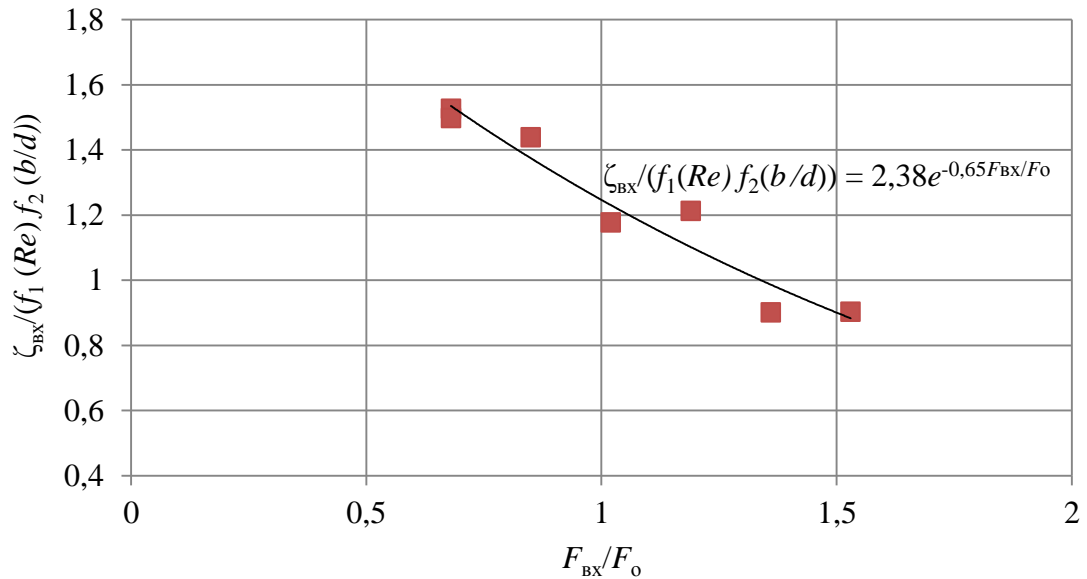


Рисунок 4.13 – График зависимости $\zeta_{вх}/(f_1(Re) f_2(b/d)) = f_3 (F_{вх}/F_0)$ при суживающейся щели

Также как в случае зависимости коэффициента местного сопротивления отсоса от ширины щелевого отверстия, при возрастании площади поперечного сечения входной щели $\zeta_{вх}$ уменьшается. Выражение имеет следующий вид (4.15):

$$\frac{\zeta_{вх}}{(-10^{-6} Re + 9,34) \cdot (1,59e^{-8,94b/d})} = 2,38e^{-0,65F_{вх}/F_0} \quad (4.15)$$

4.5.4 Влияние длины щелевого отверстия на коэффициент местного сопротивления отсоса

При определении зависимости протяженности входной щели на коэффициент местного сопротивления всасывающего устройства использовано выражение (4.15), которое в следующей серии опытов принимает вид (формула 4.16):

$$\frac{\zeta_{\text{BX}}}{f_1(Re)f_2(b/d)f_3(F_{\text{BX}}/F_o)} = f_4(l/d). \quad (4.16)$$

Уравнение (4.16) имеет степенное распределение (рисунок 4.14) с достоверностью аппроксимации 0,99. Чем больше длина щелевого отверстия, тем больше коэффициент местного сопротивления отсоса.

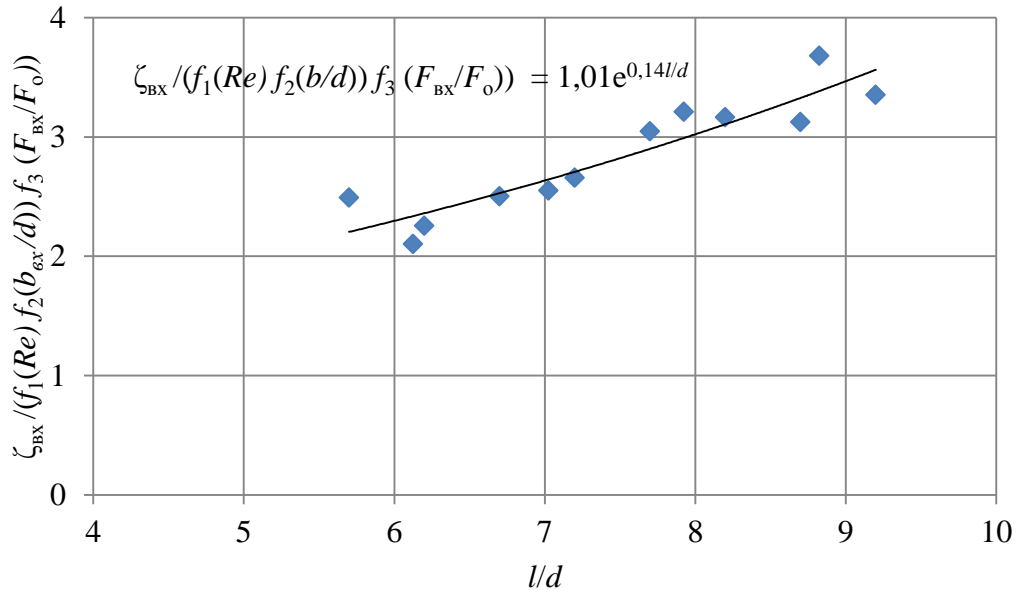


Рисунок 4.14 – График зависимости $\zeta_{\text{BX}} / (f_1(Re)f_2(b/d)f_3(F_{\text{BX}}/F_o)) = f_4(l/d)$

Зависимость коэффициент местного сопротивления протяженного отсоса от протяженности входной щели отражена в следующем уравнении (формула (4.17)):

$$\frac{\zeta_{\text{BX}}}{(-10^{-6} Re + 9,34)(1,59e^{-8,94b/d})(2,39e^{-0,65F_{\text{BX}}/F_o})} = 1,01e^{0,14l/d}. \quad (4.17)$$

Выражение (4.17) позволило получить окончательную формулу (4.18) для определения коэффициента местного сопротивления протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха [101]:

$$\zeta_{\text{BX}} = (-10^{-6} Re + 9,34)(1,59e^{-8,94b/d})(2,39e^{-0,65F_{\text{BX}}/F_o})(1,01e^{0,14l/d}). \quad (4.18)$$

Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны основы для расчета воздухоприемных устройств в системе аспирации для удаления воздуха от протяженных источников пыления. Коэффициент местного

сопротивления отсоса необходим для расчета потерь давления при входе воздуха в систему аспирации. Полученное выражение позволяет рассчитать данные потери вне зависимости от способа оформления щели в протяженном отсосе: при постоянной ширине щелевого отверстия и трапециевидной его формы.

4.6 Методика расчета аспирационной сети с протяженным отсосом с тангенциальным входом воздуха

Систему аспирации с протяженным отсосом следует рассчитывать в следующем порядке:

1. Определить объем удаляемого воздуха, L , по известным методикам [113, 127, 130].
2. Выбрать величину средней транспортирующей скорости в аспирационном воздуховоде V_{cp} . на 40% ниже справочной.
3. Определить диаметр протяженного отсоса d .
4. Рассчитать площадь поперечного сечения протяженного отсоса F_0 .
5. Установить соотношение расстояния от центра всасывающего устройства до конца протяженного отсоса l к его диаметру d из условия l/d не более 20.
6. Определить ширину входной щели b в отсос при используемом виде ее оформления (прямоугольной щели или при сужающейся щели, которая в плане представляет собой прямоугольную трапецию) по формуле (4.19):

$$b = L / (3600 \times c \times V_{щ}), \quad (4.19)$$

где c – длина щелевого отверстия всасывающего устройства, м;

$V_{щ}$ – скорость всасывания воздуха в щель всасывающего устройства, м/с.

Исходя из спектра всасывания протяженного отсоса (рисунок 4.9) для гарантированного улавливания взвешенных частиц скорость направленного

движения воздуха к всасывающей щели должна быть больше скорости витания этих пылевых частиц. Исходя из дисперсного состава образующейся пыли при производственном процессе, скорость витания частиц пыли $V_{\text{вит}}$ определяется из справочной литературы [134]. Согласно спектру всасывания протяженного отсоса (рисунок 4.9) пылевые частицы (угольная пыль размером менее 50 мкм [14, 16, 45, 134]) могут быть захвачены на расстоянии от всасывающего устройства, при котором скорость в спектре всасывания больше или равна $0,05V_{\text{щ}}$ на основе проведенных исследований спектра всасывания. Необходимая скорость всасывания воздуха в щель всасывающего устройства $V_{\text{щ}}$ определяется из формулы (4.20):

$$V_{\text{щ}} = (1,1V_{\text{вит}})/0,05 \quad (4.20)$$

При суживающемся щелевом отверстии по формуле (4.19) определяется средняя линия прямоугольной трапеции, которая равна по формуле (4.21):

$$b = (b_1 + b_2)/2, \quad (4.21)$$

где b_1, b_2 – длина оснований прямоугольной трапеции, м.

7. Рассчитать площадь поперечного сечения щели $F_{\text{вх}}$.
8. Рассчитать критерий Рейнольдса Re по формуле (4.8).
9. Определить коэффициент местного сопротивления входу воздуха в отсос $\zeta_{\text{вх}}$ согласно уравнению (4.18).
10. Рассчитать потери давления в отсосе $P_{\text{отс}}$ по формуле (4.22):

$$\Delta P_{\text{отс}} = \zeta_{\text{вх}} \frac{\rho V_{\text{ср}}^2}{2}. \quad (4.22)$$

Разработанная методика расчета аспирационной сети с протяженным отсосом позволяет рассчитать потери давления во всасывающем устройстве различной формы: при постоянной ширине щели и трапециевидной. Согласно исследованиям наилучшие показатели получены у суживающейся щели при соотношении оснований прямоугольной трапеции в плане входного канала 1:5. Созданный закрученный поток воздуха в системе распространяется на расстояние не менее 20 диаметров от центра всасывающей щели. Скорости всасывания и на дне протяженного отсоса равномерно распределены по его длине.

Исследованные локализирующие устройства позволят повысить эффективность и экономичность систем аспирации на погрузо-разгрузочных комплексах предприятий электроэнергетики. Результаты исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО УрГУПС при обучении студентов в профессиональных дисциплинах («Производственная санитария и гигиена труда», «Гидрогазодинамика», «Производственная безопасность») направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» по направленности «Безопасность технологических процессов и производств», используются при проведении обучения по программам дополнительного профессионального образования («Профессиональная переподготовка в области охраны труда», повышение квалификации по курсу «Охрана труда») в ЧУ ФНПР «НИИОТ», нашли применение в проектной деятельности отдела ОПТС ОАО «УРАЛГИПРОТРАНС» (приложение Б).

Полученные результаты демонстрируют преимущества протяженных отсосов с тангенциальным входом воздуха:

- эффективность в отношении предотвращения отложений пыли на внутренних стенках воздуховода;
- равномерное удаление загрязненного воздуха по всей длине источника пылеобразования;
- малая металлоемкость;
- возможность использования в централизованных аспирационных системах.

