

На правах рукописи



НЕУМЕРЖИЦКАЯ НАТАЛЬЯ ВЯЧЕСЛАВОВНА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ КАК ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ
ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛЬЮ**

05.23.19 - Экологическая безопасность строительства и городского
хозяйства

.

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Волгоград – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор
Сидельникова Ольга Петровна

Официальные оппоненты:

Лобойко Владимир Филиппович,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», профессор кафедры «Экология и экономика природопользования»

Сидякин Павел Алексеевич,
кандидат технических наук, доцент,
Институт сервиса, туризма и дизайна
(филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске, профессор кафедры «Строительство»

Ведущая организация:

ФГБУН Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук

Защита диссертации состоится «13» июня 2018 г. в 12-00 на заседании диссертационного совета Д 212.028.09 при ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» по адресу: 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ауд. Б-203.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет».

Автореферат разослан

«__»_____2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Жукова Наталия Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Технологические процессы при производстве строительных конструкций и изделий из древесины сопровождаются значительными выделениями пыли в производственные помещения, а также в окружающую природную среду. По степени негативного воздействия на организм человека древесная пыль отнесена к малоопасным веществам (IV класс), но характеризуется абразивными свойствами, относится к аэрозолям преимущественно фиброгенного действия и в производственных условиях может вызывать аллергические реакции. При обработке древесины выделяется не только древесная, но и токсичная пыль веществ, которыми древесина пропитывается, поэтому данная пыль способна наносить вред не только здоровью людей, но и окружающей среде.

В проведенных ранее исследованиях были недостаточно изучены процессы распространения и оседания пыли, образующейся в производстве деревянных строительных конструкций, особенно пыли мелкодисперсных фракций PM_{10} и $PM_{2.5}$. Поэтому исследования, направленные на изучение перечисленных факторов, определяющих формирование пылевой обстановки на предприятии, являются актуальными.

С другой стороны, высокая запыленность воздуха на деревообрабатывающих предприятиях во многом обусловлена неустойчивостью работы систем аспирации. Нарушения работоспособности аспирационных установок возникают вследствие образования пылевых отложений на внутренних поверхностях горизонтальных воздуховодов, а также из-за отказов аппаратов пылеочистки в результате забивания или абразивного износа. В этой связи актуальными являются исследования, направленные на обеспечение надежности систем аспирации.

Степень разработанности темы исследования. Вопросами защиты окружающей среды от негативного воздействия пылевых выбросов при производстве строительных материалов и конструкций занимались и занимаются ряд исследователей: Азаров В.Н., Аксенов Л.А., Александров А. Н., Беспалов В.И., Богуславский Е.И., Воронин Ю.В., Гуревич Н.А., Жестяников М.В., Забозлаев Б.С., Козориз Г.Ф., Лапкаев А.Г., Мензелинцева Н.В., Русак О.Н., Сергина Н.М. Трахтенберг И.М. и другие. Однако остается актуальной проблема снижения загрязнения воздуха окружающей среды и рабочих зон предприятий мелкодисперсной пылью PM_{10} и $PM_{2.5}$. Решение этой проблемы и является основной целью настоящей диссертации.

Цель исследования. Изучив свойства пыли, образующейся на деревообрабатывающих предприятиях строительной сферы, законы ее диффундирования,

улавливания, оседания, минимизировать отрицательное воздействие пылевыведений на природу и, в целом, на окружающую среду.

В рамках реализации данной цели были решены следующие задачи.

Проанализированы

- технологические процессы, лежащие в основе производства древесных строительных конструкций и, следовательно, являющиеся источником загрязнения атмосферного воздуха;
- методы и средства обеспыливания воздушной среды при производстве изделий и строительных конструкций из древесины;
- характеристики оборудования, используемого в системах обеспыливания, пневмотранспорта, аспирации при производстве деревянных строительных конструкций и изделий.

Проведены

- экспериментальные и теоретические исследования, связанные с процессами распространения и оседания древесной пыли в окружающей среде, в том числе PM_{10} и $PM_{2.5}$, методов обеспыливания воздуха в производстве строительных деревянных изделий и конструкций;
- исследования данных о свойствах пыли, образующейся при механической обработке древесины, дисперсном составе пыли, выделяющейся при различных процессах деревообработки: пиление, строгание, сверление, фрезерование, шлифование.

Разработаны

- методы и решения (включая экспериментальную оценку эффективности этих решений), обеспечивающие надежность систем аспирации при производстве строительных материалов, изделий, конструкций;
- конструкции аппаратов пылеочистки для снижения выбросов в атмосферу, в том числе мелкодисперсной древесной пыли, и обеспечения надежности работы систем пылеочистки.

Основная идея работы состоит в совершенствовании оценки и использовании закрученных потоков для обеспечения надежности систем пылеулавливания при производстве строительных конструкций, результатом чего является снижение выбросов мелкодисперсной древесной пыли в атмосферный воздух.

Методы исследования: детальное изучение и обобщение известных научных и технических результатов в обозначенной выше области исследования; экспериментальные исследования в лабораториях и на промышленных объектах; компьютерная обработка экспериментальных данных с использованием методов математической статистики, корреляционного анализа.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обоснована применением классических положений теоретического анализа, планированием

необходимого объема экспериментов, подтверждена удовлетворяющей требуемым критериям сходимостью полученных результатов экспериментальных исследований, выполненных в лабораторных и промышленных условиях, с результатами других авторов, а также актами внедрения результатов.

Научная новизна работы:

- по результатам натурных исследований получены данные о дисперсном составе пыли и значениях PM_{10} и $PM_{2.5}$, поступающей в зону дыхания людей, занятых в производстве при выполнении основных технологических операций по обработке древесины разных пород и при разных способах организации обеспыливания, а также данные о степени загрязнения атмосферного воздуха;
- на основе результатов исследований, выполненных в натурных условиях, установлены расчетные зависимости, характеризующие изменение концентрации пыли, в том числе и мелкодисперсной, в воздухе помещений предприятий по производству строительных изделий из древесины;
- по результатам исследования и обобщения данных о дисперсном составе пыли, поступающей в окружающую среду, установлены зависимости, характеризующие интегральную функцию распределения, описывающую пофракционное распределение массы частиц для пыли, образующейся при механической обработке разных пород древесины;
- на основе результатов проведенных экспериментов получены зависимости для определения аэродинамических характеристик, в частности, скорости оседания частиц древесной пыли в воздушной среде с учетом их геометрической формы и размеров;
- исследовано влияние на запыленность воздуха аппарата ВЗП с обратным конусом и коническим закручивателем потока нижнего ввода, конструкция которого разработана для обеспечения надежности систем пылеулавливания и снижения выбросов в атмосферу.

