

На правах рукописи



Пригородова Татьяна Николаевна

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

Специальность 05.26.01 – Охрана труда (электроэнергетика)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Челябинск – 2017

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» на кафедре «Техносферная безопасность».

Научный руководитель – **Попова Нина Павловна**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты: **Логачев Константин Иванович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород;

Черный Константин Анатольевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» г. Пермь.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Защита состоится 30 июня 2017 г., в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.298.05 при ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, ауд. 1007.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» и на сайте ЮУрГУ по адресу: <http://www.susu.ru/ru/dissertation/d-21229805/prigorodova-tatyana-nikolaevna>.

Автореферат разослан «__» _____ 2017 г.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим выслать по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», Ученый совет, тел./факс: +7 (351) 267-91-23.

E-mail: grigorevma@susu.ac.ru.

Ученый секретарь

диссертационного совета

д-р техн. наук, доцент

Григорьев Максим Анатольевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 в бункер, расположенный 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 диссертационной 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, выносимые на защиту:

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

2. Снижение энергопотребления аспирационной системы 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, позволяющий 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 воздухопроводов.

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. Библиографический список состоит из 139 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, ее практическая и социальная значимость, цели и задачи исследования, научная новизна, методология и методы исследования, а также положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние проблемы снижения пылевой нагрузки при разгрузочных работах предприятий электроэнергетики» представлен анализ тенденций развития электроэнергетической отрасли в стране, влияния запыленности на статистику профзаболеваний, а также способов обеспыливания в местах разгрузки сыпучих материалов из полувагонов.

Проведен анализ трудов известных отечественных ученых: В.Н. Талиева, В.В. Батурина, В.Д. Олифера, И.Н. Логачева, Н.В. Скоробогатовой, Г.А. Круглова, П.И. Килина и других авторов, посвященных изучению обеспыливания от протяженных источников пыления, к которым следует отнести полувагон при разгрузке.

Обзор 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.

К способам борьбы с пылеобразованием при разгрузочных работах относятся: герметизация источника пыления, увлажнение образующейся пыли, устройство системы аспирации. Первый способ отличается большой металлоемкостью, стоимостью и ограниченностью обзора механизмов для их обслуживания персоналом. При гидрообеспыливании повышается коррозионный износ оборудования, происходит обледенение его механизмов при отрицательных температурах воздуха, помимо того требуется шламоудаление загрязненных масс. Аспирация относится к универсальным способам борьбы с запыленностью. При обеспыливании протяженных источников пыления всасывающее устройство (протяженный отсос) выполняют конической или цилиндрической формы. 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. К основным недостаткам протяженных отсосов в указанных исполнениях относятся отклонения от равномерного всасывания и сложность в соблюдении расчетных размеров всасывающей щели с практической реализацией.

Во второй главе «Теоретический расчет всасывающего устройства» проведен анализ возможных способов повышения эффективности работы всасывающего устройства системы аспирации и теоретический расчет предлагаемого отсоса.

Одной из проблем систем аспирации является отложение пыли на внутренних стенках воздухопроводов, что снижает надежность устройства и может быть травмоопасно вследствие обрушения. Для перемещения запыленного воздуха без осаждения внутри воздухопроводов 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. Для снижения количества отсасываемого воздуха и сохранения эффективного транспортирования пыли можно повысить скорость движения воздушного потока вдоль внутренней стенки воздухопроводов, используя закрученный поток воздуха. Под действием центробежных сил крупные частицы пыли отбросятся к стенкам воздухопроводов, возле которых тангенциальная составляющая скорости движения воздуха значительно выше осевой. Организовать вращающийся поток следует путем ввода запыленного воздуха по касательной (тангенциально) во всасывающее устройство.

При теоретическом расчете протяженного отсоса с тангенциальным

входом воздуха приняты следующие допущения: поля скоростей в поперечных сечениях воздухопроводов являются равномерными, форма пылевидных частиц шарообразная, коэффициент сопротивления трения по всей длине отсоса принят постоянным. Расчетная схема исследуемого отсоса цилиндрической формы представлена на рисунке 1.

