

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

СТАРЦЕВА ЮЛИЯ ВЛАДИМИРОВНА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЫЛЕВОГО ФАКТОРА ВРЕДНОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАБОТНИКОВ В БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНОМ
ОТДЕЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

05.26.01. Охрана труда (строительство)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Азаров Валерий Николаевич

Волгоград - 2017

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
 ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ	
ИССЛЕДОВАНИЯ	11
1.1 Пылевой фактор как вредный фактор воздействия на организм работников предприятий по производству строительных материалов	11
1.2 Анализ теоретических исследований распространения пыли в помещениях бетоносмесительного отделения	13
1.3 Анализ практических исследований распространения пыли в производственных помещениях	21
1.4 Исследование аэродинамических характеристик пыли	23
1.5 Обзор методологии нормирования мелкодисперсной пыли PM_{10} , $PM_{2,5}$ применительно к предприятиям строительной индустрии	31
1.6 Выбор направления исследований и поставленной задачи	36
1.7 Выводы по первой главе	36
 ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ	
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЫЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ В	
БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ	38
2.1 Теоретические исследования запыленности воздуха рабочей зоны бетоносмесительного отделения	38
2.2 Исследование запыленности воздуха в рабочей зоне бетоносмесительного отделения	41
2.3 Исследование замеров интенсивности пылеоседания и оценка мощности пылевыведений от технологического оборудования	45
2.4 Исследование влияния организации воздухообмена на пылевую обстановку в бетоносмесительном отделении	56

2.4.1	Анализ влияния организации воздухообмена на пылевую обстановку в бетоносмесительном отделении	56
2.4.2	Натурные исследования воздушно пылевых потоков и запыленности воздуха рабочей зоны	59
2.4.3	Экспериментальная модель для исследования воздушно пылевых потоков и запыленности воздуха рабочей зоны	62
2.4.4	Факторы, проведение эксперимента.....	63
2.4.5	Результаты экспериментальных исследований.....	66
2.5	Выводы по второй главе	68
<p>ГЛАВА 3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА И АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЫЛИ В БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ</p>		
3.1	Исследование дисперсного состава пыли на различных отметках бетоносмесительного отделения	70
3.2	Расчет скорости оседания частиц пыли по критериям Рейнольдса и Лященко	79
3.3	Исследование аэродинамических характеристик пыли в бетоносмесительном отделении	82
3.3.1	Описание лабораторной установки	82
3.3.2	Результаты экспериментальных исследований	84
3.4	Математическая обработка результатов исследований дисперсного состава пыли	94
3.4.1	Построение средневзвешенной интегральной функции распределения массы частиц пыли по диаметрам	94
3.4.2	Построение интегральной функции распределения массы частиц по скоростям оседания	96
3.5	Выводы по третьей главе	98

ГЛАВА 4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	100
4.1 Разработка методики для определения пылевого баланса многоярусного помещения	100
4.2 Разработка методики оценки пылевого фактора по расчету концентрации пыли на рабочих местах в бетоносмесительном отделении	105
4.3 Результаты обследования запыленности воздуха рабочей зоны бетоносмесительного отделения	111
4.4. Разработка учебной модели движения воздушных масс в этажерочных цехах	112
4.5 Разработка способа улавливания и очистки газовых выбросов от технологического оборудования	114
4.6 Разработка способа локализации и очистки пылевых выбросов	116
4.7 Выводы по четвертой главе	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	119
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	121
ПРИЛОЖЕНИЯ	139
Приложение А Акты внедрения и справки	140
Приложение Б Патенты	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. В группе производственных помещений, которые отличаются сложностью размещения технологического оборудования, можно выделить цеха с расположением технологических площадок на различных высотных отметках. При осуществлении технологического процесса в цехах данного вида (дроблении, измельчении, истирании и т.д.), а также транспортировке сырья и материалов, в воздух рабочей зоны выделяется большое количество пыли, в том числе мелкодисперсной. Выше перечисленное формирует неблагоприятные санитарно-гигиенические условия труда на рабочих местах, что приводит к возрастанию возникновения профессиональных заболеваний.