Теоретическое и практическое значение работы:

- на основании теоретических и экспериментальных исследований получены верхние и нижние огибающие для диапазона изменения интегральных функций распределения массы частиц по диаметрам для следующих технологических процессов: пиление, фрезерование, сверление, строгание, шлифование;
- во избежание поломок аппаратов пылеочистки из-за абразивного износа или забивания и в целях снижения выбросов пыли в воздух окружающей среды, для систем обеспыливания, аспирации разработана конструкция аппарата ВЗП, использующая обратный конус и конический закручиватель потока нижнего ввода;

- проведены экспериментальные исследования для оценки проскока пыли и аэродинамических характеристик аппарата ВЗП с обратным конусом и коническим закручивателем потока нижнего ввода;
- получены и обобщены данные об основных свойствах: аэродинамических характеристиках, размерах, форме пыли, образующейся при производстве деревянных строительных конструкций и изделий, необходимые для решения вопросов обеспыливания выбросов в воздух окружающей среды;
- на основании теоретических и экспериментальных исследований получены исходные данные для оценки величины выбросов в атмосферу от организованных и неорганизованных источников.

Реализация результатов работы:

- предложенная автором к использованию в столярных цехах установка ВЗП-400, прошедшая опытно-промышленные испытания (в течение 72 часов) в ООО «Тандем-ВП» (г. Новочеркасск) и в ООО «ПТБ Волгоградгражданстрой» (г. Волгоград), работает устойчиво, обеспечивая выполнение требуемых норм на границе санитарно-защитной зоны;
- полученные результаты и выработанные рекомендации по снижению поступления выбросов пыли в атмосферу в цехе по производству сорбентов ООО «Диара» (г. Миллерово) позволили снизить эти выбросы на 14%, а также добиться концентрации древесной пыли на границе санитарно-защитной зоны менее 0,5 мг/м³.

Апробация результатов работы. Основные положения и результаты работы докладывались и получили одобрение на: 6-й Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная», г. Брянск, 2017 г.; 1-й Европейской конференции, посвященной достижениям и разработкам молодых ученых в естественных и технических науках, г. Вена, 2017 г.; секции «Вероятностно-аналитические модели и методы» 7-й Международной конференции «Современные методы и проблемы теории операторов и гармонического анализа и их приложения», г. Ростов-на-Дону, 2017 г.; научном семинаре по экологической безопасности при кафедре «Безопасность жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве» ИАиС ВолгГТУ, г. Волгоград; научном семинаре по методам математического моделирования при кафедре «Информационные системы в строительстве» РГСУ, г. Ростов-на-Дону; научном семинаре по стохастическим методам при кафедре «Высшая математика» ДГТУ, г. Ростов-на-Дону.

Положения, выносимые на защиту:

- схема расчета для определения пылевых выбросов в атмосферу от деревообрабатывающего предприятия;

- установленные экспоненциальные закономерности изменения концентрации пыли в воздухе помещения с учетом расстояния от станка, породы древесины и способа подачи воздуха;
- особенности изменения запыленности воздуха по высоте деревообрабатывающего цеха в зависимости от способа подачи воздуха в помещении;
- результаты исследования аэродинамических характеристик древесной пыли;
- возможности применения при анализе дисперсного состава древесной пыли метода рассеечения, который дает возможность учитывать долю пыли мелких фракций при выборе оптимальной эффективности пылеуловителя;
- при выборе систем аспирации, средств коллективной защиты необходимо ориентироваться на верхние огибающие диапозона изменения интегральной кривой распределения массы частиц по диаметрам;
- экспериментальные зависимости степени проскока пыли аппарата ВЗП с обратным конусом и коническим закручивателем потока нижнего ввода от различных режимных характеристик пылеуловителя;
- для шлифовальной древесной пыли оптимально работает аппарат ВЗП с обратным конусом, для крупной пыли эффективен аппарат ВЗП с коническим закручивателем потока нижнего ввода, для древесной пыли средних фракций степень проскока пыли примерно одинаковая;
- аналитические зависимости, характеризующие степень проскока пыли в системах аспирации с учетом изменяющихся расхода и концентрации пылегазового потока, обусловленных особенностями технологического режима;
- аппарат ВЗП с обратным конусом и коническим закручивателем потока нижнего ввода позволяет снизить суммарный проскок пыли в 2,7-3,5 раза, выбросы мелкодисперсной пыли PM_{10} сократить в 1,8-2,0 раза, выбросы мелкодисперсной пыли $PM_{2,5}$ сократить в 1,3-1,5 раза.

Публикации. Основные результаты исследований по теме диссертации изложены в 11 работах, в том числе в 4 статьях, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, в 1 статье, индексируемой в международной базе «Scopus» и в 1 статье, индексируемой в международной базе «AGRIS».

Объём и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем работы составляет 145 страниц, в том числе: 139 страниц – основной текст, содержащий 20 таблиц, 82 рисунка, библиографический список из 108 наименований; 3 приложения на 3 страницах; условные обозначения на 3 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель, задачи и основная идея работы, ее научная новизна и практическая значимость, приведены сведения об апробации и практическом внедрении результатов проведенных исследований.

Первая глава посвящена анализу технологических процессов на деревообрабатывающих предприятиях как источников пылевого загрязнения окружающей среды. Обозначены главные технологические операции, лежащие в основе производства строительных конструкций и изделий из дерева, а также древесные породы, используемые в качестве материала. Отмечено, что особо обильное пылевыделение в процессе переработки древесных материалов наблюдается при шлифовании, при котором образуется мелкодисперсная пыль (менее 20 мкм). Проанализированы известные методы и средства обеспыливания воздуха окружающей среды при производстве строительных материалов и изделий из древесины (местные отсосы, напольные отсосы периодического или непрерывного действия, коллекторные и разветвленные системы аспирации, централизованные и децентрализованные системы аспирации). Этот анализ показал, что широкое применение на предприятиях получили аппараты на встречных закрученных потоках (ВЗП). Для очистки выбросов в атмосферу в централизованных системах аспирации и пневмотранспорта используются преимущественно циклоны, в том числе циклонные аппараты, в которых реализуются вихревые эффекты (циклоны типа Ц, сухие циклоны, СИОТ-М и СИОТ-М1, циклон с конусом-коагулятором ЦКК, циклон с внутренней рециркуляцией ЦВР, сферический циклон, рециркуляционный пылеулавливающий агрегат ПУА, пылеулавливающий агрегат ПУАД, установки вентиляционные пылеулавливающие УВП, установки АПР для улавливания абразивной пыли, агрегаты АОУМ, очищающие заточные, шлифовальные и другие станки от сухой пыли и мелкой стружки). В этой же главе сформулированы основные направления исследований: изучение возможности применения закрутки потока в горизонтальных воздуховодах и разработка конструкции аппарата, позволяющего эффективно улавливать и абразивные, и неабразивные пыли.