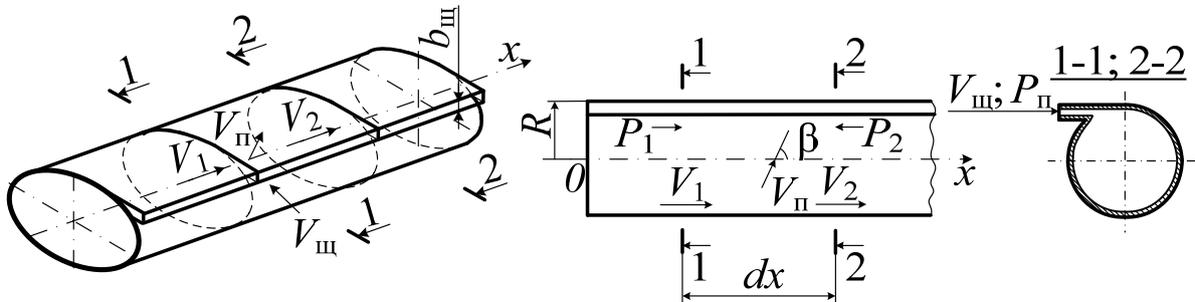


Рис. 1. Расчетная схема протяженного отсоса цилиндрической формы с тангенциальным входом воздуха

При допущении о постоянстве скорости всасывания воздуха в щель $V_{щ}$, потери давления в протяженном отсосе составят (формула (1)):

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho}{\pi R^2} \int_{x_1}^{x_2} V_{щ}^2 \cos \beta b dx - \frac{\lambda \rho}{4R} \int_{x_1}^{x_2} V_{пр}^2 dx + \rho (\overline{V_2^2} - \overline{V_1^2}), \quad (1)$$

где P_1, P_2 – силы давления в сечениях 1–1 и 2–2 соответственно, Па;

ρ – плотность воздушной среды, кг/м³;

R – радиус поперечного сечения отсоса, м;

x_1, x_2 – координаты месторасположения сечений 1–1 и 2–2, м;

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

b – ширина всасывающей щели, м;

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

λ – коэффициент сопротивления трения, зависящий от шероховатости стенок воздуховода, отн. ед.;

$V_{пр}$ – скорость движения воздуха в пристенном слое отсоса, м/с;

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

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 третьей главе «Методика экспериментальных исследований протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха» дано описание лабораторной установки, с учетом полученных теоретических закономерностей разработана методика исследований протяженного

отсоса цилиндрической формы с тангенциальным входом воздуха на основе его модели динамически и геометрически подобной отсосу в аспирационной системе в условиях производства. Задачами лабораторных исследований являются: определение степени закручивания воздушного потока и характера распределения скоростей воздуха внутри протяженного отсоса и переходного воздуховода, определение равномерности всасывания воздуха по длине отсоса, исследование его факела всасывания, определение коэффициента местного сопротивления всасывающего устройства.

Исследован протяженный отсос с постоянной шириной щели и с суживающейся щелью от торцевой стенки (рисунок 2). 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.

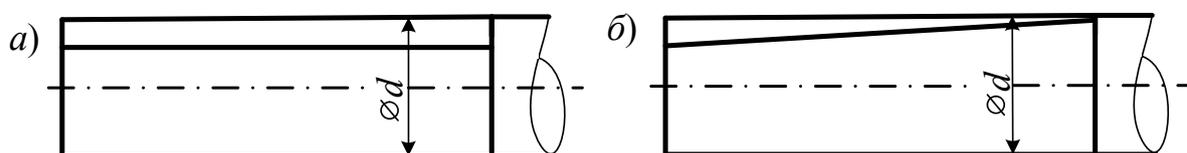


Рис. 2. Размеры и форма щелевого отверстия протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха: а) – постоянная щель; б) – суживающаяся щель

Лабораторная установка (рисунки 3, 4) состоит из следующих узлов: модель протяженного отсоса 1, переходной воздуховод 2, камера статического давления 3, коллектор 4, соединительный воздуховод 5, вентилятор 7. Шибером 6 регулируется расход воздуха в системе.