К производствам, которые обладают вышеуказанными архитектурно-планировочными решениями, относятся предприятия по производству ж/б изделий, гипса, цемента и других вяжущих. Замеры запыленности воздуха рабочей зоны показали, что концентрация пыли превышает нормативные ПДК_{р.з.} в несколько раз, а скорость движения и направление распространения воздушно-пылевых потоков приводит к (перемешиванию) перетеканию пыли между технологическими площадками по всему объему цеха. Для работников данных производств свойственна высокая степень возникновения профессиональных заболеваний, обусловленная воздействием мелкодисперсной пыли.

Один из факторов несоответствия характеристик воздушной среды рабочих зон нормативным в производственных сооружениях с многоуровневым размещением оборудования – это решения, принятые на этапе проектирования, которые основываются на установленных методах, не принимающих во внимание закономерности распространения выделяющихся вредностей. Таким образом, применяемые расчеты полностью не учитывают распространение пыли, включая мелкодисперсную PM_{10} и $PM_{2,5}$, по объему производственных помещений подобной конструкции. Следовательно, актуальными и важными представляются исследования, нацеленные на разработку научно обоснованных методов оценки и

нормирования вредных производственных факторов (нестабильной температуры и повышенного значения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны) посредством совершенствования месторасположением оборудования, в особенности, на предприятиях занятых в строительной индустрии по производству железобетонных изделий, цемента, гипса и других вяжущих.

Работа выполнялась в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО Волгоградского государственного технического университета.

Степень разработанности темы

Вопросами распространения воздушнопылевых масс в цехах с пылевыведениями занимались ученые, В.Н. Азаров, В.И. Беспалов, Е.И. Богуславский, М.И. Гримитлин, А.М. Гримитлин, А.И. Еремкин, В.П. Журавлев, М.П. Калинушкин, Д.В. Коптев, П.А. Коузов, И.Н. Логачев, К.И. Логачев, Н.В. Мензелинцева, В.А. Минко, Н.Н. Назаров, В.В. Нейдин, О.Д. Нейков, В.Н. Посохин, Н.М. Сергина, Н.А. Страхова, В.Ф. Сидоренко, Е.А. Штокман, В.М. Эльтерман, и многие другие.

Однако предлагаемые различными исследователями и проектировщиками технические решения зачастую не могут быть применены в цехах данного типа из-за их архитектурно-планировочных особенностей.

В настоящей работе проведены исследования по оценке запыленности воздуха рабочей зоны бетоносмесительного отделения, в том числе и мелкодисперсной пылью PM_{10} и $PM_{2.5}$. Кроме того исследованы дисперсный состав и аэродинамические характеристики пыли на различных отметках бетоносмесительного отделения, адаптирована методика оценки технологического оборудования как источника загрязнения атмосферы цеха, оценено влияние организации воздухообмена на пылевую обстановку в бетоносмесительном отделении. Разработаны меры по снижению концентраций пыли на каждой технологической площадке бетоносмесительного отделения.

Цель работы. Улучшение качества воздуха на рабочих местах в цехах с расположением рабочих зон на различных площадках путем снижения

концентрации пыли, в том числе мелкодисперсной PM_{10} и $PM_{2,5}$, в рабочей зоне. На основании выбранной цели были сформулированы следующие задачи:

- проведение комплекса натурных исследований пылевого фактора в воздухе рабочей зоны в бетоносмесительном отделении, в том числе: интенсивности пылеоседания и оценки мощности пылевыведений от технологического оборудования, концентрации общей и мелкодисперсной пыли, дисперсного состава пыли, в воздухе рабочей зоны на каждой технологической площадке бетоносмесительного отделения;

- теоретические расчеты и экспериментальные исследования аэродинамических характеристик частиц пыли, выбиваемой из технологического оборудования в воздух рабочей зоны в бетоносмесительном отделении;

- проведение экспериментальных исследований для анализа межэтажного перетекания пыли с целью изучения влияния на пылевую обстановку в рабочих зонах организации воздухообмена;

- разработка теоретической схемы расчета концентрации пыли в воздухе рабочих зон с учетом перетекания пыли между технологическими площадками и организацией воздухообмена;

- разработка и выбор мероприятий по снижению запыленности воздуха рабочей зоны в бетоносмесительном отделении.