Во **второй главе** разрабатываются исходные данные для наиболее эффективного обеспыливания воздушной среды на деревообрабатывающих предприятиях. Эксперименты и исследования с целью оценки пылевой обстановки в производственных помещениях, а также анализ выбросов в атмосферу проводились на ряде предприятий г. Ростова-на-Дону, выпускающих строительные материалы, изделия и конструкции из древесины. В исследуемых цехах производят изделия из дуба, сосны, березы, ясеня, пихты, лиственницы.

При оценке выбросов в атмосферу от неорганизованных источников выбросов в качестве концентрации пыли была выбрана запыленность на рабочих местах. Экспериментальные исследования были проведены автором в различные периоды года: холодный, переходный и теплый. Отбор проб проводился при различных способах подачи приточного воздуха в помещение, которые характерны для деревообрабатывающего производства. Содержание вредного вещества в конкретной точке определяется суммарным временем отбора, которое составляет 30 мин. За данный период времени отбирались три последовательные пробы через равные промежутки времени, которые составляли 10 мин. В течение смены в одной точке последовательно отбирались пробы (по три пробы) при неизменности последовательности технологических операций, а также степени загрузки оборудования и видов пород обрабатываемого дерева. Пробы воздуха на наличие пылевых частиц отбирались на аналитические аэрозольные фильтры типа АФА, которые размещены в открытом аллонже.

Осредненные значения концентрации пыли в воздухе станочников приведены в таблице 1.

В зоне дыхания работающих по концентрации пыли самые неблагоприятные условия отмечаются при процессах шлифования. Отходы, образующиеся при шлифовании, являются пылью, которая в дальнейшем поступает в атмосферный воздух. При обработке пород древесины разной твердости концентрация пыли в атмосферном воздухе при осуществлении одной и той же технологической операции находится в пределах от 2% до 11% (среднее значение — 6,5%). Данные по общей концентрации отличаются от результатов, которые приведены в работе А. Г. Лапкаева, на 5-45%. Также следует отметить, что в данной работе А. Г. Лапкаева не рассматривается загрязнение мелкодисперсной пылью и данные по PM_{10} , $PM_{2,5}$ отсутствуют. Результаты же замеров автора показали, что при различных способах организации воздухообмена диапазон изменения общей концентрации пыли в рабочей зоне находился в пределах 20%. Это утверждение по общей концентрации принципиально не расходится с данными А.Г. Лапкаева. Следовательно, способы подачи воздуха в меньшей степени оказывают влияние на общее загрязнение пыли, чем на PM_{10} , $PM_{2,5}$. Этот вывод сделан на основе измерений следующих способов организации воздухообмена: струями с высоты 4 метров, непосредственно в рабочую зону со скоростью 0,7 м/с, через дверные и оконные проемы.

На основании проведенных исследований параметров запыленности в рабочей зоне цехов по производству строительных конструкций из древесины можно сделать вывод, что общую концентрацию пыли, поступающей из цеха в окружающую среду через неплотности или дефлекторы, следует принимать

равной концентрации в рабочей зоне, а значения PM_{10} и $PM_{2,5}$ следует принимать с учетом возможности изменения вследствие организации воздухообмена.

Таблица 1 - Запыленность воздуха на рабочих местах при различных процессах деревообработки

Материал	Концентрация пыли, мг/м ³					
	Холодный и переходный период			Теплый период		
	Общая	PM_{10}	$PM_{2,5}$	Общая	PM_{10}	$PM_{2,5}$
пиление						
сосна	5,2-11,8	0,52-1,18	0,03-0,05	5,4-11,9	0,54-1,19	0,03-0,05
береза	5,5-11,9	0,55-1,19	0,04-0,05	5,5-12,1	0,55-1,21	0,04-0,05
дуб	5,4-11,6	0,54-1,16	0,05-0,06	5,6-11,6	0,56-1,16	0,05-0,06
ясень	5,4-11,0	0,54-1,1	0,04-0,05	5,7-11,3	0,57-1,1	0,04-0,05
фрезерование						
сосна	6,4-8,3	0,32-0,415	0,03-0,05	6,5-8,4	0,33-0,42	0,03-0,05
береза	6,6-8,4	0,33-0,42	0,04-0,05	6,6-8,4	0,33-0,42	0,04-0,05
дуб	6,5-8,6	0,33-0,43	0,05-0,06	6,7-8,9	0,34-0,45	0,05-0,06
ясень	6,5-8,6	0,33-0,43	0,04-0,05	6,6-8,6	0,33-0,43	0,04-0,05
сверление						
сосна	6,2-8,9	0,62-0,89	0,03-0,05	6,4-8,9	0,64-0,89	0,03-0,05
береза	6,4-9,1	0,64-0,91	0,04-0,05	6,9-9,1	0,69-0,91	0,04-0,05
дуб	6,3-8,9	0,63-0,89	0,05-0,06	6,3-9,4	0,63-0,94	0,05-0,06
ясень	6,5-9,1	0,65-0,91	0,04-0,05	6,6-9,1	0,66-0,91	0,04-0,05
строгание						
сосна	5,9-10,5	0,59-1,05	0,03-0,05	6,2-10,7	0,62-1,07	0,03-0,05
береза	6,1-10,9	0,61-1,09	0,04-0,05	6,5-10,9	0,65-1,09	0,04-0,05
дуб	6,3-10,7	0,63-1,07	0,05-0,06	6,3-10,7	0,63-1,07	0,05-0,06
ясень	6,4-10,8	0,64-1,08	0,04-0,05	6,4-10,9	0,64-1,09	0,04-0,05
шлифование						
сосна	7,7-13,1	0,77-2,62	0,04-0,07	7,8-13,1	0,78-2,64	0,04-0,07
береза	7,8-12,9	0,78-2,58	0,04-0,07	7,8-13,1	0,77-2,56	0,04-0,05
дуб	7,5-13,2	0,75-2,64	0,05-0,08	7,5-13,4	0,79-2,64	0,05-0,07
ясень	7,8-13,0	0,78-2,6	0,06-0,07	7,9-13,0	0,79-2,65	0,07-0,08

Выбросы пыли деревообрабатывающих производств в атмосферный воздух довольно часто сложно оценить. Более теплый воздух, выделяемый при работе машин и механизмов, поднимается вверх, и только часть выбросов удаляется аспирационными системами, а другая часть остается без очистки и, как правило, уходит в атмосферу через дефлекторы и неорганизованную вентиляцию. Выбросов в атмосферу поступает больше, чем удаляется аспирационными системами.