4.7 Воспроизводимость результатов экспериментальных исследований

Для проверки воспроизводимости результатов лабораторных исследований протяженного отсоса рассчитан критерий Кохрена. Подвергнута анализу серия опытов с пятью измерениями в каждом из них. Оценка воспроизводимости экспериментов проведена согласно следующему алгоритму [114]:

1. Определить среднеарифметическое значение n_{cp} для каждой серии опытов.
2. Рассчитать квадраты разности фактического значения n_i от среднеарифметического значения n_{cp} по пяти измерениям (повторностям) для каждой серии опытов ($m = 5$).
3. Для каждой серии опытов определить сумму квадратов отклонений.
4. Найти построчную дисперсию σ_m^2 по формуле (4.23):

$$\sigma_m^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (n_i - n_{cp})^2. \quad (4.23)$$

5. Просуммировать построчные дисперсии $\sum_{n=1}^N \sigma_n^2$ для N опытов ($N = 11$).
6. Рассчитать критерий Кохрена по формуле (4.24):

$$n_{\max} = \frac{\sigma_{n\max}^2}{\sum_{n=1}^N \sigma_n^2}, \quad (4.24)$$

где $\sigma_{n\max}^2$ – максимальное значение σ_n^2 из всех серий опытов.

7. Сравнить n_{\max} с табличным значением критерия Кохрена $n_{\max \text{ табл}}$. Опыт воспроизводим в случае, когда $n_{\max \text{ табл}} \geq n_{\max}$.

Расчеты показали, что по результатам экспериментальных исследований $n_{\max} = 0,24$, $n_{\max \text{ табл}} = 0,31$. Условие воспроизводимости опытов выполнено ($0,31 \geq 0,24$), следовательно, их результатам можно доверять.

4.8 Выводы

Разработаны и исследованы отсосы при постоянной ширине входной щели, а также при суживающейся форме щели, которая в плане представляет собой прямоугольную трапецию.

Доказано наличие закрученного потока воздуха внутри системы аспирации. Вращательное движение сохраняется как минимум на 20 диаметров воздуховода за отсосом от центра всасывающего отверстия. Преобладание пристенной скорости над осевой и средней позволяет предотвратить накопление пыли на внутренних стенках воздуховода. Создание вращения потока воздуха не увеличит сопротивление всей системы, так как возможно снижение средней скорости воздуха в поперечном сечении воздуховода. В случае проектирования системы аспирации с тангенциальным входом воздуха требуемая скорость движения может быть принята меньше, чем того требуют справочные материалы на 40%. При этом величина скорости вдоль внутренней стенки воздуховода будет достаточной для транспортирования частиц пыли. Исследован факел всасывания отсоса.

Равномерное всасывание загрязненного воздуха в систему аспирации позволяет обеспечить суживающаяся форма щелевого отверстия. Скорости в пристенном слое и на участках всасывания протяженного отсоса равномерно распределены по его длине. Наилучшее распределение скоростей получено при суживающейся форме щелевого отверстия с соотношением оснований трапеции 1:5. Получено выражение для определения коэффициента местного сопротивления отсоса при различном оформлении щелевого отверстия во всасывающем устройстве с тангенциальным входом воздуха. Разработана методика расчета аспирационной сети с протяженным отсосом с тангенциальным входом воздуха.

5 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ АСПИРАЦИИ ПРИ РАЗГРУЗКЕ УГЛЯ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

5.1 Эффективность всасывания частиц пыли протяженным отсосом с тангенциальным входом воздуха

Размещение всасывающего устройства аспирационной системы влияет на эффективность захвата частиц пыли. Скорость всасывания в щель должна превышать скорость витания пылевых частиц для их гарантированного улавливания. Исходя из дисперсного состава образующейся пыли при производственном процессе, скорость витания частиц пыли $V_{\text{вит}}$ определяется из справочной литературы [134]. Пылинки меньшей дисперсности имеют низкую скорость витания и наоборот.

На основе проведенных исследований спектра всасывания протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха (рисунок 4.9) пылинка может быть захвачена на расстоянии $7,5x/b$, где x – расстояние точки измерения от плоскости всасывания, м; b – ширина щелевого отверстия отсоса, м. Используя формулы (4.19) и (4.20), определено расстояние, на котором может быть захвачена пылинка угля определенного размера (рисунок 5.1). Для расчета использован ранее полученный в подглаве 3.1 диссертационной работы объемный расход загрязненного воздуха при разгрузке вагона с каменным углем.

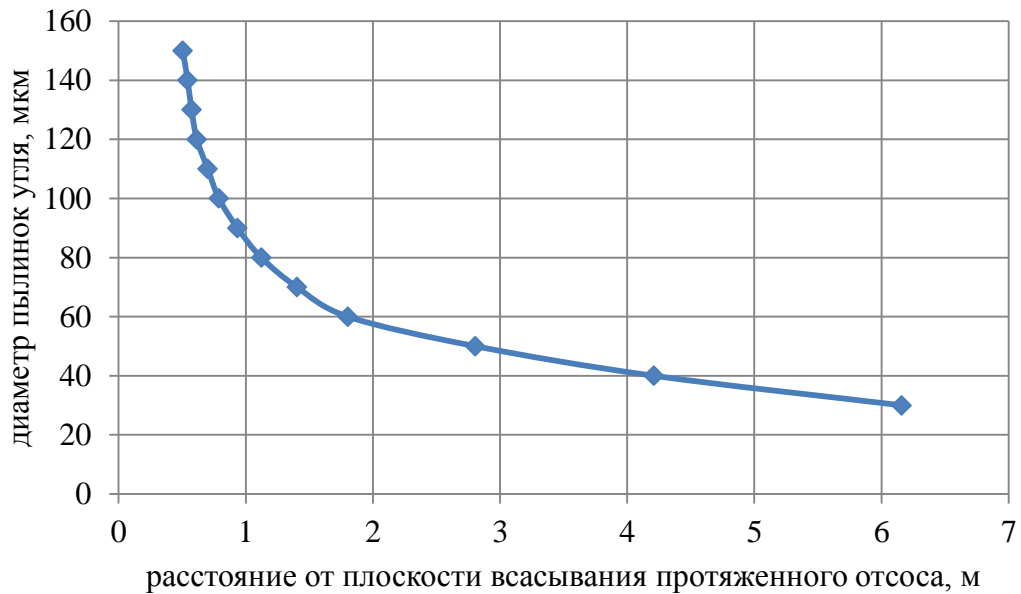


Рисунок 5.1 – Зависимость размеров всасываемых частиц угольной пыли от расстояния до плоскости всасывания протяженного отсоса

Для более точного анализа расстояния, на котором может быть размещен протяженный отсос с тангенциальным входом воздуха относительно источника пыления, необходимо провести дисперсный анализ пыли, образуемой на конкретном производстве. Для эффективного захвата конкретной пыли расчеты следует основывать на том размере пылинок, который занимает большую долю в распределении фракций. Чем мельче частица пыли, тем дальше может быть расположено всасывающее устройство.

5.2 Экономические затраты работодателя при повышенной запыленности рабочей зоны на разгрузочных площадках

Вопросы охраны труда являются первостепенными на любом производстве. Их тщательное соблюдение приведет не только сокращению случаев травматизма

и профзаболеваний, но и к повышению доходов производства (за счет снижения экономических потерь, связанных с неблагоприятными условиями труда), производительности труда, профессиональной грамотности. Одновременно у людей в лучшую сторону меняется отношение к труду, т.к. повышается его привлекательность, формируется чувство удовлетворенностью трудом, его содержанием и результатами. На основе улучшения условий труда снижается и текучесть кадров.

Качество решения вопросов безопасности труда напрямую зависит от компетентности работодателя в этой области. Согласно требованиям ТК РФ [129] руководитель предприятия обязан обеспечить соответствующие требованиям охраны труда условия труда на каждом рабочем месте. В первую очередь, это должно быть достигнуто коллективными средствами защиты (отопление, вентиляция и очистка воздуха, оградительные и герметизирующие устройства, системы сигнализации и дистанционного управления). Данные мероприятия достаточно дорогостоящи, но затраты на них компенсируются в течение непродолжительного срока за счет экономии средств, прежде всего, на выплаты компенсаций и льгот работникам за вредные и (или) опасные условия труда.

Системы аспирации на большинстве производств не выполняют своей главной функции – очистка воздуха рабочей зоны. Это обусловлено следующими причинами:

- износ существующего аспирационного оборудования;
- высокая энергоемкость аспирационных систем, отрицательно влияющей на режимы их эксплуатации;
- дополнительное подключение к существующей системе аспирации новых незапланированных источников пылеобразования.

Неэффективная очистка воздуха рабочей зоны обуславливает неудовлетворительные условия труда на погрузо-разгрузочных площадках. Это обуславливает предоставление льгот и компенсаций работникам, работающим во вредных условиях труда. Превышение предельно допустимой концентрации вредных веществ в выбрасываемом в атмосферу воздухе может привести к

штрафным санкциям за загрязнение воздушного бассейна. Помимо того оседающая пыль на производственном оборудовании ускоряет его износ и увеличивает производственные издержки на обслуживание.

Затраты на реализацию трудоохранных мероприятий включают:

- 1) капитальные (единовременные) вложения, направленные на улучшение условий и охраны труда;
- 2) эксплуатационные (текущие) расходы, направленные на выполнение законодательных и иных нормативных требований по охране труда.

К капитальным вложениям К относятся расходы на проектирование, приобретение аспирационной установки, ее транспортировку, монтаж.

Проведен расчет капитальных затрат согласно Государственным элементным сметным нормам на строительные работы [32]. Определены потребности в ресурсах: затраты рабочих, строительных машин и материалов. Результаты расчета приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Капитальные вложения на устройство системы аспирации

№ п/п	Вид работы	Затраты труда рабочих, руб	Затраты на используемые машины и механизмы, руб	Затраты на материалы, руб
1	2	3	4	5
1	Прокладка воздухопроводов из листовой стали	9519	Сварочные работы – 248 Автомобили бортовые грузоподъемностью до 5 т – 265 Лебедки ручные и рычажные – 9497 Лебедки электрические – 113 Краны на автомобильном ходу – 265 Итого: 10388	Воздуховоды – 38000 Дроссель-клапан – 630 Крепежные изделия – 5292 Асбестовый шнур – 139 Прокладки резиновые – 1145 Электроды – 19 Мастика герметизирующая – 76 Итого: 45301
2	Установка отсоса	3038	Автомобили бортовые грузоподъемностью до 5 т – 403	Отсос – 40300 Крепежные изделия – 1451 Прокладки резиновые – 306 Итого: 42057

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5
3	Установка кронштейнов	135	Автомобили бортовые грузоподъемностью до 5 т – 10 Сварочные работы – 70 Перфоратор электрический – 5 Итого: 85	Кронштейны и подставки – 7200 Крепежные изделия – 320 Электроды – 12 Раствор цементный – 90 Итого: 7622
4	Установка циклона	36311	Краны на автомобильном ходу грузоподъемностью до 10 т – 45453 Автомобили бортовые грузоподъемностью до 5 т – 50 Сварочные работы – 2297 Итого: 47800	Циклон ЦН-11-1600 – 190000 Крепежные изделия – 1400 Электроды – 30 Прокладки резиновые – 1574 Фланец стальной – 200 Прокладки из паронита – 10 Итого: 193214
5	Установка радиального вентилятора	3369	Краны на автомобильном ходу грузоподъемностью до 10 т – 495 Автомобили бортовые грузоподъемностью до 5 т – 480 Лебедки ручные и рычажные – 5925 Итого: 6900	Вентилятор радиальный ВЦП 6-45 №8 – 108680 Крепежные материалы – 456 Прокладки резиновые – 24 Итого: 109160
6	Установка вставок гибких к радиальному вентилятору	266	Автомобили бортовые грузоподъемностью до 5 т – 4	Вставки гибкие – 1050 Крепежные изделия – 70 Прокладки резиновые – 4 Итого: 1124
	Итого,руб	52638	65580	398478
	Итого по всем позициям, К, руб		516696	

Во время эксплуатации аспирационной системы возникает ряд эксплуатационных издержек I_3 . К ним следует отнести следующие:

1. Затраты на электрическую энергию

Вентилятор радиальный ВЦП 6-45 №8 потребляет 37 кВт/ч. В г. Екатеринбурге для промышленных предприятий в 2014 году стоимость электрической энергии составляла 2,5 руб/кВтч. Фактическое время разгрузки

полувагона вагоноопрокидывателем составляет 1,5 мин, около 3 мин занимают подготовительные операции на основе производственных исследований. Вентилятор следует включать только в момент включения поворотного устройства. За час работы вагоноопрокидывателем можно разгрузить 13 вагонов, общее время процесса непосредственно разгрузки составит 19,5 мин. Соответственно затраты на электроэнергию для работы вентилятора за один час работы разгрузочного пункта равны 30,1 руб. При 8-часовой рабочей смене в течение года работы (247 рабочих дней) общее потребление электроэнергии составит 23712 кВт, что в денежном эквиваленте – 59280 руб.