На защиту выносятся:

- положение о репрезентативности результатов натурных исследований пылевого фактора загрязнения воздуха рабочей зоны в бетоносмесительных отделениях производств железобетонных изделий, а именно: интервал изменения запыленность воздуха, параметры дисперсного состава пыли, в том числе PM_{10} и $PM_{2,5}$, выделяющейся из технологического оборудования для каждой из площадок, необходимые как исходные данные при проектировании вентиляции бетоносмесительных отделений;

- результаты теоретических и экспериментальных исследований аэродинамических характеристик пыли, поступающей из технологического

оборудования в рабочую зону, в том числе расчеты скоростей оседания с использованием критериев Лященко и Рейнольдса;

- основные положения для расчета закономерностей перетекания пылевоздушных масс между технологическими площадками бетоносмесительного отделения, поступающих из технологического оборудования в рабочую зону;

- положение об адекватности математической модели для оценки параметров пылевого фактора воздуха рабочих зон.

Методология диссертационного исследования включает: аналитическое обобщение известных научных и технических результатов, физическое и математическое моделирование, лабораторные исследования, обработку экспериментальных данных, опытно-промышленные исследования.

Степень достоверности научных положений, выводов и рекомендаций обоснована применением классических положений теоретического анализа, планированием необходимого объема экспериментов, выполненных на лабораторной установке и подтверждающих удовлетворительную сходимость полученных результатов исследований с результатами других авторов.

Научная новизна работы состоит в том, что:

- на основании теоретических и экспериментальных исследований предложена расчетная модель перетекания пылевоздушных масс между технологическими площадками, расположенными на разных отметках характерных для ряда производств, в том числе бетоносмесительных отделений;

- на основании экспериментальных и теоретических исследований получены аэродинамические характеристики пыли, выделяющейся от технологического оборудования в рабочую зону каждой технологической площадки бетоносмесительного отделения: пыль щебня, цемента, песка;

- получены зависимости для определения долей массы частиц пыли PM_{10} и $PM_{2,5}$ витающей в воздухе рабочих зон и осевшей на технологических площадках бетоносмесительного отделения;

- построена математическая модель, позволяющая прогнозировать параметры

пылевого фактора воздуха рабочей зоны.

Теоретическая и практическая значимость работы:

- получены аэродинамические характеристики для пыли в воздухе рабочей зоны на каждой технологической площадке в бетоносмесительном отделении;
- показано, что закон распределения по диаметрам массы частиц пыли в воздухе рабочих зон бетоносмесительных отделений подчиняется усеченному логарифмическому закону;
- получена интегральная и дифференциальная функция распределения массы частиц пыли по скоростям оседания для пыли, выделяющейся из технологического оборудования в воздух рабочей зоны в бетоносмесительном отделении;
- предложена расчетная модель для оценки параметров пылевого фактора и подвижности воздуха в рабочей зоне в цехах с многоярусным расположением технологических площадок;
- предложена методика расчета характеристик воздуха рабочей зоны для этажерочных цехов;
- получены данные для оценки доли частиц пыли, в том числе мелкодисперсной PM_{10} и $PM_{2,5}$, в воздухе рабочих зон и осевшей на технологических площадках бетоносмесительного отделения;
- проведена адаптация методики по оценке технологического оборудования бетоносмесительного отделения как источника загрязнения рабочей зоны;
- предложены мероприятия по улавливанию пыли и снижению запылённости воздуха рабочей зоны в бетоносмесительном отделении.