Рис. 3. Общий вид лабораторной установки

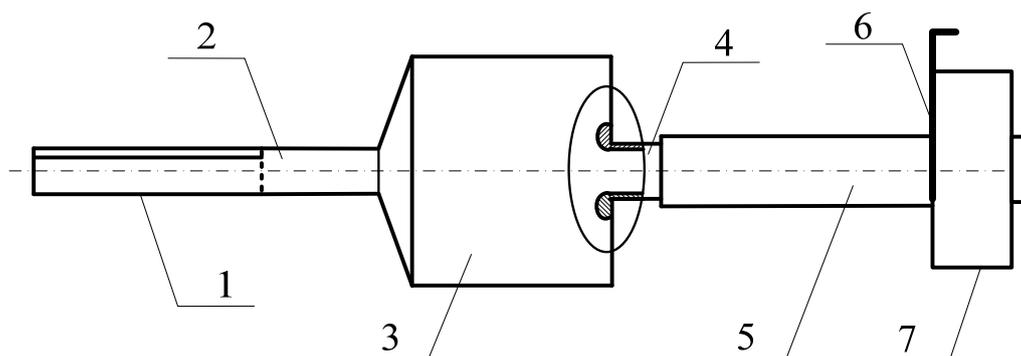


Рис. 4. Схема лабораторной установки

Исследования по определению коэффициента местного сопротивления протяженного отсоса $\zeta_{\text{вх}}$ проведены методом многофакторного анализа на основе следующего уравнения (формула (2)):

$$\zeta_{\text{вх}} = f_1(Re) \cdot f_2\left(\frac{b}{d}\right) \cdot f_3\left(\frac{F_{\text{вх}}}{F_0}\right) \cdot f_4\left(\frac{l}{d}\right), \quad (2)$$

где Re – критерий Рейнольдса, рассчитанный для сечения, расположенного непосредственно за всасывающим устройством, отн. ед.;

$F_{\text{вх}}$ – площадь входного отверстия в протяженный отсос, м^2 ;

F_0 – площадь поперечного сечения переходного воздуховода, м^2 ;

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

d – диаметр протяженного отсоса, м.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований протяженного отсоса с тангенциальным входом воздуха» приведены результаты лабораторных испытаний предложенной модели отсоса при постоянной и суживающейся щели.

Степень закручивания воздушного потока определена при изучении скоростей его движения в пристенном слое внутри воздуховода $V_{\text{пр}}$, как в месте с возможным отложением пыли. Исследования показали, что вне зависимости от способа оформления щели наблюдается увеличение пристенной скорости по всей длине всасывающего устройства: воздушный поток, находясь в протяженном отсосе, приобретает $V_{\text{пр}}$, превышающую среднюю скорость за отсосом $V_{\text{ср}}$. Вращение затихнет, когда пристенная скорость потока будет равна его средней скорости в переходном воздуховоде за отсосом. Наибольшее соотношение между $V_{\text{пр}}$ и $V_{\text{ср}}$ в конце переходного воздуховода наблюдается при суживающейся щели с соотношением оснований трапеции 1:5 и при постоянной щели шириной $0,1d$, что свидетельствует о возможном долговременном сохранении вращения потока воздуха. Наиболее плавное снижение $V_{\text{пр}}$ наблюдается при первом варианте: на протяжении шести диаметров от начала

переходного воздуховода в сторону вентилятора эта скорость уменьшилась всего на 8 %. Проведенные исследования протяженного отсоса с суживающейся щелью и соотношением оснований трапеции 1:5 на длительность сохранения вращения воздушного потока при увеличении длины переходного воздуховода в три раза показали, что при разных расходах воздуха в системе закрученный поток воздуха сохраняет свое вращение на расстоянии 20 диаметров от центра всасывающего отверстия. Это дает возможность установки пылеуловителя на значительном удалении от зоны всасывания.

Протяженные источники пыления характеризуются разной интенсивностью пылеобразования по длине, что требует равномерного удаления запыленного воздуха на всей протяженности источника. Равномерное всасывание воздуха обеспечено суживающимся щелевым отверстием для входа воздуха. На рисунке 5 представлено распределение пристенной $V_{пр}$ и осевой скоростей $V_{ос}$ по длине протяженного отсоса при близких расходах воздуха (209–247 м³/ч) при следующих размерах щелевого отверстия: $V_{пр1}$ и $V_{ос1}$ –пристенная и осевая скорости при соотношении оснований трапеции 1:3, м/с; $V_{пр2}$ и $V_{ос2}$ –пристенная и осевая скорости при соотношении оснований трапеции 1:4, м/с; $V_{пр3}$ и $V_{ос3}$ –пристенная и осевая скорости при соотношении оснований трапеции 1:5, м/с; $V_{пр4}$ и $V_{ос4}$ –пристенная и осевая скорости при соотношении оснований трапеции 1:6, м/с; $V_{пр5}$ и $V_{ос5}$ –пристенная и осевая скорости при соотношении оснований трапеции 1:7, м/с; $V_{пр6}$ и $V_{ос6}$ –пристенная и осевая скорости при соотношении оснований трапеции 1:8, м/с.