Для определения массы выбросов от источников пыления деревообрабатывающих производств предложен расчет по схеме (рисунок 1).

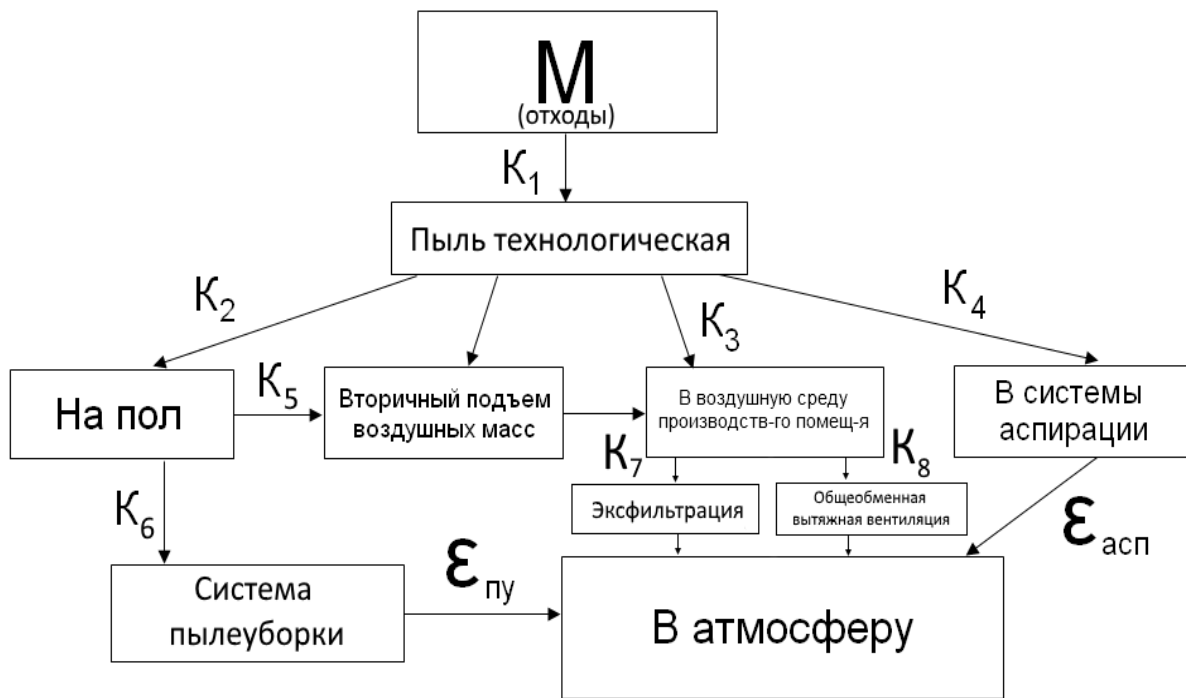


Рисунок 1 - Определение пылевых выбросов в атмосферу от деревообрабатывающего предприятия: M – отходы; K_1 – коэффициент, учитывающий долю отходов при деревообработке, которые переходят в пыль (состояние твердых взвешенных частиц); K_2 – коэффициент, учитывающий долю «тяжелой» пыли, оседающей на пол; K_3 – коэффициент, учитывающий долю пыли, неочищенной системами аспирации, поступающей в воздушную среду производственного помещения; K_4 – коэффициент, учитывающий долю «задержанной» пыли в системах аспирации; K_5 – коэффициент, учитывающий долю пыли, подвергнутой вторичному подъему в воздушной среде производственного помещения; K_6 – коэффициент, учитывающий долю пыли, удаляющейся в процессе пылеуборки; K_7 – коэффициент, учитывающий долю пыли, поступающей путем эксфильтрации в окружающую среду (неплотности окна и др.); K_8 – коэффициент, учитывающий долю пыли, поступающей через общеобменную вытяжную вентиляцию; $\epsilon_{асп}$ – степень проскока пыли в пылеулавливающем устройстве; $\epsilon_{пу}$ – степень проскока пыли в пылеуборочном устройстве

На рисунке 2 приведены графические зависимости, характеризующие изменения концентрации пыли в воздухе у рабочей зоны на различных расстояниях от круглопильного станка во время обработки различных пород древесины. Данные демонстрируют оптимальную работу систем аспирации.

Данные опытов говорят о том, что концентрация пыли в воздухе помещения изменяется по экспоненциальному закону с расстоянием от станка и это происходит независимо от способа подачи воздуха и породы древесины.

Длина и ширина элементарных объемов соответствовали шагу колонн, а высота – высоте цеха. Отбор проб был проведен в точках, расположенных в нескольких частях помещения для каждых 0,5 м высоты.