2. Затраты на услуги сторонних организаций по содержанию установленной системы аспирации или на заработную плату персонала, занятого данными работами, а также транспортные расходы на вывоз уловленного материала

При ежеквартальном обслуживании системы аспирации в среднем стоимость услуг сторонних организации составит 20000 руб., т.е. 80000 руб. ежегодно.

Таким образом, общая сумма эксплуатационных издержек I_3 , за год равна 139280 руб.

Дополнительные расходы работодателя $\Delta \mathcal{E}_p$ на одного содержание в штате бригады из двух машинистов вагоноопрокидывателя состоят из суммы расходов на предоставление льгот и компенсаций за вредные и (или) опасные условия труда на его рабочем месте $\Delta \mathcal{E}_{лк}$ и косвенных расходов за счет утраты трудоспособности работника вследствие профессионального заболевания $\Delta \mathcal{E}_{кр}$ (формула (5.1)):

$$\Delta \mathcal{E}_p = \Delta \mathcal{E}_{лк} + \Delta \mathcal{E}_{кр}, \text{ руб.} \quad (5.1)$$

Обычно разгрузочный пункт обслуживают два работника, поэтому итоговое значение $\Delta \mathcal{E}_p$ следует увеличить в два раза. Далее приведен расчет экономических затрат при неблагоприятных условиях труда в соответствии с действующим законодательством.

1. Экономические затраты на предоставление льгот и компенсаций работникам, трудящихся во вредных и (или) опасных условиях труда $\Delta \mathcal{E}_{лк}$.

Расходы на предоставление льгот и компенсаций за вредные и (или) опасные условия труда на рабочем месте $\Delta Э_{\text{лк}}$ состоят из суммы затрат на дополнительную оплату труда ДОТ, на предоставление дополнительного отпуска ДО, сокращенной продолжительности рабочего дня работников СПД, на покупку молока и лечебно-профилактического питания МЛПП, на предоставление льготной трудовой пенсии по старости ЛТП (формула (5.2)):

$$\Delta Э_{\text{лк}} = \text{ДОТ} + \text{ДО} + \text{СПД} + \text{МЛПП} + \text{ЛТП} \quad (5.2)$$

В соответствии с измерениями автором запыленности воздуха рабочей зоны машиниста вагоноопрокидывателя условия труда работника согласно [104] класс условий труда по фактору «Аэрозоли преимущественно фиброгенного воздействия» соответствует вредным условиям труда 3 степени (класс 3.3) при наличии регламентированных перерывов не менее 7% рабочего времени. В связи с последними изменениями в Трудовой кодекс РФ [129] за класс вредности 3.3 работодатель обязан предоставить работнику дополнительную оплату труда, дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день.

Согласно статье 147 Трудового кодекса РФ [129] оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере. Минимальный размер повышения оплаты труда составляет 4 процента тарифной ставки (оклада). Согласно данным Росстата [116] среднемесячная начисленная заработная плата за 2014 г по России составила 32495,4 руб. Таким образом, доплата за вредные условия труда минимум составит 15598 руб./год на одного работника.

Статья 117 Трудового кодекса РФ [129] регламентирует минимальную продолжительность дополнительного отпуска за вредные и (или) опасные условия труда. Она составляет 7 календарных дней. Сумма отпускных ОТП рассчитывается по формуле (5.3):

$$\text{ОТП} = (\text{Д} \cdot \text{ЗП}) / (12 \cdot 29,4), \quad (5.3)$$

где Д – количество отпускных дней.

ЗП – зарплата, полученная за полный расчетный период (12 месяцев);

12 – количество месяцев в расчетном периоде;

29,4 – среднее количество дней в одном месяце.

Таким образом, минимальная сумма отпускных за вредные условия труда будет равна 7737 руб./год.

Статья 92 Трудового кодекса РФ [129] определяет продолжительность сокращенной рабочей недели при отнесении условий труда к вредным степени 3 и 4. Работник в данном случае должен трудиться не более 36 часов в неделю. При среднемесячной заработной плате в 32495,4 руб. оплата работы в час для работника, трудящегося 36 часов в неделю, больше на 20,52 руб., чем при 40-часовой рабочей неделе. За календарный год данная разница в заработной плате составит 43338 руб.

При разгрузке каменного угля наличие вредной концентрации пыли углерода в воздухе рабочей зоны работник должен получать 0,5 л молока в смену [103]. Согласно производственному календарю на 2014 г количество рабочих дней в год – 247. Средняя стоимость литра молока в г. Екатеринбурге 40 руб. за литр. Затраты работодателя на покупку молока составят 4940 руб. в год на одного работника.

В электроэнергетике рабочее место машиниста вагоноопрокидывателя согласно [95] относится к Списку №2 профессий, имеющих право на пенсию на льготных условиях. Трудовая пенсия по старости назначается ранее достижения возраста мужчинам по достижении возраста 55 лет и женщинам по достижении возраста 50 лет при выполнении ряда требований по стажу. Работодатель обязан перечислять дополнительные тарифы страховых взносов в Пенсионный фонд РФ на финансирование страховой части пенсии в зависимости от установленного класса условий труда по результатам специальной оценки условий труда [131]. При отнесении условий труда к вредным 3 степени размер тарифа составит 6%. Это означает наличие дополнительных расходов для работодателя в размере 23397 руб./год при среднемесячной зарплате 32495,4 руб.

Суммарные затраты работодателя за год на предоставление льгот и компенсаций за вредные условия труда машинисту вагоноопрокидывателя при среднестатистической по России заработной плате по формуле (5.2) составят:

$$\Delta\mathcal{E}_{\text{лк}} = 15598 + 7737 + 43338 + 4940 + 23397 = 95010 \text{ (руб.)}$$

Косвенные потери $\Delta\mathcal{E}_{\text{кп}}$ за счет утраты трудоспособности работника складываются из выплат по временной нетрудоспособности ВНС из-за производственно обусловленных заболеваний и затрат на содержание дополнительной численности работников ДЧ на время нетрудоспособности основного сотрудника (формула 5.4):

$$\Delta\mathcal{E}_{\text{кп}} = \text{ВНС} + \text{ДЧ}, \text{ руб.} \quad (5.4)$$

Расчет выплат по временной нетрудоспособности ВНС из-за производственно обусловленных заболеваний рассчитывается следующим образом (формула (5.5)):

$$\text{ВНС} = nbЦ, \text{ руб.} \quad (5.5)$$

где n – количество человек, находившихся на больничном по причине профзаболевания, 1 чел.;

b – среднее число рабочих дней нетрудоспособности на одного работника в год, 10 дней;

$Ц$ – средняя дневная зарплата (1477,1 руб./день при среднестатистической заработной плате по России).

Таким образом, по формуле (5.5) расходы на выплату по временной нетрудоспособности составит 14771 руб. на один случай профессионального заболевания. Такая же сумма будет потрачена в отношении содержания дополнительной численности работников на время нетрудоспособности основного сотрудника. Это означает, что общая сумма косвенных затрат в связи с утратой трудоспособности по причине профессионального заболевания согласно формуле (5.4) составит 29542 руб. на один случай профзаболевания.

По результатам приведенных расчетов расходы работодателя на содержание в штате одного машиниста вагоноопрокидывателя при единовременном случае временной нетрудоспособности по причине профессионального заболевания в год согласно формуле (5.1) составят:

$$\Delta\mathcal{E}_p = 95010 + 29542 = 124552 \text{ (руб.)}$$

Наличие в бригаде двух машинистов вагоноопрокидывателя увеличивает

затраты работодателя вдвое – 249104 руб. Соответственно при внедрении эффективной системы аспирации и отнесении условий труда бригады машинистов вагоноопрокидывателя к допустимым экономический эффект данного мероприятия будет равен 249104 руб.

Срок окупаемости капитальных затрат $T_{ок}$ равен отношению капитальных затрат на внедрение мероприятия K к экономическому эффекту $\Delta\mathcal{E}_p$ (формула 5.6):

$$T_{ок} = K/\Delta\mathcal{E}_p \quad (5.6)$$

Таким образом, срок окупаемости капитальных затрат $T_{ок}$ составит 2,1 года. Внедряемое мероприятие по охране труда считается эффективным, если $T_{ок}$ не превышает 12,5 лет. Таким образом, требование законодательства к безопасным условиям труда является и экономически эффективным в случае внедрения эффективной аспирационной системы. По истечении пяти лет внедрение аспирационной установки окупит затраты работодателя в целом (капитальных и эксплуатационных). На рисунке 5.2 отражено ежегодное накопление экономического эффекта и затрат на реализацию трудоохранных мероприятий.

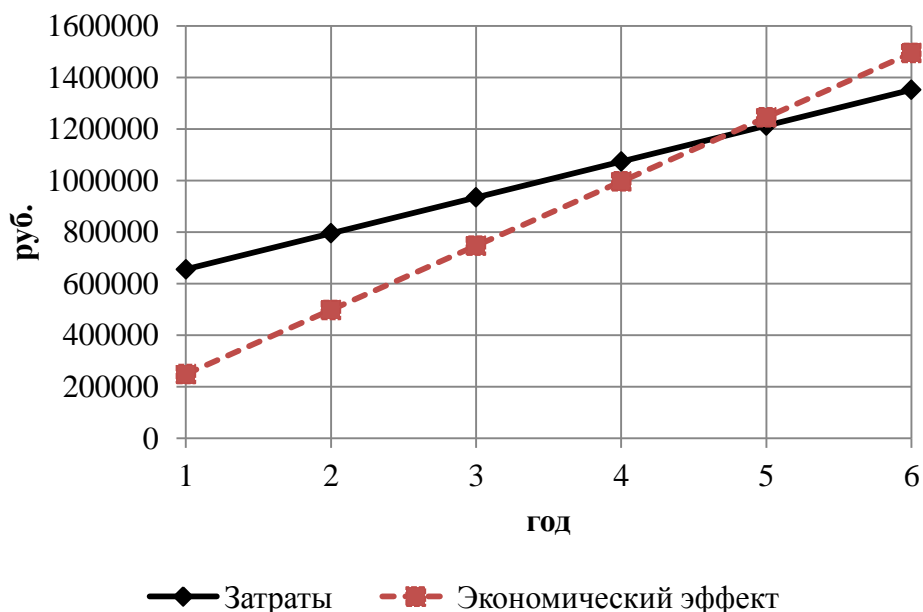


Рисунок 5.2 – Окупаемость трудоохранных мероприятий по истечении шести лет

Система аспирации сможет эффективно работать только при условии

грамотного проектирования и монтажа установки. Внедрение аспирационной сети с протяженным отсосом имеет ряд преимуществ. Уменьшение требуемой скорости транспортирования пыли внутри аспирационной сети позволяет сэкономить на подборе менее мощного вентилятора. Это позволит снизить энергопотребление системы аспирации. Помимо того протяженный воздуховод характеризуется малой металлоемкостью по сравнению с воздуховодом равномерного всасывания, разработанного в НИИ ОТ в г. Екатеринбурге [94, 100].