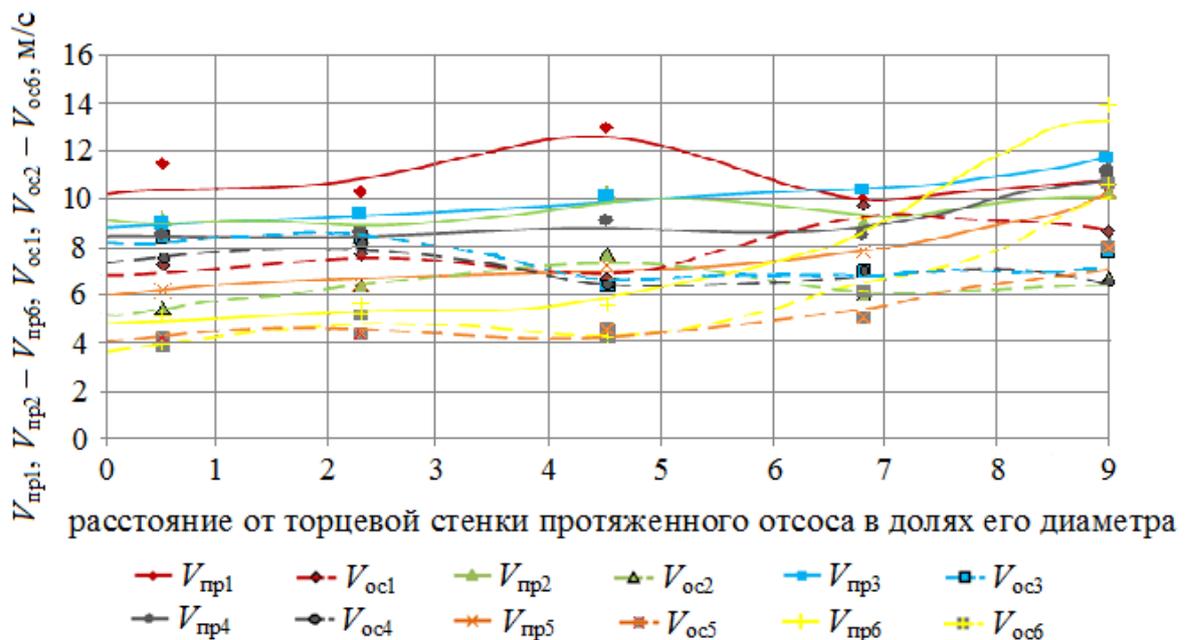


Рис. 5. Изменение скоростей движения воздуха по длине протяженного отсоса при разных соотношениях оснований прямоугольной трапеции в плане входного канала

Для каждого типа щели наблюдается превышение пристенной скорости на дне отсоса над осевой скоростью, что подтверждает наличие закрученного потока воздуха внутри системы. Наличие перегибов пристенных скоростей движения на рисунке 5 свидетельствует о неравномерности всасывания воздуха в щелевое отверстие. Линейное распределение скорости движения в пристенном слое на участках протяженного отсоса наблюдается при соотношении сторон оснований трапеции 1:5 при разных расходах воздуха в лабораторной установке (рисунок 6). Доказано, что расход воздуха на участках всасывания остается практически постоянным с незначительным его увеличением (до 8%) по направлению движения.