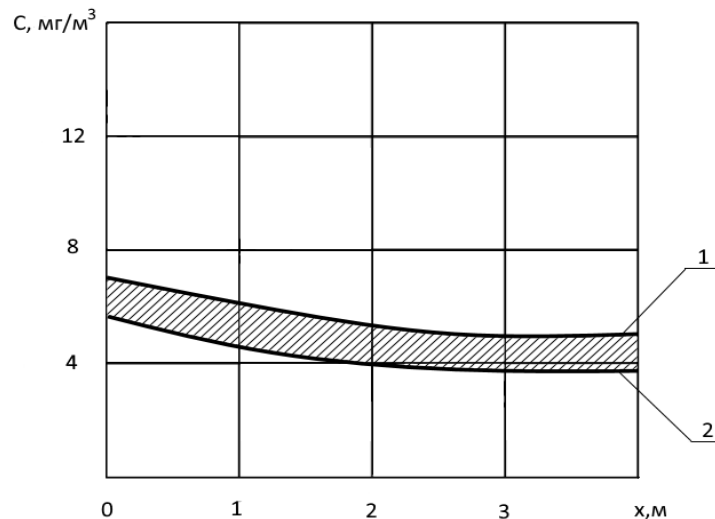


Рисунок 2 – Изменение концентрации в воздухе рабочей зоны на высоте 1,5 м на разных расстояниях от круглопильного станка для пыли, образующейся при обработке различных видов древесины: 1 - при подаче воздуха с высоты до 4-х м; 2 - при подаче воздуха непосредственно в рабочую зону

Опыты проводились при двух различных способах подачи свежего воздуха в помещение: подача с высоты не более 4-х м и подача прямо в рабочую зону. Осредненные результаты опытов в виде графиков представлены на рисунках 3, 4. При этом использованы следующие обозначения: h – высота замерного сечения; H – высота помещения; $h_{p.z.}$ – высота рабочей зоны (2 м); C_i – концентрация пыли в i -том замерном сечении, мг/м^3 ; $C_{p.z.}$ – концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, мг/м^3 .

На рисунке 3 видно, как изменяется концентрация пыли по высоте цеха, если подача воздуха осуществляется прямо в рабочую зону. Для этого использовались воздухораспределительные панели ВЭПш. Они обладают высокой эжектирующей способностью и обеспечивают быстрое затухание скоростей при выходе из устройства. Все это дает возможность устанавливать устройства для раздачи воздуха вблизи рабочих мест. В данном случае отработанный воздух вытесняется из рабочей зоны и исключено вовлечение в циркуляцию загрязненного воздуха, находящегося в верхней зоне помещения. Вместе с тем наблюдается постепенный рост запыленности воздуха вне рабочей зоны. В атмосферу общеобменными вентиляционными системами выбрасывается воздух со значительным содержанием пыли (большим, чем в рабочей зоне). На рисунке 4 показано изменение концентрации пыли по высоте цеха при подаче воздуха в рабочую зону с высоты до 4-х м. Для этого случая характерно резкое возрастание концентрации пыли на уровне расположения воздухоподающего устройства. Затем концентрация пыли по высоте цеха остается практически постоянной, но в атмосферу также выбрасывается воздух с большим содержанием пыли, чем в рабочей зоне.

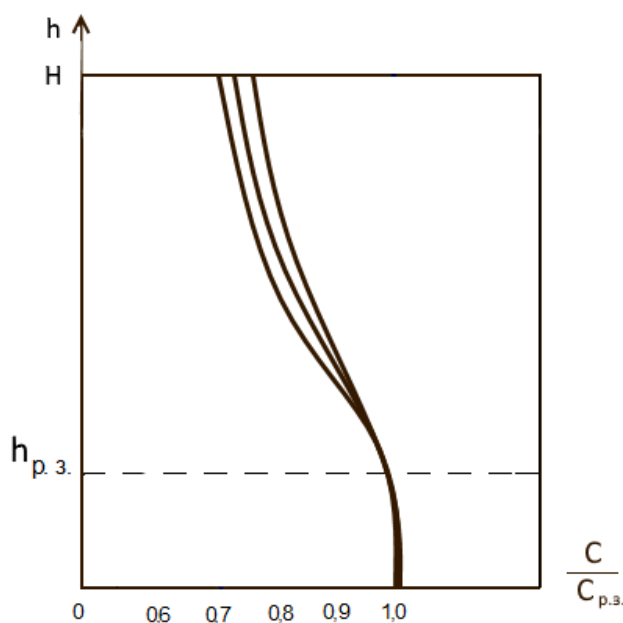


Рисунок 3 – Изменение концентрации пыли по высоте цеха при подаче воздуха в рабочую зону

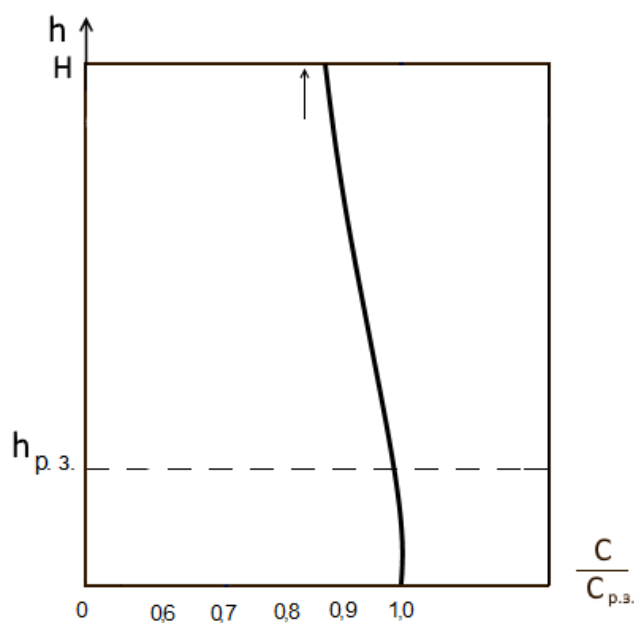


Рисунок 4 – Изменение концентрации пыли по высоте цеха при подаче воздуха в рабочую зону с высоты до 4-х м

Таким образом, способ организации воздухообмена влияет не только на концентрацию в рабочей зоне, но и на выбросы в атмосферу.

В **третьей главе** исследуются дисперсный состав и основные свойства пыли, образующейся при производстве деревянных строительных конструкций. Для проведения дисперсионного анализа была использована методика микроскопического анализа с применением ПК и компьютерной программы для дисперсного анализа DUST. Отбор проб древесной пыли проводился в точках, находящихся на разных расстояниях от деревообрабатывающего цеха: на тер-

ритории промплощадки (25 м, 50 м) и на границе санитарно-защитной зоны (100 м). Время отбора в каждой точке равнялось 20 минутам. Результаты исследований представлены в таблице 2. Условия проведения приведенных замеров: относительная влажность воздуха $\varphi = 72\%$, скорость ветра 1,2 м/с, температура воздуха $t = 180^{\circ}\text{C}$.

Одновременно производилось исследование дисперсного состава пыли микроскопическим методом, по методикам, изложенным в работе. На рисунках 5 и 6 приведены интегральные функции распределения массы частиц по диаметрам в конце и начале рабочего дня.