Таким образом, экономические результаты улучшения условий труда подразумевают сокращение расходов на выплаты льгот и компенсаций, затрат на пособия по производственным травмам, заболеваниям, снижение потерь в выработке продукции, расходов на переподготовку кадров и выплату дополнительных страховых тарифов к страховой части пенсии, повышении производительности труда. Социальные результаты внедрения мероприятий по охране труда выражаются в увеличении периода профессиональной активности работников, работоспособности, снижении производственного травматизма и профессиональных заболеваний, уменьшении текучести кадров.

5.3 Выводы

В результате проведенных расчетов определено расстояние, на котором следует разместить протяженный отсос с тангенциальным входом воздуха для его эффективного улавливания пылинок угля определенной дисперсности.

Определен экономический эффект внедрения аспирационной установки на разгрузочном пункте тепловой электростанции. По итогам расчетов капитальные затраты на покупку и установку новой системы аспирации составят 516696 руб., ежегодные эксплуатационные затраты на обслуживание предлагаемого средства

коллективной защиты – 139280 руб. Экономия денежных средств работодателя путем перевода машиниста вагоноопрокидывателя из вредных условий труда в допустимые (249104 руб./год) складывается из сбережении средств на предоставление льгот и компенсаций за вредные и (или) опасные условия труда на рабочем месте и по утрате трудоспособности. Срок окупаемости капитальных затрат составит 2,1 года, срок окупаемости издержек в целом (капитальных и эксплуатационных) – 5 лет. Таким образом, внедрение аспирационной установки с протяженным отсосом с тангенциальным входом воздуха следует считать экономически эффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научно-техническая задача разработки эффективного устройства для улучшения условий труда на разгрузочных пунктах ТЭС, за счет снижения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны. Выполненная работа позволяет сформулировать следующие результаты и выводы:

1. Предложены способы повышения эффективности работы аспирационных установок, обслуживающих протяженные источники пыления на разгрузочных узлах ТЭС.

2. Предложены новые типы конструкций протяженных отсосов постоянного сечения с постоянной и переменной шириной щели и тангенциальным входом воздуха.

3. Создана математическая модель процесса удаления запыленного воздуха отсосом от протяженного источника пыления – разгружаемого полувагона с углем – при создании закрученного потока внутри аспирационной системы.

4. Исследованы в лабораторных условиях новые модели протяженных отсосов постоянного сечения с тангенциальным входом воздуха при постоянной и переменной ширине щелевого отверстия.

5. Определено, что при проектировании системы аспирации с протяженным отсосом с тангенциальным входом воздуха допустимо снижение средней скорости движения воздуха в воздуховоде до 40% при отсутствии осаждения пыли на стенках воздуховода в результате закручивания потока.

6. Доказано сохранение закрученного потока внутри воздухопроводов системы аспирации на расстояние не менее 20 диаметров протяженного отсоса от центра его всасывающей щели.

7. Впервые определен коэффициент местного сопротивления протяженного отсоса цилиндрической формы с тангенциальным входом воздуха.

8. Разработана методика расчета системы аспирации при использовании протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха.

9. Определено расстояние от источника пыления, на котором может быть размещен протяженный отсос с тангенциальным входом воздуха при сохранении эффективности всасывания угольной пыли разной крупности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Colinet, Jay F. Best Practices for Dust Control in Coal Mining / Jay F. Colinet, James P. Rider, Jeffrey M. Listak, John A. Organiscak, Anita L. Wolfe. – National Institute for Occupational Safety and Health. – Pittsburgh, PA; Spokane, WA: DHHS (NIOSH) Publication No. 2010-110, 2010. – 84 p.
2. Pat. 017059 EE IPC B01J 8/00, B01D 45/00. Dust chamber for separating solid particles from steam-gas mixture /A. Kaidalov, B. Kindorkin; EESTI ENERGIA OLITOOSTUS AS. №EA201000419 stated 04.09.2008; published 28.09.2012, 6 p.
3. Pat. 019157 EE IPC B01D 45/12, B04C 1/00. Dust catching chamber / N. Petrovich, V. Tkachenko, V. Starostin; VKG OIL AS. №EA201100164 stated 08.02.2011; published 30.01.2014, 7 p.
4. Pat. 101538011 (B1) Korean republic, IPC B08B13/00; B08B5/04. A wheeled backpack type industrial vacuum cleaner / Oh Pyeong Gyun – №20140096851; stated 29.07.2014; published 22.07.2015, 7 p.
5. Pat. 20140136814 (A) Korean republic, IPC A47L9/20; B08B5/04. Industrial vacuum cleaner having dust removal device / Kim Keun Sik – №20130057346; stated 21.05.2013; published 29.05.2015, 12 p.
6. Pat. 6960054 USA, IPC B65G69/00, B65G69/18, B65G067/50. Car dumper dust collection method and apparatus. / D. Hall, M. Harris, K. Ugargol: Air Cure, Inc. – №10/159808; stated 31.05.2002; published 01.11.2005, 26 p.
7. Pat. 9051135 USA IPC B65B1/32, B65G69/18, B65G11/12, B65G11/18. Conveying device for powdered and/or granulated material and mixtures of this material with liquids / H. Ungerechts, H.-J. Frank, M. Hagedorn; Bayer MaterialScience AG. № 13/429914 stated 23.03.2012; published 09.06.2015, 7 p.
8. Pat. 9237835 USA, IPC A47L9/18, A47L5/22, A47L9/10, A47L9/12. Collecting apparatus of sucked materials for vacuum cleaner appliances / L. Amoretti:

T.P.A IMPREX S.P.A. – №13/472355; stated 15.05.2012; published 19.01.2016, 10 p.

9. US 910809 USA, IPC B65G67/42, B65G53/66, B65G67/50, B65G69/18. Car dumper dust control system / M. Harris, J. Samters: Air Cure, Inc. – № 14/045401; stated 03.10.2013; published 18.08.2015, 17 p.

10. Аверкова, О.А. Разработка и теоретическое обоснование методов расчета и конструирования систем местной обеспыливающей вентиляции: автореф. доктора ...техн. наук.: 05.23.03 / Аверкова Ольга Александровна. – Волгоград, 2015. – 38 с.

11. Аврамиди, А.Г. Всасывание воздуха транзитным конусным воздухопроводом с продольной щелью неизменной ширины / А.Г. Аврамиди. // Изв. ВУЗов. Строительство и архитектура. – 1984. – № 8. – С. 105-109.

12. Азаров, В.Н. Применение закрутки потока в системах аспирации на предприятиях строительной индустрии / В.Н. Азаров, Д.П. Боровков // Строительные материалы. – 2012. – Вып. № 5. – С. 65-67.

13. Акобджанян, А.С. Методы расчета щелевых отсасывающих устройств при заданной закономерности изменения расхода вдоль щели / А.С. Акобджанян. // Изв. ВУЗов. Энергетика. – 1982. – №3. – С. 119–122.

14. Алиев, Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: справ. изд. / Г.М. Алиев – М.: Металлургия, 1986 – 544 с.

15. Аспирация вагонопрокидывателя – <http://ecologenergy.com/aspiratsciya-vagonoprokidyvatelya.html>

16. Атлас промышленных пылей. Ч. 1. Летучая зола тепловых электростанций / Л.Я. Скрябина. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1980. – 134 с.

17. Баратов, А.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. Изд.: в 2-х книгах: кн. 2 / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. – М.: Химия, 1990. – 384 с.

18. Барометр-анероид метеорологический БАММ-1. Паспорт. ТТФ «Современные приборы», Ижевск. – 5 с.

19. Батурин, В.В. Основы промышленной вентиляции / В.В. Батурин. – М.: ПРОФИЗДАТ, 1990. – 448 с.

20. Бобровников, Н.А. Защита окружающей среды от пыли на транспорте. – / Н.А. Бобровников. – М.: Транспорт, 1984. – 73 с.
21. Боровков, Д.П. Совершенствование систем аспирации предприятий строительной индустрии посредством закрутки потока в воздуховодах: автореф. канд. ...техн. наук.: 05.23.03 / Боровков Дмитрий Павлович. – Волгоград, 2004. – 19 с.
22. Бошняков, Е.Н. Аспирационно-технологические установки предприятий цветной металлургии. – Изд. 2-е, перераб. и доп. / Е.Н. Бошняков. – М.: Металлургия, 1987. – 160 с.
23. Бубнов, И.Л. Исследование равномерности раздачи воздуха воздухораспределителем с тангенциальной щелью / И.Л. Бубнов // Водоснабжение и санитарная техника. – 1981. – № 6. – С. 26–27.
24. Ветошкин, А.Г. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): уч. пособие / А.Г. Ветошкин, К.Р. Таранцева; под ред. А.Г. Ветошкина. – Пенза: Изд-во Пенз. технол. ин-та, 2004. – 249 с.
25. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2-х ч. / Под ред. И.Г. Староверова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Стройиздат, 1977. – 502 с.
26. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1 / В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др. // Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.
27. Гиргидов А.Д. Техническая механика жидкости и газа: Учеб. для вузов. / А.Д. Гиргидов. – СПб.: Изд-во СПрГТУ, 1999. – 395 с
28. Глинка, Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка. // Под ред. А.И. Ермакова. – 30-е изд., исправленное. – М.: Интеграл-Пресс, 2003. – 728 с.
29. Головкин, В.П. Установка для обеспыливания роторного вагоноопрокидывателя. / В.П. Головкин, Л.И. Толчинский, С.С. // Водоснабжение и санитарная техника. – 1978. – №11. – С. 25-27.
30. ГОСТ 12.3.018-79 ССБТ. Системы вентиляционные. Методы

аэродинамических испытаний. Дата введения 01.01.1981. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 11 с.

31. ГОСТ Р 54578–2011 Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия. Дата введения 01.12.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 16 с.

32. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы ГЭСН 81-02-20-2001 Вентиляция и кондиционирование воздуха / Госстрой России. – М.: Москва, 2000. – 52 с.

33. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» – <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/list.php?part=1101>

34. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2012 году» – http://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=1178

35. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2013 году» – http://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=1984

36. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году» – http://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=3692

37. Давыдов, А.П. Методика расчета воздухоприемников равномерного всасывания для аспирационных систем / А.П. Давыдов. // Исследования в области обеспыливания воздуха: межвуз. сб. научн. трудов. – Пермь: Пермский политехнический ин-т. – 1980. – С. 95–101.

38. Данченко, Ф.И. Обеспыливание приемной воронки корпуса крупного дробления на дробильных фабриках ГОКов / Ф.И. Данченко, В.А. Котеленец, Д.В. Шевченко. // Вентиляция и очистка воздуха. – 1972. – Вып. 7. – С. 180–189.

39. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. В 2-х кн. – изд. 3-е. – М.: Химия, 2002, ч. 1. Ю.И. Дытнерский. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и

тепловые процессы и аппараты – 400 с.

40. Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / Гл. ред. Н. С. Конарев. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. – 559 с.

41. Зеркалов, Д.В. Энергетическая безопасность. Монография / Д.В. Зеркалов. – К.: Основа, 2012. – 920 с.

42. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик. // Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

43. Килин, П.И. Промышленная вентиляция / П.И. Килин. – Екатеринбург: УрГУПС, 2005. – 367 с.

44. Константинова, З.И. Защита воздушного бассейна от промышленных выбросов / З.И. Константинова. – М.: Стройиздат, 1981 – 104 с.

45. Коузов, П. А. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей / П.А. Коузов, Л.Я. Скрыбина. – Л.: Химия, 1983. – 143 с.

46. Круглов, Г.А. Ресурсосберегающие технологии обеспыливания. Монография / Г.А. Круглов. – Челябинск: РЕКПОЛ, 1996. – 145 с.

47. Лебедев, Г.О. Раздача воздуха конусными воздуховодами с продольной щелью постоянной ширины или с боковыми отверстиями одинаковых размеров: автореф. канд. ...техн. наук.: 05.23.03 / Лебедев Геннадий Олегович. – М., 1980. – 20 с.

48. Логачев, И.Н. Аэродинамические основы аспирации. Монография / И.Н. Логачев, К.И. Логачев. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. – 659 с.

49. Лозовская, Я.Н. Оценка внутрироссийских уровней реализационных цен на различные виды топлива / Я.Н. Лозовская. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2007. – № 4. – С. 101–106.

50. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1973. – 848 с.

51. Мартемьянова, А.Н. Повышение экономической эффективности потребления угля на внутреннем рынке: автореф. канд. ... экон. наук: 08.00.05 /

Мартемьянова Алена Николаевна. – Санкт-Петербург, 2010. – 20 с.

52. Меклер, В.Я. Промышленная вентиляция и кондиционирование воздуха: учебник для техникумов / В.Я. Меклер. – М., Стройиздат, 1978. – 312 с.

53. Методические рекомендации по аспирации трактов шихтоподачи заводов ферросплавов. – Свердловск: Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны труда ВЦСПС в г. Свердловске, 1984. – 80 с.

54. Методические рекомендации по повышению безопасности и снижению вредности работ на прирельсовых базах цемента. Дата введения 26.05.1976. – М.: Союздорнии, 1976. – 12 с.

55. Микроанометр многодиапазонный с наклонной трубкой ММН-2400 (5)-1,0. Паспорт. ООО «Машприбор», Лубны. – 3 с.

56. Нормативы времени на погрузочно-разгрузочные работы, выполняемые на железнодорожном, водном и автомобильном транспорте: в 2 ч. – М.: Экономика, 1987. – Ч.1. – 240 с.

57. О состоянии профессиональной заболеваемости в 2013 году: Информационный сборник статистических и аналитических материалов / Под ред. Главного врача ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, к.м.н. Верещагина А.И. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. – 60 с.

58. Об отрасли – <http://minenergo.gov.ru/node/433>

59. Основы современной энергетики: учебники для вузов. В 2-х ч. / Под общ. ред. чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2003, ч. 1. А.Д. Трухний, А.А. Макаров, В.В. Клименко. Современная теплоэлектроэнергетика. – 376 с.

60. Отчет о функционировании Единой энергетической системы в 2015 году – http://www.so-ups.ru/index.php?id=tech_disc2016ups

61. Отчетность компании – http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=32.

62. Патент 1180336 СССР, МПК В65G67/50. Роторный вагоноопрокидыватель с пылезащитой окружающей среды / Н.Б. Дубинский, С.Д. Недобор, В.С. Ушкалов, В.Е. Галацкий, А.К. Селиверстов, В.Е. Волков, А.И.

Ладыженский, Л.П. Симонов: патентообладатель Государственный ордена Трудового Красного Знамени проектный институт «Южгипрошахт» – №3662050/27-11; заяв. 31.08.1983; опубл. 23.09.1985, 4 стр.

63. Патент 1502847 СССР, МПК E21F5/00. Аспирационное устройство мест перегрузки / С.В. Василевский, В.И. Беспалов: патентообладатель Ростовский инженерно-строительный институт – №4296565/23-03; заяв. 14.08.1987; опубл. 23.08.1989, 5 стр.

64. Патент 1523856 СССР, МПК F24F7/06. Аспирационная установка. / А.О. Жидков: патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны труда ВЦСПС в г. Свердловске – №4305453/23-29; заяв. 18.09.1987; опубл. 23.11.1989, 3 стр.

65. Патент 1712259 СССР, МПК B65G69/18. Устройство для обеспыливания кругового вагоноопрокидывателя / А.Е. Лапшин, В.Г. Слюсаренко, А.К. Гацкий, В.П. Исаев: патентообладатель Криворожский горнорудный институт – №4736795/13; заяв. 13.09.1992; опубл. 15.02.1992, 3 стр.

66. Патент 1736875 СССР, МПК B65G65/30. Бункер для сыпучих материалов. / В.А. Чикановский, Е.А. Шеин, Н.И. Миняева: патентообладатель Южный научно-исследовательский проектно-конструкторский институт морского флота – №4699210/11; заяв. 31.05.1989; опубл. 30.05.1992, 4 стр.

67. Патент 1749640 СССР, МПК F24F7/06, B08B15/00. Устройство для отсоса выбросов / В.В. Воробьев, В.В. Желонкин: патентообладатель Юго-восточное производственно-техническое предприятие «ЮВЭНЕРГОСЕРМЕТ» – №4834101/02, заяв. 04.06.1990; опубл. 23.07.1992, 5 стр.

68. Патент 1796573 СССР, МПК B65G/18. Устройство для уменьшения пылеобразования при загрузке сыпучих материалов / А.К. Ситников: патентообладатель Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова – №4880848/11; заяв. 21.09.1990; опубл. 23.02.1993, 4 стр.

69. Патент 1832108 СССР, МПК B65G/18. Устройство для перегрузки сыпучего материала / Е.А. Дмитрук, О.И. Гапонюк, А.П. Верещинский:

патентообладатель Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова – №4864209/11; заяв. 07.09.1990; опубл. 07.08.1993, 1 стр.

70. Патент 2005571 Российская Федерация, МПК В08В15/00. Всасывающее устройство. / Ю.В. Гявгянен, С.В. Геллер: заявители и патентообладатели Гявгянен Юрий Вяинович, Геллер Сергей Владимирович – №4934225/12; заяв. 29.03.1991; опубл. 15.01.1994, 7 стр.

71. Патент 2019488 Российская Федерация, МПК В65G67/50; В65G69/18. Обеспыливающее устройство вагоноопрокидывателя / П.И. Петренко, В.П. Петренко: заявитель Уральский филиал Теплотехнического научно-исследовательского института им. Ф.Э. Дзержинского; патентообладатель Уральский теплотехнический научно-исследовательский институт - №4852720/11; заяв. 19.07.1990; опубл. 15.09.1994, 3 стр.

72. Патент 2031068 Российская Федерация, МПК В65G9/18. Бункер для хранения и выгрузки сыпучих пылящих материалов / Ю.Н. Ключкин, Л.К. Байдюк: заявитель и патентообладатель Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт морского транспорта «Ленморниипроект» – №4933778/13; заяв. 29.03.1991; опубл. 20.03.1995, 3 стр.

73. Патент 2046747 Российская Федерация, МПК В65G9/18. Устройство для улавливания пыли в бункерах-накопителях / В.С. Шкрабак, В.В. Бедарев, А.А. Ильященко, О.И. Проскурина, М.А. Селиванова: патентообладатель Ленинградский сельскохозяйственный институт – №5017946/11; заяв. 02.07.1991; опубл. 27.10.1995, 4 стр.

74. Патент 2048404 Российская Федерация, МПК В65G69/18. Устройство для предотвращения пылеобразования при складировании и хранении сыпучих материалов на открытых площадках / Лапшин А.Е., Слюсаренко В.Г., Гацкий А.К., Исаев В.П.: заявитель и патентообладатель Криворожский горнорудный институт - №4918033/11; заяв. 11.03.1991; опубл. 20.11.1995, 1 стр.

75. Патент 2061931 Российская Федерация, МПК F24F7/06, В65G21/08, В08В15/00. Устройство для обеспыливания воздуха при перегрузке сыпучих

материалов с конвейера на конвейер / В.Д. Самченко, В.П. Самченко, О.В. Самченко: патентообладатель Самченко Валерий Дмитриевич – №925038704; заяв. 20.04.1992; опубл. 10.06.1996, 2 стр.

76. Патент 2096070 Российская Федерация, МПК В01D45/12, В04С3/06. Вихревой пылеуловитель / В.Б. Жильников, В.М. Полонский, А.Е. Щибраев, Е.В. Щибраев: заявитель и патентообладатель Самарская государственная архитектурно-строительная академия – №95112996/25; заяв. 26.07.1995; опубл. 20.11.1997, 3 стр.

77. Патент 2114777 Российская Федерация, МПК В65G69/18. Обеспыливающее устройство [Текст] / заявитель и патентообладатель Балаковский институт техники, технологии и управления – № 96105116/28; заяв. 13.03.1996; опубл. 10.07.1998, 1 стр.

78. Патент 2168118 Российская Федерация, МПК F24F7/06, В08В15/00. Устройство для очистки поверхностей от пыли / В.А. Аксенов, В.И. Звегинцев, А.А. Овчинников, Д.В. Рязановский, В.Ф. Чиркашенко, В.И. Ядров: заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Бук», Закрытое акционерное общество «Экран ФЭП» - №99111993/06; заяв. 03.06.1999; опубл. 10.04.2001, 3 стр.

79. Патент 2183495 Российская Федерация, МПК В01D45/12, В04С3/06. Вихревой пылеуловитель / Е.В. Щибраев, А.Е. Щибраев, Н.П. Тюрин, И.А. Хурин, Д.Н. Ватузов, С.В. Дежуров: заявитель и патентообладатель Самарская государственная архитектурно-строительная академия – №2000105924/12; заяв. 10.03.2000; опубл. 20.06.2002, 5 стр.

80. Патент 2235609 Российская Федерация, МПК В08В15/02. Вихревой местный отсос / В.А. Стариков, А.Ю. Перевозкина: патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Тюменский государственный нефтегазовый университет – №2003115089/15; заяв. 20.05.2003; опубл. 10.09.2004, 3 стр.