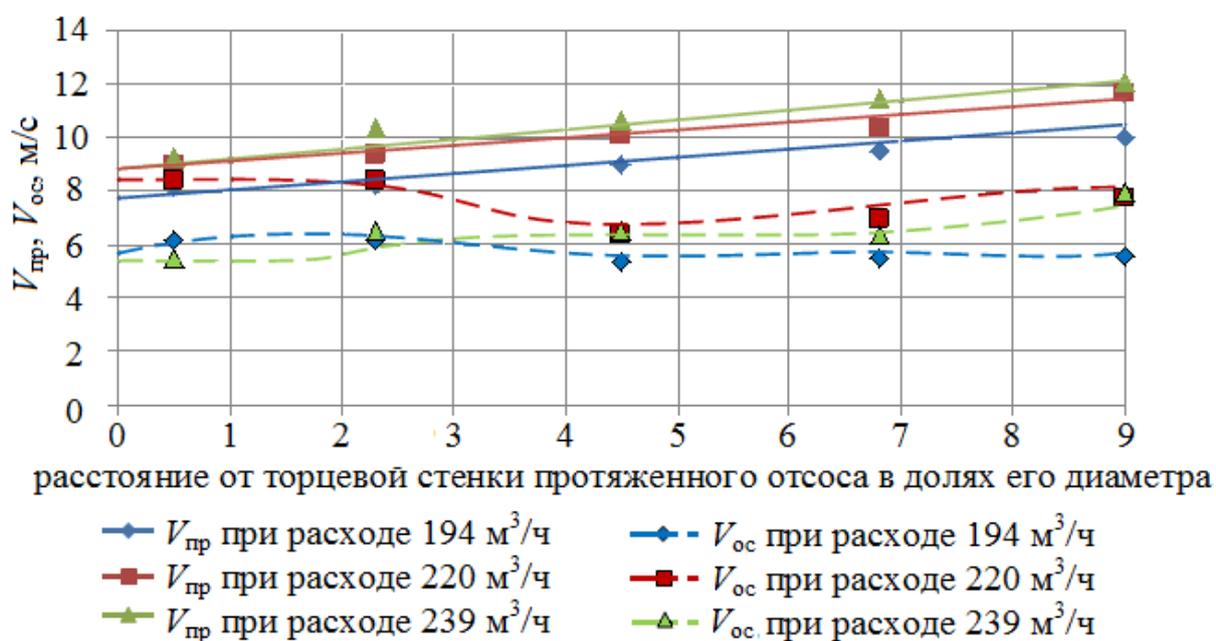


Рис.6. Изменение скоростей по длине всасывающей щели при соотношении 1:5 оснований прямоугольной трапеции в плане входного канала

Равномерность распределения скоростей по длине протяженного отсоса определяет эффективность всасывания воздуха в систему аспирации. Для перемещения пылинок внутри системы транспортирующая скорость должна быть больше скорости витания и трогания. Большей из них является скорость трогания, которая для частиц угля составляет 14 м/с. Экспериментально доказано, что осевая и средняя скорости значительно ниже скорости в пристенном слое на дне воздухопроводов. Поэтому при проектировании системы аспирации с тангенциальным входом воздуха в протяженный отсос требуемая средняя скорость движения в воздуховодах может быть принята меньше на 40%, чем того требуют справочные материалы (для угольной пыли 15 м/с). При этом величины пристенной скорости движения внутри воздуховода будет достаточно для

транспортирования частиц пыли. Поэтому создание вращения воздушного потока не увеличит сопротивления всей системы аспирации.

Для изучения закономерностей формирования факела всасывания исследуемого протяженного отсоса проведены измерения скоростей движения воздуха на расстоянии от щелевого отверстия. В процессе всасывания подтекание воздуха к входному каналу происходит со всех сторон. На расстоянии $7,5x/b$ сохраняется возможность улавливания пылинок в протяженный отсос, где x – расстояние точки измерения от плоскости всасывания, м; b – ширина щели, м. Чем ближе он установлен к источнику пылеобразования, тем эффективнее будет работать, большее количество пыли будет удалено системой аспирации.

Методом многофакторного анализа по итогам экспериментальных исследований определен коэффициент местного сопротивления протяженного отсоса цилиндрической формы с тангенциальным входом воздуха (формула (3)):

$$\zeta_{\text{вх}} = (-10^{-7} Re + 9,34) \left(1,59e^{-\frac{8,94b}{d}} \right) \left(2,38e^{-\frac{0,65F_{\text{вх}}}{F_0}} \right) \left(1,01e^{\frac{0,14l}{d}} \right). \quad (3)$$

Методика расчета аспирационной системы с протяженным отсосом с тангенциальным входом воздуха состоит из следующих этапов:

1. Определение расхода удаляемого воздуха по существующим методикам, L , м³/ч.
2. Выбор величины средней транспортирующей скорости в аспирационном воздуховоде $V_{\text{ср}}$ на 40% ниже справочной.
3. Расчет площади поперечного сечения протяженного отсоса, F_0 , м².
4. Определение диаметра протяженного отсоса, d , м.
5. Определение соотношения расстояния от центра всасывающего устройства до конца переходного воздуховода l к его диаметру d (из условия l/d не более 20).
6. Расчет ширины всасывающей щели b при используемом способе ее оформления (постоянная или сужающаяся щель, которая в плане представляет собой прямоугольную трапецию) по формуле (4):

$$b = L / (3600 \times c \times V_{\text{щ}}), \quad (4)$$

где c – длина щелевого отверстия протяженного отсоса, м;

$V_{\text{щ}}$ – скорость всасывания воздуха в щель протяженного отсоса, м/с.