Из рисунков 5 и 6 следует, что в атмосферный воздух поступают частицы пыли, основная масса которых приходится на частицы с размерами менее 20 мкм. Причем в начале рабочего дня в атмосферном воздухе на территории промплощадки на долю частиц PM_{10} приходится 5-10%, в конце рабочего дня – 9-12%. Однако на границе санитарно-защитной зоны содержание мелкодисперсных частиц возрастает и составляет: для частиц PM_{10} в начале рабочего дня 50%, в конце рабочего дня – 98%; для частиц $\text{PM}_{2,5}$ – 0,6% и 15% соответственно.

Таблица 2 - Результаты оценки фракционного состава и концентрации древесной пыли в атмосферном воздухе

Расстояние от цеха, м	Общая кон- центрация мг/м ³	PM ₁₀		PM _{2,5}	
		Содержание%	Концентрация мг/м ³	Содержание %	Концентрация мг/м ³
время проведения замеров – начало рабочего дня					
25	4,8	8	0,39	-	-
50	3,7	9	0,33	-	-
100	0,31	95	0,29	0,5	0,002
время проведения замеров – конец рабочего дня					
25	4,3	10	0,43	-	-
50	2,9	15	0,44	-	-
100	0,32	98	0,31	10	0,03

Исследования аэродинамических характеристик древесной пыли показали, что при максимальной скорости оседания 1,1 м/с частицы имеют диаметр от 11 до 28 мкм, а при минимальной скорости оседания, равной 0,1 м/с, частицы имеют диаметр от 1,1 мкм до 9 мкм.

Использование метода рассеяния В.Н. Азарова при анализе дисперсного состава пыли позволяет учитывать долю пыли мелких фракций при выборе оптимальной эффективности пылеуловителя.

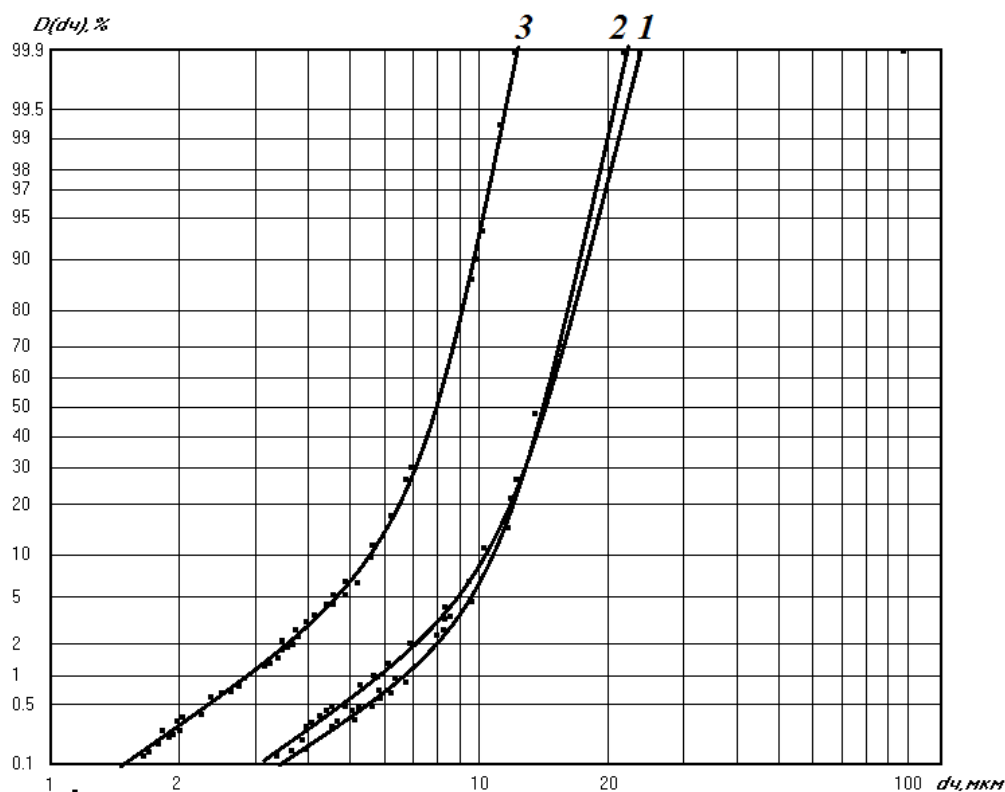


Рисунок 5 – Интегральные функции распределения массы частиц по диаметрам (в начале рабочего дня): 1- на расстоянии 25 м от цеха; 2 - на расстоянии 50 м от цеха; 3 - на расстоянии 100 м от цеха