81. Патент 2453488 Российская Федерация, МПК В65G69/18. Способ перегрузки сыпучего материала и устройство для его осуществления / Абаев А.Д.,

Абаева М.А., Кокойти Т.Х.: патентообладатели Абаев Александр Дзахотович, Абаева Марина Александровна, Кокойти Таймураз Хаджисмелович – № 2011108536/11; заяв. 05.03.2011; опубл. 20.06.2012, 1 стр.

82. Патент 2494033 Российская Федерация, МПК В65G67/30. Вагонопрокидыватель и способ выгрузки сыпучих материалов из полувагона. / И.В. Крюков, В.А. Воронов: патентообладатель Закрытое акционерное общество «Конструкторско-технологическое бюро «Технорос» – №2011145871/11; заяв. 14.11.2011; опубл. 20.05.2013, 13 стр.

83. Патент 385599 СССР, МПК В01D47/08. Аспирационное устройство для улавливания пыли. / А.Ф. Короткий: заявитель и патентообладатель Криворожский горнорудный институт – №1650573/23-26; заяв. 10.05.1971; опубл. 14.06.1973, 3 стр.

84. Патент 592993 СССР, МПК E21F5/00. Аспирационное устройство пунктов перегрузки / В.В. Сорокин, И.Ф. Корабельников, В.П. Климовский, З.И. Хоменко: патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский институт нерудных строительных материалов и гидромеханизации – №1998044/22-03; заяв. 18.02.1974; опубл. 15.02.1978, 2 стр.

85. Пирумов, А.И. Обеспыливание воздуха / А.И. Пирумов. – М.: Стройиздат, 1974 – 207 с.

86. Подъемно-транспортное оборудование – <http://www.ormetozumz.ru/catalog/?cat=100000012>.

87. Пол. модель 120710 Российская Федерация, МПК E21F5/20. Устройство для улавливания и связывания пыли / В.И. Беспалов, А.В. Беспалова: патентообладатели Беспалов Вадим Игоревич, Беспалова Анастасия Вадимовна, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ростовский государственный строительный университет» – № 2012125296/03; заяв. 18.6.2012; опубл. 27.09.2012, 1 стр.

88. Полезная модель 24402 Российская Федерация, МПК В04С9/00. Система аспирации / В.Н. Азаров, В.Н. Азаров, Н.М. Сергина: заявитель ООО «Ассоциация Волгоградэкотехзерно»; патентообладатель Азаров Валерий

Николаевич, Азаров Виктор Николаевич, Сергина Наталия Михайловна – №2002102382/20; заяв. 28.01.2002; опубл. 10.08.2002, 5 стр.

89. Попова, Н.П. К вопросу локализации пылевывделений от протяженных источников / Н.П. Попова, Пригородова Т.Н. // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Научное обозрение физико-математических и технических наук в XXI веке». – Москва: Международное научное объединение «Prospero», 2014. – Вып. 2/2014 – С. 113–115.

90. Попова, Н.П. Локализация пылевывделений от протяженных источников / Н.П. Попова, В.Д. Олифер, Н.Ю. Финогенова. // Комплексное решение вопросов охраны труда: Юбилейный сб. науч. работ Ин-та охраны труда в г. Екатеринбурге. – Екатеринбург, 2002. – С. 46–51.

91. Попова, Н.П. Проблемы локализации пылевывделений от протяженных источников / Н.П. Попова, Т.Н. Пригородова // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – №4 (172). – С. 26–30.

92. Попова, Н.П. Производственная санитария и гигиена труда на железнодорожном транспорте: учебник / Н.П. Попова, К.Б. Кузнецов. – М.: УМЦ ЖДТ (Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте), 2013. — 664 с.

93. Попова, Н.П. Пути предотвращения запыленности воздушной среды на погрузо-разгрузочных узлах промышленных предприятий / Н.П. Попова, Т.Н. Пригородова // Сборник материалов VI-й Международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии». – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – С. 221-224.

94. Попова, Н.П. Система локализации пылевывделений от протяженных источников / Н.П. Попова. // Комплексное решение вопросов охраны труда: сб. науч. работ к 80-летию Научно-исследовательского ин-та охраны труда в г. Екатеринбурге. – Екатеринбург, 2012. – С. 227-237.

95. Постановление Кабинета Министров СССР от 26 января 1991 г. N 10 «Об утверждении списков производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на льготное пенсионное обеспечение» [Электронный

ресурс].

<http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=18181&div=LAW&dst=1000000001%2C0&rnd=214990.8640418059283295>

96. Преобразователь – Термоанемометр ТТМ-2-04. Комплект «ТТМ-2-04-DIN». Руководство по эксплуатации. ООО «ПКФ Цифровые приборы», Москва, 2011. – 16 с.

97. Пригородова, Т.Н. Борьба с пылеобразованием при погрузо-разгрузочных работах на железнодорожном транспорте / Т.Н. Пригородова // «Эврика!» : м-лы семинара аспирантов УрГУПС : сб. науч. тр. / [сост. и научн. ред. Б.С. Сергеев, д-р техн. наук]. – Екатеринбург : УрГУПС, 2015. – Вып. 2 (207). – С 96–105.

98. Пригородова, Т.Н. Протяженный отсос с тангенциальным входом воздуха / Т.Н. Пригородова // Инновации и исследования в транспортном комплексе: Материалы II Международной научно-практической конференции. – Курган: ЗАО «Курганстальмост», 2014. – С 257–260.

99. Пригородова, Т.Н. Способы снижения запыленности воздушной среды при выполнении погрузо-разгрузочных работ на железнодорожном транспорте / Т.Н. Пригородова // Транспорт-2014: Труды Международной научно-практической конференции в 4-х частях. Часть 4. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2014. – С 54–56.

100. Пригородова, Т.Н. Средства локализации пылевыведений от мест разгрузки транспортных средств / Т.Н. Пригородова // Инновации и исследования в транспортном комплексе: материалы первой международной научно-практической конференции. – Курган, 2013. – С. 270–272.

101. Пригородова, Т.Н. Улучшение условий труда на разгрузочных комплексах предприятий электроэнергетики / Т.Н. Пригородова // Материалы IV Общероссийской научно-практической очно-заочной конференции с международным участием «Экология. Риск. Безопасность». – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2016. – С. 96–98.

102. Пригородова, Т.Н. Устройство для равномерного всасывания

загрязненного воздуха от протяженного источника пыления / Т.Н. Пригородова // Безопасность жизнедеятельности. – 2016. – №2. – С. 28–30.

103. Приказ Минздравсоцразвития России от 16.02.2009 N 45н (ред. от 20.02.2014) «Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, Порядка осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов, и Перечня вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов» // Справочная правовая система «Консультант плюс».

104. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» от 24 января 2014 г. N 33н. – М.: Российская газета, вып. № 6343 (71), 2014.

105. Приказ Ростехнадзора «Об утверждении Положения о пылегазовом режиме на углеобогачительных фабриках (установках)» от 01.12.2011 №677.

106. Рабинович, В.Б. Разработка двухступенчатого пылеуловителя со встречными закрученными потоками / В.Б. Рабинович // Комплексное решение вопросов охраны труда: сборник научных работ к 80-летию Научно-исследовательского института охраны труда в г. Екатеринбурге. – Екатеринбург, 2012. – С. 278-289.

107. Рубанович, К.М. Всасывающий воздуховод постоянного сечения с продольной щелью неизменной ширины и рядом узких отверстий с заглушенным торцом / К.М. Рубанович, Н.Н. Пиголицына, А.С. Халезов. // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. – 1983. – Вып. №2. – С. 74–78.

108. Рубанович, К.М. О влиянии торцевого отверстия на равномерность всасывания в воздуховод / К.М. Рубанович, Н.Н. Пиголицына, Ю.А. Шиков, Г.К.

Попова. // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. – вып. №6. – 1984. – С. 84–87.

109. Рубанович, К.М. О работе пылеприемников с глухим торцом / К.М. Рубанович. // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. – 1984. – Вып. №5. – С. 71–74.

110. Русичев, Д.Д. Химия твердого топлива / Д.Д. Русичев. – Л.: Изд-во «Химия», 1976. – 255 с.

111. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.0.555-96. Гигиена труда. Гигиенические требования к условиям труда женщин (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 28.10.1996 N 32). - М.: Информационно-издательский центр Минздрава РФ, 1997 – 20 с.

112. Скоробогатова, Н.В. Исследование аэродинамических характеристик однофазного закрученного потока в цилиндрической трубе. / Н.В. Скоробогатова, Э.М. Семенов. // Труды вузов / Изд. УПИ. – Свердловск, 1976. – С. 21–29.

113. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Дата введения 26.06.2003. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 89 с.

114. Солдатенко, Л.В. Введение в математическое моделирование строительно-технологических задач: учебное пособие / Л.В. Солдатенко. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009 – 161 с.

115. Список тепловых электростанций России – https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_тепловых_электростанций_России

116. Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций по видам экономической деятельности. [Электронный ресурс]. –

http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/wages/labour_costs/#

117. Стефаненко, В.Т. О комплексном подходе к разработке способов снижения выбросов пыли / В.Т. Стефаненко, В.Д. Олифер, Н.П. Попова. // Кокс и химия. – 2006. - №3. – С. 58–61

118. Страус, В. Промышленная очистка газов: Пер. с англ. / В. Страус. –

М.: Химия, 1981. – 616 с.

119. Сураева, М.О. Методика оценки качества транспортного обслуживания пользователей железнодорожного транспорта / М.О. Сураева. // Вопросы экономики и права. – 2011. – № 39. – С. 76–80

120. Талиев В.Н. Оптимальное сужение клиновидного воздуховода с продольной щелью неизменной ширины в системах аспирации машин / В.Н. Талиев. // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. – 1981. – Вып. №1 – С. 75–78.

121. Талиев, В.Н. Аэродинамика вентиляции: Учеб. пособие для вузов / В.Н. Талиев. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с.

122. Талиев, В.Н. Всасывание воздуха воздуховодом постоянного сечения с продольной щелью неизменной ширины при наличии транзитного расхода и без учета трения / В.Н. Талиев, А.Л. Алтынова. // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1983. – Вып. №1. – С. 116-121.

123. Талиев, В.Н. Оптимальное сужение приточного и всасывающего конусного воздуховода с продольной щелью неизменной ширины / В.Н. Талиев, А.Л. Алтынова. // Проблемы теплоснабжения и вентиляции в условиях климата Восточной Сибири: сб. научн. трудов / Иркутский политехнический институт. – Иркутск, 1980. – С. 137–141

124. Талиев, В.Н. Приближенное равномерное всасывание воздуха воздухопроводом постоянного сечения с продольной щелью неизменной ширины / В.Н. Талиев. // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1972. – Вып. №9. – С. 21-23.

125. Талиев, В.Н. Приближенное равномерное всасывание воздуха конусным воздуховодом с продольной щелью неизменной ширины / В.Н. Талиев. // Водоснабжение и санитарная техника. – 1973. – Вып. №2. – С. 24–27.

126. Термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-4. Паспорт. ОАО «Термоприбор», Клин. – 2 с.

127. Торговников, Б.М., Табачник, В.Е., Ефанов, Е.М. Проектирование промышленной вентиляции. Справочник / Б.М. Торговников, В.Е. Табачник, Е.М.

Ефанов. – Киев: Будівельник, 1983. – 256 с.

128. Трофимова, Т.И. Физика : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Т.И. Трофимова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 352 с.

129. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016) [Электронный ресурс] – <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=197517&div=LAW&dst=1000000001%2C0&rnd=214990.3495323816274427>

130. Указания по проектированию аспирационных установок предприятий по хранению и переработке зерна и предприятий хлебопекарной промышленности: Сб. документов. – М.: ГУП «НТЦ "Промышленная безопасность», 2002 г. – 180 с.

131. Федеральный закон от 17 декабря 2001 года N 173-ФЗ «О трудовых пенсиях в Российской Федерации»: [принят Гос. думой 30 ноября 2011 г.: по состоянию на 19.11.2015]. – М.: Российская газета", N 247, 20.12.2001.

132. Федеральный закон РФ от 28 декабря 2013 года № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»: [принят Гос. думой 28 дек. 2013 г.: по состоянию на 01 мая 2016 г.]. - М.: Российская газета, вып. №6271 (295), 2013.

133. Харламов, В.Ф. Испытание эффективности и паспортизация вентиляционных установок: методические указания к лабораторной работе / В.Ф. Харламов, В.А. Курило. – Омск: Омский ин-т инж. ж.-д. транспорта, 1981. – 16 с.

134. Хватов, Ю.В. Выбор и расчет обеспыливающего оборудования для очистки вентиляционного воздуха / Ю.В. Хватов. – Свердловск: Издание УПИ, 1971. – 114 с.

135. Хусаинов, Ф.И. Перспективы конкуренции железнодорожного и автомобильного транспорта / Ф.И. Хусаинов, О.В. Лукьянова. // Бюллетень транспортной информации. – 2013. – № 11. – С. 3–14

136. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк. // Под ред. Н.П. Бусленко. – М.: Издательство «МИР», 1972. – 386 с.

137. Штейнберг, М.Е. К расчету распределения потока вдоль коллекторов


переменного сечения / М.Е. Штейнберг, И.Е. Идельчик. // Промышленная санитарная очистка газов. – 1974. – Вып. №1. – С. 9–11.

138. Штеренлихт, Д.В. Гидравлика: Учебник для вузов / Д.В. Штеренлихт. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 640 с.

139. Ясовеев, М.Г. Промышленная экология: пособие / М.Г. Ясовеев, Э.В. Какарека, Н.С. Шевцова, О.В. Шершнев. – Минск: БГПУ, 2010. – 220 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Форма № 94 ИЗ, ПМ, ПО-2011

Федеральная служба по интеллектуальной собственности
Федеральное государственное бюджетное учреждение

**«Федеральный институт промышленной собственности»
(ФИПС)**

Бережковская наб., 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-3, 125993

Телефон (8-499) 240-60-15 Факс (8-495) 531-63-18

УВЕДОМЛЕНИЕ О ПОСТУПЛЕНИИ ЗАЯВКИ

31.12.2015 <i>Дата поступления</i>	088583 <i>Входящий №</i>	2015157472 <i>Регистрационный №</i>																					
<table border="1"> <tr> <td> ДАТА ПОСТУПЛЕНИЯ претензии документов заявки ПОЛУЧЕНО 31 ДЕК 2015 </td> <td> (1) РЕГИСТРАЦИОННЫЙ № (15) ДАТА ПЕРЕХОДА международной заявки на национальную фазу </td> <td> ВХОДЯЩИЙ № </td> </tr> <tr> <td> ФИЕС ОТДЕЛ 17 <input type="checkbox"/> (84) <small>(для подаваемой заявки международной заявки в виде международной заявки, установленная национальная приоритетная дата)</small> <input type="checkbox"/> (87) <small>(для подачи международной публикации международной заявки)</small> </td> <td colspan="2"> АДРЕС ДЛЯ ПЕРЕПИСКИ <small>(укажите полный адрес)</small> 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66 УрГУПС, ОДИА, Л.Б. Юдина Телефон: (343) 221-24-16 Факс: (343) 221-24-67 E-mail: </td> </tr> <tr> <td> ЗАЯВЛЕНИЕ в выдаче патента Российской Федерации на изобретение </td> <td colspan="2"> В Федеральную службу по интеллектуальной собственности Бережковская наб., 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-3 125993 </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> (14) НАЗВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ ВСАСЫВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> (71) ЗАЯВИТЕЛЬ <small>(Полное наименование или имя индивидуального заявителя, наименование предприятия, фирмы, общества с ограниченной ответственностью, полное наименование индивидуального предпринимателя и почтовый адрес)</small> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС) RU, Россия, 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66 Укажите вид заявки <input type="checkbox"/> государственной заявки <input type="checkbox"/> национальная заявка <small>используемая работ</small> <small>(укажите наименование)</small> <input type="checkbox"/> использованная работ по <input type="checkbox"/> государственному <input type="checkbox"/> коммерческому контракту <small>используемая работ</small> <small>(укажите наименование)</small> </td> <td> ОГРН 1026602950965 КОД страны по стандарту ВНИС СТ. 3 <small>(код по разделению)</small> 82 </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> (74) ПРЕДСТАВИТЕЛЬ(И) ЗАЯВИТЕЛЯ <small>Укажите ФИО(а) и(или) наименование(а) заявителя(ов) для выдачи патента или по желанию заявителя в(в) заявке в Федеральный институт по интеллектуальной собственности, либо так же в товарном знаке</small> Фамилия, имя, отчество (если есть в заявке) Адрес: </td> <td> Декларация <input type="checkbox"/> Неверно <input type="checkbox"/> Имя представителя Телефон: Факс: E-mail: </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Срок представительства <small>(полное наименование и адрес представителя для предоставления сведений)</small> </td> <td> Регистрационный (О) номер (1) заявки (О) номер (1) заявки (О) номер (1) заявки </td> </tr> </table>			ДАТА ПОСТУПЛЕНИЯ претензии документов заявки ПОЛУЧЕНО 31 ДЕК 2015	(1) РЕГИСТРАЦИОННЫЙ № (15) ДАТА ПЕРЕХОДА международной заявки на национальную фазу	ВХОДЯЩИЙ №	ФИЕС ОТДЕЛ 17 <input type="checkbox"/> (84) <small>(для подаваемой заявки международной заявки в виде международной заявки, установленная национальная приоритетная дата)</small> <input type="checkbox"/> (87) <small>(для подачи международной публикации международной заявки)</small>	АДРЕС ДЛЯ ПЕРЕПИСКИ <small>(укажите полный адрес)</small> 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66 УрГУПС, ОДИА, Л.Б. Юдина Телефон: (343) 221-24-16 Факс: (343) 221-24-67 E-mail:		ЗАЯВЛЕНИЕ в выдаче патента Российской Федерации на изобретение	В Федеральную службу по интеллектуальной собственности Бережковская наб., 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-3 125993		(14) НАЗВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ ВСАСЫВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО			(71) ЗАЯВИТЕЛЬ <small>(Полное наименование или имя индивидуального заявителя, наименование предприятия, фирмы, общества с ограниченной ответственностью, полное наименование индивидуального предпринимателя и почтовый адрес)</small> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС) RU, Россия, 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66 Укажите вид заявки <input type="checkbox"/> государственной заявки <input type="checkbox"/> национальная заявка <small>используемая работ</small> <small>(укажите наименование)</small> <input type="checkbox"/> использованная работ по <input type="checkbox"/> государственному <input type="checkbox"/> коммерческому контракту <small>используемая работ</small> <small>(укажите наименование)</small>		ОГРН 1026602950965 КОД страны по стандарту ВНИС СТ. 3 <small>(код по разделению)</small> 82	(74) ПРЕДСТАВИТЕЛЬ(И) ЗАЯВИТЕЛЯ <small>Укажите ФИО(а) и(или) наименование(а) заявителя(ов) для выдачи патента или по желанию заявителя в(в) заявке в Федеральный институт по интеллектуальной собственности, либо так же в товарном знаке</small> Фамилия, имя, отчество (если есть в заявке) Адрес:		Декларация <input type="checkbox"/> Неверно <input type="checkbox"/> Имя представителя Телефон: Факс: E-mail:	Срок представительства <small>(полное наименование и адрес представителя для предоставления сведений)</small>		Регистрационный (О) номер (1) заявки (О) номер (1) заявки (О) номер (1) заявки
ДАТА ПОСТУПЛЕНИЯ претензии документов заявки ПОЛУЧЕНО 31 ДЕК 2015	(1) РЕГИСТРАЦИОННЫЙ № (15) ДАТА ПЕРЕХОДА международной заявки на национальную фазу	ВХОДЯЩИЙ №																					
ФИЕС ОТДЕЛ 17 <input type="checkbox"/> (84) <small>(для подаваемой заявки международной заявки в виде международной заявки, установленная национальная приоритетная дата)</small> <input type="checkbox"/> (87) <small>(для подачи международной публикации международной заявки)</small>	АДРЕС ДЛЯ ПЕРЕПИСКИ <small>(укажите полный адрес)</small> 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66 УрГУПС, ОДИА, Л.Б. Юдина Телефон: (343) 221-24-16 Факс: (343) 221-24-67 E-mail:																						
ЗАЯВЛЕНИЕ в выдаче патента Российской Федерации на изобретение	В Федеральную службу по интеллектуальной собственности Бережковская наб., 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП-3 125993																						
(14) НАЗВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ ВСАСЫВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО																							
(71) ЗАЯВИТЕЛЬ <small>(Полное наименование или имя индивидуального заявителя, наименование предприятия, фирмы, общества с ограниченной ответственностью, полное наименование индивидуального предпринимателя и почтовый адрес)</small> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС) RU, Россия, 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66 Укажите вид заявки <input type="checkbox"/> государственной заявки <input type="checkbox"/> национальная заявка <small>используемая работ</small> <small>(укажите наименование)</small> <input type="checkbox"/> использованная работ по <input type="checkbox"/> государственному <input type="checkbox"/> коммерческому контракту <small>используемая работ</small> <small>(укажите наименование)</small>		ОГРН 1026602950965 КОД страны по стандарту ВНИС СТ. 3 <small>(код по разделению)</small> 82																					
(74) ПРЕДСТАВИТЕЛЬ(И) ЗАЯВИТЕЛЯ <small>Укажите ФИО(а) и(или) наименование(а) заявителя(ов) для выдачи патента или по желанию заявителя в(в) заявке в Федеральный институт по интеллектуальной собственности, либо так же в товарном знаке</small> Фамилия, имя, отчество (если есть в заявке) Адрес:		Декларация <input type="checkbox"/> Неверно <input type="checkbox"/> Имя представителя Телефон: Факс: E-mail:																					
Срок представительства <small>(полное наименование и адрес представителя для предоставления сведений)</small>		Регистрационный (О) номер (1) заявки (О) номер (1) заявки (О) номер (1) заявки																					
Количество листов	23	Фамилия лица, принявшего документы Юдина Е.В.																					
Количество документов, подтверждающих уплату пошлины	1																						
Количество изображений	0																						