Для гарантированного улавливания взвешенных частиц скорость направленного движения воздуха к всасывающей щели должна быть больше скорости витания этих частиц. Исходя из дисперсного состава образующейся пыли при технологическом процессе, скорость витания пылинок $V_{\text{вит}}$ определяется из справочной литературы. Согласно спектру всасывания пылинки (угольная пыль размером менее 50 мкм) могут быть захвачены на расстоянии от протяженного отсоса, при котором на основе

проведенных исследований скорость в спектре всасывания больше или равна $0,05V_{щ}$. Необходимая скорость всасывания воздуха в щель протяженного отсоса определяется из формулы (5):

$$V_{щ} = (1,1V_{вит})/0,05 \quad (5)$$

При суживающемся щелевом отверстии по формуле (5) определяется средняя линия прямоугольной трапеции, которая равна по формуле (6):

$$b = (b_1 + b_2)/2, \quad (6)$$

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

7. Расчет площади поперечного сечения всасывающей щели, $F_{вх}$, м².

8. Определение критерия Рейнольдса Re по формуле (7):

$$Re = V_{ср}d/\nu \quad (7)$$

где ν – кинематический коэффициент вязкости воздушной среды, м²/с.

9. Расчет коэффициента местного сопротивления входу воздуха в отсос $\zeta_{вх}$ согласно выражению (3).

10. Расчет потерь давления в отсосе $\Delta P_{отс}$, Па, по формуле (8):

$$\Delta P_{отс} = \zeta_{вх} \frac{\rho V_{ср}^2}{2}. \quad (8)$$

Согласно исследованиям наилучшие результаты всасывания воздуха и его закручивания получены для суживающейся щели при соотношении оснований прямоугольной трапеции в плане входного канала 1:5, при этом вращательное движение внутри воздухопроводов сохраняется на расстоянии более 20 диаметров от центра всасывающей щели.

Пятая глава «Эффективность внедрения системы аспирации при разгрузке угля на тепловых электростанциях» рассматривает эффективность внедрения системы аспирации с протяженным отсосом с тангенциальным входом воздуха на разгрузочных узлах ТЭС. Определено расстояние, на котором может быть захвачена пылинка угля определенной крупности (рисунок 7). Для расчета использован ранее полученный объемный расход загрязненного воздуха при разгрузке полувагона с каменным углем.



Рис. 7. Зависимость размеров всасываемых частиц угольной пыли от расстояния до плоскости всасывания протяженного отсоса

Рассмотрен экономический аспект внедрения системы аспирации с протяженным отсосом на разгрузочных площадках. Рассчитаны экономические затраты работодателя при неблагоприятных условиях труда на рабочих местах бригады машинистов вагоноопрокидывателя в соответствии с действующим законодательством. Расходы на предоставление льгот и компенсаций за вредные и (или) опасные условия труда на рабочем месте и косвенные расходы за счет утраты трудоспособности работников вследствие профзаболевания составят 244054 руб./год при капитальных вложениях 516696 руб. По истечении пяти лет внедрение аспирационной установки окупит затраты работодателя в целом (капитальных и эксплуатационных).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

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.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

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

2. Пригородова, Т.Н. Устройство для равномерного всасывания загрязненного воздуха от протяженного источника пыления / Т.Н. Пригородова // Безопасность жизнедеятельности. – 2016. – №2 (182). – С. 28–30.

Публикации в других изданиях:

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. Попова, Н.П. К вопросу локализации пылевыведений 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.

8. 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.

9. 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.

Пригородова Татьяна Николаевна

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

Специальность 05.26.01 – «Охрана труда (электроэнергетика)»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 17.04.2017.

Формат 60×84 1/16

Объем 0,8 п.л.

Тираж 100 экз.

Заказ 251

Типография УрГУПС, 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66