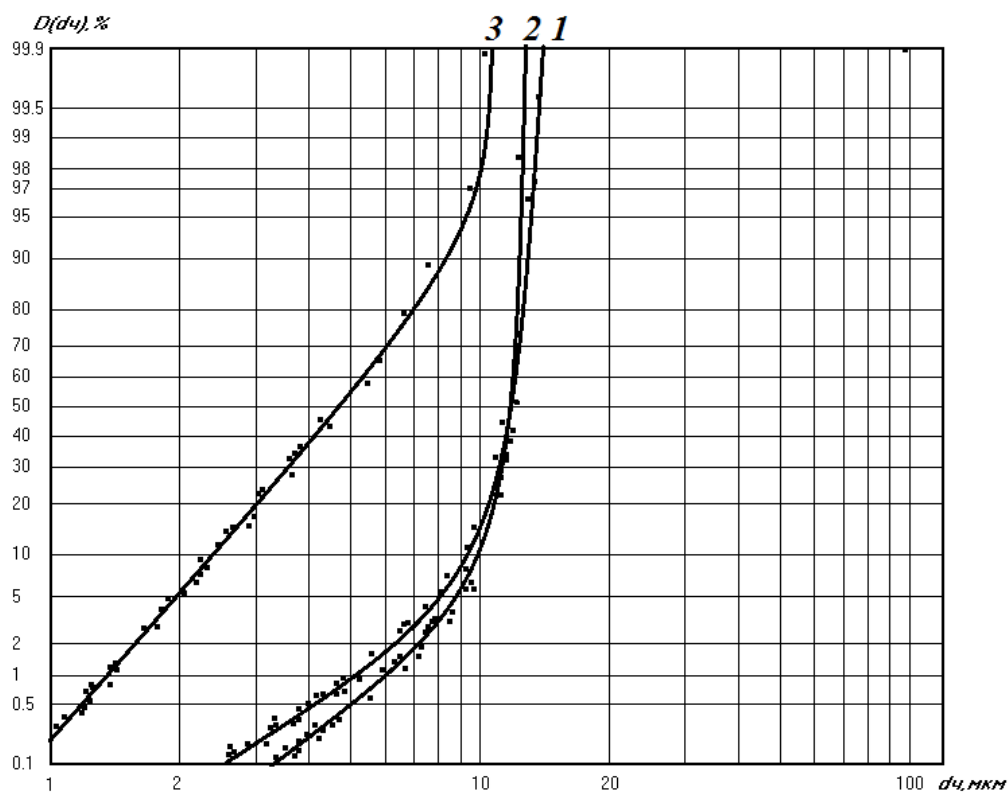


Рисунок 6 – Интегральные функции распределения массы частиц по диаметрам (в конце рабочего дня): 1- на расстоянии 25 м от цеха; 2 - на расстоянии 50 м от цеха; 3 - на расстоянии 100 м от цеха

Анализ дисперсного состава пыли при основных процессах обработки строительных материалов из древесины показал: при процессах шлифования наблюдается наибольший разброс данных, т.е. присутствуют частицы пыли как мелких, так и крупных фракций. При выборе средств борьбы с запыленностью следует ориентироваться на верхние огибающие диапозона изменения интегральной кривой распределения массы частиц по диаметрам. Установлено, что теоретические расчеты $d_{\text{критич}}$ для циклонов и других инерционных аппаратов зачастую не соответствуют многочисленным опытам и экспериментальным данным. Причиной этого является «эффект проскока крупных частиц» для пылеуловителей малого диаметра, что показано в диссертации.

В **четвертой главе** получены экспериментальные зависимости степени проскока пыли аппарата ВЗП с обратным конусом и коническим закручивателем потока нижнего ввода от различных режимных характеристик пылеуловителя. Данный аппарат показывает наилучшие показатели работы (наименьший проскок пыли) для шлифовальной древесной пыли в диапазоне относительных скоростей потока V_y от 3 до 8 м/с, в том числе и для мелкодисперсной пыли размером менее 10 микрон (PM_{10}).

По результатам экспериментов установлено: для шлифовальной древесной пыли оптимально работает аппарат ВЗП с обратным конусом, для крупной пыли эффективен аппарат ВЗП с коническим закручивателем потока нижнего ввода, для древесной пыли средних фракций степень проскока пыли примерно одинаковая.

При уменьшении расхода воздуха аппарат ВЗП с обратным конусом менее эффективен, чем стандартный аппарат ВЗП, при увеличении расхода эффективен аппарат ВЗП с коническим закручивателем потока нижнего ввода.

Получены аналитические зависимости, характеризующие степень проскока пыли в системах аспирации с учетом изменяющихся расхода и концентрации пылегазового потока, обусловленных особенностями технологического режима.

Установка ВЗП с обратным конусом и коническим закручивателем потока нижнего ввода позволяет снизить суммарный проскок пыли в 2,7-3,5 раза, выбросы мелкодисперсной пыли PM_{10} сократить в 1,8-2,0 раза, выбросы мелкодисперсной пыли $PM_{2.5}$ сократить в 1,3-1,5 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа посвящена решению актуальных задач – обеспечению экологической безопасности на предприятиях по производству деревянных строительных конструкций и изделий и снижению негативного воздействия на атмосферный воздух. По результатам выполненных комплексных исследований, направленных

на: прогнозирование состояния воздушной среды; изучение технологических процессов, происходящих при подготовке и производстве строительных изделий из древесины; конструирование, оптимизацию параметров пылеулавливания аппаратов ВЗП с целью снижения негативного воздействия пылевого фактора, можно сделать следующие **основные выводы по работе**:

1. Проработка и анализ известной научной литературы и других научно-технических источников показали, что для обеспыливания воздушной среды на деревообрабатывающих предприятиях применяются централизованные и децентрализованные системы обеспыливания. При этом для очистки выбросов в атмосферу в централизованных системах аспирации и обеспыливания в большинстве случаев используются циклонные аппараты, в которых реализуются вихревые эффекты.

2. Предложена схема расчета «Определение пылевых выбросов в атмосферу от деревообрабатывающего предприятия», учитывающая все источники пыления.

3. В результате проведения натурных экспериментов и исследований процессов распространения и оседания пыли в производственных помещениях ряда предприятий установлено: изменение запыленности воздуха рабочей зоны и плотности оседания пыли в производственных помещениях на различных расстояниях от источников пылевыделения подчиняется экспоненциальному закону.

4. Полученные результаты изучения дисперсного состава и основных свойств древесной пыли, данные о которых необходимы для решения вопросов обеспыливания воздуха, показали, что в атмосферный воздух поступают частицы пыли, основная масса которых приходится на частицы с размерами менее 20 мкм. Причем в начале рабочего дня в атмосферном воздухе на территории промплощадки на долю частиц PM_{10} приходится 5-10%, в конце рабочего дня – 9-12%. Однако на границе санитарно-защитной зоны содержание мелкодисперсных частиц возрастает и составляет: для частиц PM_{10} в начале рабочего дня 50%, в конце рабочего дня – 98%; для частиц $PM_{2.5}$ – 0,6% и 15% соответственно.

5. Построена параболическая графическая зависимость, характеризующая скорость оседания частиц древесной пыли, образующейся в процессе шлифования, от среднего эквивалентного диаметра при максимальной скорости оседания 1,1 м/с частицы имеют диаметр от 11 до 28 мкм, а при минимальной скорости оседания, равной 0,1 м/с, частицы имеют диаметр от 1,1 мкм до 9 мкм.

6. Для процессов деревообработки: пиления, фрезерования, сверления, строгания, шлифования, — были получены верхние и нижние огибающие диапазонов изменения дисперсного состава древесной пыли. При выборе средств пы-

леулавливания, средств коллективной защиты и систем аспирации следует ориентироваться на верхние огибающие.