07 Д 2015
12 ЯНВ 2016
240 8078
Р. Юдина

23/16

Вх. 22.01.2016/инвентаризация

ДАТА ПОСТУПЛЕНИЯ оригиналов документов заявки ПОЛУЧЕНО 31 ДЕК 2015	(21) РЕГИСТРАЦИОННЫЙ №	ВХОДЯЩИЙ №
(85) ДАТА ПЕРЕВОДА международной заявки на национальную фазу		
ФНИС ОТДМ17 <input type="checkbox"/> (86) <i>(регистрационный номер международной заявки и дата международной подачи, установленные получающим ведомством)</i> <input type="checkbox"/> (87) <i>(номер и дата международной публикации международной заявки)</i>	АДРЕС ДЛЯ ПЕРЕПИСКИ <i>(полный почтовый адрес, включая почтовый индекс)</i> 620034, г.Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66 УрГУПС, ОДиА, Л.Б. Никулиной Телефон: (343) 221-24-16 Факс:(343) 221-24-67 E-mail:	
ЗАЯВЛЕНИЕ о выдаче патента Российской Федерации на изобретение	В Федеральную службу по интеллектуальной собственности Березовская наб., 30, корп.1, Москва, Г-59, ГСП-3 125993	
(54) НАЗВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ ВСАСЫВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО		
(71) ЗАЯВИТЕЛЬ <i>(Указывается полное имя или наименование (согласно учредительному документу), место жительства или местонахождения, включая официальное наименование страны и полный почтовый адрес)</i> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС) RU, Россия, 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66 Указанное лицо является <input type="checkbox"/> государственным заказчиком <input type="checkbox"/> муниципальным заказчиком, исполнитель работ _____ <i>(указать наименование)</i> <input type="checkbox"/> исполнителем работ по <input type="checkbox"/> государственному <input type="checkbox"/> муниципальному контракту, заказчик работ _____ <i>(указать наименование)</i>	ОГРН 1026602950065 КОД страны по стандарту ВОИС ST. 3 <i>(если он установлен)</i> RU	
Контакт от № (74) ПРЕДСТАВИТЕЛЬ(И) ЗАЯВИТЕЛЯ Указанное(ые) ниже лицо(а) назначено(назначены) заявителем(заявителями) для ведения дел по получению патента от его(их) имени в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам	Является <input type="checkbox"/> Патентным(и) поверенным(и) <input type="checkbox"/> Иным представителем Телефон:	
Фамилия, имя, отчество (если оно имеется)	Факс:	
Адрес:	E-mail:	
Срок представительства <i>(заполняется в случае назначения иного представителя без представления доверенности)</i>	Регистрационный (с) номер (а) патент-юло(их) поверенного(их)	

(72) Авторы		Полный почтовый адрес места жительства, включающий официальное наименование страны и ее код по стандарту ВОИС ST. 3	
Попова Нина Павловна		Российская Федерация, RU, 620142, г. Екатеринбург, ул. Белинского, д. 156, кв. 58.	
Пригородова Татьяна Николаевна		Российская Федерация, RU, 620107, г. Екатеринбург, ул. Машинистов, д. 3, кв. 42	
Я _____ <small>(полное имя)</small>			
прошу не упоминать меня как автора при публикации сведений Подпись автора		<input type="checkbox"/> о заявке <input type="checkbox"/> о выдаче патента.	
ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЛАГАЕМЫХ ДОКУМЕНТОВ:		Кол-во л. в 1 экз.	Кол-во экз.
<input checked="" type="checkbox"/> описание изобретения Описание последовательностей		4	2
<input checked="" type="checkbox"/> формула изобретения (кол-во пунктов формулы) – 1		1	2
<input checked="" type="checkbox"/> чертеж(и) и иные материалы		2	2
<input checked="" type="checkbox"/> реферат		1	2
<input checked="" type="checkbox"/> документ об уплате патентной пошлины <i>(указать)</i>			
<input checked="" type="checkbox"/> за подачу заявки		1	1
<input checked="" type="checkbox"/> за экспертизу заявки на изобретение по существу			
<input type="checkbox"/> документ, подтверждающий наличие оснований <input type="checkbox"/> для освобождения от уплаты патентной пошлины <input type="checkbox"/> для уменьшения размера патентной пошлины <input type="checkbox"/> для отсрочки уплаты патентной пошлины			
<input type="checkbox"/> копия первой заявки <small>(при исправлении конвенционного приоритета)</small>			
<input type="checkbox"/> перевод заявки на русский язык			
доверенность			
<input type="checkbox"/> другой документ <i>(указать)</i>			
Фигуры чертежей, предлагаемые для публикации с рефератом _____ <small>(указать)</small>			

ЗАЯВЛЕНИЕ НА ПРИОРИТЕТ *(Заполняется только при испрашивании приоритета более раннего, чем дата подачи заявки)*

Прошу установить приоритет заявки на изобретение по дате

- 1 подачи первой заявки в государстве-участнике Парижской конвенции по охране промышленной собственности (п.1 ст.1382 Гражданского кодекса Российской Федерации) (далее - Кодекс)
- 2 поступления дополнительных материалов к более ранней заявке (п.2 ст. 1381 Кодекса)
- 3 подачи более ранней заявки (п.3 ст.1381 Кодекса)
(более ранняя заявка считается отозванной на дату подачи настоящей заявки)
- 4 подачи/приоритета первоначальной заявки (п. 4 ст. 1381 Кодекса), из которой выделена настоящая заявка

<input type="checkbox"/> № первой (более ранней, первоначальной) заявки	<input type="checkbox"/> Дата испрашиваемого приоритета	(33) Код страны подачи по стандарту ВОИС ST. 3 <small>(при использовании многоязычного стандарта)</small>
1.		
2.		
3.		

ХОДАТАЙСТВО ЗАЯВИТЕЛЯ:

- осуществить публикацию о заявке ранее установленного срока (п. 1 ст. 1385 Кодекса)
 начать рассмотрение международной заявки ранее установленного срока (п.1 ст. 1396 Кодекса)
 провести экспертизу заявки на изобретение по существу (п. 1 ст. 1386 Кодекса)

Подпись

Проректор по научной работе
и международным связям УрГУПС



С.В.Бушуев
10.12.2015

Подпись заявителя или патентного поверенного, или иного представителя заявителя, дата подписи (при подписании от имени юридического лица подпись руководителя или иного уполномоченного на это лица удостоверяется печатью)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** **2015 157 472** ⁽¹¹⁾ ⁽¹³⁾ **A**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(12) **ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

Состояние делопроизводства: Экспертиза по существу

(21)(22) Заявка: [2015157472](#), 31.12.2015

Делопроизводство

Исходящая корреспонденция		Входящая корреспонденция	
Уведомление об удовлетворении ходатайства	29.04.2016	Ходатайство о проведении экспертизы заявки по существу	31.12.2015
Уведомление о положительном результате формальной экспертизы	26.04.2016		
Уведомление об удовлетворении ходатайства	15.04.2016	Ходатайство о внесении изменений в имя заявителя	25.02.2016
Уведомление о зачете пошлины	15.04.2016	Платежный документ	31.12.2015
Уведомление о поступлении документов заявки	31.12.2015		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Уральский государственный университет путей сообщения



«Утверждаю»

Проректор по научной работе
и международным связям, к.т.н.

С.В. Бушуев

2016 г.

СПРАВКА

**о внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы
Пригородовой Т.Н., представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук, выполненной на тему
«УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПРИ РАЗГРУЗКЕ УГЛЯ
НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ»**

На кафедре «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО УрГУПС (г. Екатеринбург) в лекционном курсе и при проведении практических, лабораторных занятий по дисциплинам:

- «Производственная санитария и гигиена труда»;
- «Гидрогазодинамика»;
- «Производственная безопасность»

при обучении бакалавров по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» по направленности «Безопасность технологических процессов и производств» нашли применение следующие результаты, полученные в работе Пригородовой Т.Н.:

1. Обобщенные и систематизированные данные о перевозке сыпучих пылящих грузов по железным дорогам РФ;
2. Способы предотвращения запыленности на разгрузочных комплексах промышленных предприятий;
3. Методика исследования протяженного отсоса на аэродинамическом стенде;
4. Методика расчета аспирационной системы при использовании протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха;
5. Способ определения расстояния от источника пыления, на котором может быть размещен отсос при сохранении эффективности всасывания пыли определенной дисперсности.

В результате внедрения указанных материалов получен социальный эффект, проявляющийся повышением качества знаний студентов в профессиональных дисциплинах бакалавров направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность».

Полученные результаты Пригородовой Т.Н. и рекомендации их к внедрению и использованию в учебном процессе приняты на заседании кафедры «Техносферная безопасность», протокол №7 от 28 апреля 2016 г.

Заведующий кафедрой
«Техносферная безопасность», к.б.н.

Секретарь кафедры

И.И. Гаврилин

Л.Д. Пуговкина



ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ФЕДЕРАЦИИ НЕЗАВИСИМЫХ ПРОФСОЮЗОВ РОССИИ
**«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОХРАНЫ ТРУДА
 В Г. ЕКАТЕРИНБУРГЕ»**



Утверждаю
 Директор ЧУ ФНПР «НИИОТ»
 Д.Т.Н., профессор
 В.Е. Родин
 _____ 2016 г.

СПРАВКА

**о внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы
 Пригородовой Т.Н., представленной на соискание ученой степени
 кандидата технических наук, выполненной на тему
 «УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПРИ РАЗГРУЗКЕ УГЛЯ
 НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ»**

В учебно-методическом отделе НИИ Охраны труда в г. Екатеринбурге при проведении обучения по программам дополнительного профессионального образования («Профессиональная переподготовка в области охраны труда», повышение квалификации по курсу «Охрана труда») используются следующие результаты, полученные в работе Пригородовой Т.Н.:

1. Обобщенные и систематизированные данные о профессиональной заболеваемости, вызванных воздействием промышленных аэрозолей.
2. Мероприятия в области охраны труда по предотвращению запыленности на разгрузочных комплексах предприятий электроэнергетики.
3. Способы повышения эффективности работы систем аспирации, обслуживающих протяженные источники пыления.

Указанные материалы способствуют повышению качества знаний слушателей и их компетентности.

Заведующий учебно-методическим
 отделом, к.т.н.

В.А. Исаев



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
УРАЛЬСКИЙ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ОАО «УРАЛГИПРОТРАНС»

Утверждаю:
генеральный директор
В.К. Карпенко
«2» *ноября* 2016 г.
М.П.

АКТ

О практическом применении результатов диссертационной работы Пригородовой Т.Н., представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, выполненной на тему «УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПРИ РАЗГРУЗКЕ УГЛЯ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ»

Комиссия в составе:
Представители ФГБОУ ВО УрГУПС
Профессор кафедры «Техносферная безопасность», к.т.н. Н.П. Попова
Соискатель: Т.Н. Пригородова

Представители ОАО «УРАЛГИПРОТРАНС»
главный специалист технического отдела В.В. Кулаков
начальник ОПТС А.М. Мехоношин

составила настоящий акт о том, что в проектной деятельности отдела ОПТС ОАО «УРАЛГИПРОТРАНС» нашли применение следующие результаты диссертационной работы Т.Н. Пригородовой:

- рекомендации по повышению эффективности работы аспирационных систем, обслуживающих протяженные источники пыления;
- методика расчета системы аспирации при использовании протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха.

Использование указанных разработок позволит снизить концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны, что положительно повлияет на улучшение условий труда на рабочих местах.

Представители ФГБОУ ВО УрГУПС:
Н.П. Попова *Н.П. Попова*

Т.Н. Пригородова *Т.Н. Пригородова*

Представители ОАО «УРАЛГИПРОТРАНС»:
главный специалист технического отдела В.В. Кулаков

начальник ОПТС А.М. Мехоношин *А.М. Мехоношин*