7. Для обеспечения надежности систем аспирации, предназначенных для обеспыливания воздуха рабочей зоны, а также для снижения запыленности атмосферного воздуха, на основе данных о свойствах исследуемой пыли предложено использование опытно-промышленной установки — аппарата ВЗП с обратным конусом и коническим закручивателем. Получены экспериментальные зависимости степени проскока пыли аппарата ВЗП с обратным конусом и коническим закручивателем потока нижнего ввода от различных режимных характеристик пылеуловителя. Данный аппарат показывает наименьший проскок для древесной пыли в диапазоне относительных скоростей потока от 3 до 8 м/с, в том числе и для мелкодисперсной пыли размером менее 10 мкм (PM_{10}).

8. Установка ВЗП с обратным конусом и коническим закручивателем потока нижнего ввода позволяет снизить суммарный проскок пыли в 2,7-3,5 раза. Установка ВЗП-400, прошедшая опытно-промышленные испытания в течение 72 часов в ООО «Тандем-ВП» (г. Новочеркасск) и в ООО «ПТБ Волгоградгражданстрой» (г. Волгоград), работает устойчиво и обеспечивает выполнение требуемых норм на границе санитарно-защитной зоны.

9. Полученные в диссертационной работе результаты и выработанные рекомендации по снижению поступления выбросов пыли в атмосферу в цехе по производству сорбентов ООО «Диара» (г. Миллерово) позволили снизить эти выбросы на 14%, а также добиться концентрации древесной пыли на границе санитарно-защитной зоны менее 0,5 мг/м³.

Предлагаются следующие **рекомендации**:

1. В целях снижения загрязнения атмосферной среды и улавливания древесной пыли в системах пылеулавливания, аспирации, пневмотранспорта использовать аппарат ВЗП с обратным конусом и коническим закручивателем потока нижнего ввода.

2. При подборе средств пылеулавливания использовать исходные данные по древесной пыли, полученные в диссертационной работе, — интегральные функции распределения частиц по диаметрам, аэродинамические характеристики и пр. для различных технологических операций.

Перспективы дальнейшей разработки темы заключаются в расширении области применения аппарата ВЗП с обратным конусом и коническим закручивателем потока нижнего ввода для технологических процессов в производстве других строительных материалов и изделий.

Основное содержание работы отражено в следующих публикациях

Работы, опубликованные в изданиях, индексируемых в международной базе «Scopus»:

1. Neumerzhitskaya, N.V. Finite Element Modeling of the Creep of Shells of Revolution Under Axisymmetric Loading [Text] / A. Chepurnenko, N.V. Neumerzhitskaya, M. Turko // International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2017. – V. 692. – pp. 808-817.

Работы, опубликованные в изданиях, индексируемых в международной базе «AGRIS»:

2. Неумержицкая, Н.В. О влиянии древесной пыли на природную среду при строительстве и эксплуатации объектов агропромышленного комплекса [Текст] / Д.С. Дружинина, Н.В. Неумержицкая, Н.М. Сергина // Успехи современной науки. – 2017. – Том 2. - №6. – С. 91-94.

Работы, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях:

3. Неумержицкая, Н.В. О результатах оценки воздействия на качество атмосферного воздуха и об определении необходимой степени очистки пылевых выбросов асфальтобетонных заводов [Электронный ресурс] / М.В. Белоножко, Н.В. Неумержицкая, М.А. Николенко, Н.М. Сергина // Инженерный вестник Дона. - 2015. - №3. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru>.

4. Неумержицкая, Н.В. Об оценке фракционного состава пыли при инвентаризации стационарных источников и выбросов в производстве строительных изделий из древесины [Электронный ресурс] / Н.В. Неумержицкая, Н.М. Сергина // Инженерный вестник Дона. - 2016. - №3. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru>.

5. Неумержицкая, Н.В. О малой опасности некоторых видов пыли в воздухе рабочей зоны и в атмосферном воздухе при производстве строительных материалов [Электронный ресурс] / В.П. Батманов, Д.С. Дружинина, В.А. Евсеева, Н.В. Неумержицкая, Н.М. Сергина // Инженерный вестник Дона. - 2017. - №1. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru>.

6. Неумержицкая, Н.В. Оценка фракционного состава, формы частиц и концентрации древесной пыли в атмосферном воздухе [Электронный ресурс] / Н.В. Неумержицкая // Инженерный вестник Дона. - 2018. - №1. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru>.

Отраслевые издания и материалы конференций

7. Неумержицкая, Н.В. Вопросы защиты воздушной среды на деревообрабатывающих предприятиях [Текст] / Д.С. Дружинина, Н.В. Неумержицкая // Среда, окружающая человека, природная, техногенная, социальная- VI. – Брянск: БГИТУ, 2017. - С. 227-230.

8. Неумержицкая, Н.В. Системы пылеулавливания с вихревыми аппаратами и результаты оценки ее эффективности [Текст] / Д.С. Дружинина, Н.В. Неумержицкая // I Европейская конференция посвященная достижениям и разработкам молодых ученых в естественных и технических науках. – 2017. – С. 80-86.

9. Неумержицкая, Н.В. Вероятностная модель движения и концентрации древесной пыли в атмосферном воздухе [Электронный ресурс] / Н.В. Неумержицкая // Материалы докладов международной конференции «Современные методы и проблемы теории операторов и гармонического анализа и их приложения – VII. Секция «Вероятностно-аналитические модели и методы». Ростов-на-Дону, 2017. – С. 140. – Режим доступа: http://otha.sfedu.ru/upload/documents/abstracts/_tethis_conf_2017_SFEDU.pdf.

10. Неумержицкая, Н.В. Системы пылеулавливания с вихревыми аппаратами и результаты оценки ее эффективности [Текст] / Н.В. Неумержицкая // Проблемы охраны производственной и окружающей среды: сб. материалов и науч. тр. инженеров-экологов. – Волгоград: ВолгГТУ, 2018. - Вып. 8. – С. 92-94.

11. Неумержицкая, Н.В. Зависимость пылеулавливания аппаратов ВЗП от относительной концентрации очищаемой пылевоздушной смеси [Текст] / Н.В. Неумержицкая // Проблемы охраны производственной и окружающей среды: сб. материалов и науч. тр. инженеров-экологов. – Волгоград: ВолгГТУ, 2018. - Вып. 8. – С. 95-97.

НЕУМЕРЖИЦКАЯ НАТАЛЬЯ ВЯЧЕСЛАВОВНА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ КАК ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ
ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛЬЮ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Подписано в печать 04.04.2018 г. Заказ № . Тираж 100 экз. Печ. л. 1,0.
Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Институт архитектуры и строительства
Волгоградский государственный технический университет
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
Отдел оперативной полиграфии