Апробация результатов работы. Основные положения и результаты работы докладывались и получили одобрение на: ежегодных научно- практических конференциях профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет» (г. Волгоград, 2010-2017 г.г.), конференции молодых инженеров-экологов «Проблемы охраны производственной и окружающей среды», Волгоград, 2011 г., 2012 г., 2014 г., 2016 г.; международной научно-практической конференции

«Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2011», Одесса 2011 г.

Реализация результатов работы:

- внедрена методика для расчета характеристик воздуха рабочей зоны для этажерочных цехов, а также для разработки мероприятий по снижению запыленности в рабочей зоне на предприятии ОАО «Промстройконструкция»;

- внедрение мероприятий позволило снизить значение запылённости воздуха рабочей зоны ОАО «Промстройконструкция» на 30%

- рекомендации по расчету концентрация мелкодисперсной пыли (в том числе PM_{10} и $PM_{2,5}$) в бетоносмесительном отделении используются при расчетах концентраций пыли в производственных помещениях с многоярусными технологическими площадками;

- материалы диссертационной работы использованы кафедрой «безопасность жизнедеятельности в техносфере» Волгоградского государственного технического университета в учебной подготовке магистров и бакалавров по специальности «Техносферная безопасность».

Публикации. Основные результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 11 работах, в том числе в 4 статьях, опубликованных в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ, и 3 патентах РФ.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Пылевой фактор как вредный фактор воздействия на организм работников предприятий по производству строительных материалов

Основным вредным фактором воздействия на организм работника в строительном производстве является пыль, степень и характер воздействия которой во многом определяется спецификой технологического процесса, видом пыли и её дисперсным составом.

Силикатная пыль, выделяющаяся в воздух рабочей зоны при производстве силикатного кирпича, практически не оказывает общетоксического действия, однако, при отложении частиц этой пыли в органах дыхания начинают развиваться местные изменения по типу пневмокониоза и хронического пылевого бронхита, а также свойственные этим заболеваниям общие (системные) нарушениями [40]. Поскольку пылевой пневмосклероз является одним из наиболее тяжелых последствий отложения в легких пыли, о пневмокониозоопасности силикатов часто определяется по их фиброгенности. Высокие концентрации силикатных пылей в производствах, где интенсивность борьбы с пылеобразованием несколько ниже, чем в силикозоопасных являются основной причиной силикатозов. Увеличение отложения пыли способствует развитию хронического бронхита, усиливающего функциональные нарушения у больного силикатозом. При увеличении фиброгенности пылей изменяется характер пневмокониоза («силико- силикатоз») [34].

На производствах обработки и изготовления изделий из гипса у рабочих, которые добывают гипс подземным способом, диагностированы изменения слизистых верхних дыхательных путей и усиление легочного рисунка. При концентрациях 6—375 мг/м³ зарегистрированы также хронические конъюнктивиты, обострение сухости слизистой носа, снижение обоняния,

появление охриплости, притупление вкуса, рост неспецифических болезней дыхательной системы. У некоторых рабочих обнаружена рентгенологическая картина мелкоячеистого узелкового фиброза легких [10].

Работники предприятий по производству железобетонных изделий, включительно с маленьким стажем, испытывают боль и тяжесть в груди, одышку, кашель, сухость во рту, охриплость, спад обоняния и носовые кровотечения. Многими авторами описаны случаи пневмокониоза, часто доброкачественного, со скудной клинической симптоматикой. Исходя из химического состава пыли могут наблюдаться разные виды силикоза: типичный силикоз, либо межуточный склероз [50]. Так же у работающих на данные предприятия обнаружены «камешки» (ринолиты) на задней стенке глотки, на миндалинах, в гортани и полости носа, трещины, а также встречается возникновение сквозного отверстия в носовой перегородке. Обнаружены также бронхиты, эмфизема и плевральные сращения; хронические воспалительные процессы в гайморовой полости и полипоз слизистой носа; увеличение возникновения хронических неспецифических заболеваний легких. Сенсибилизирующие качества цемента обусловлены присутствием в нем соединений Cr (VI); этим является причиной возникновения бронхиальной астмы [126] и отека Квинке. Чем больше к цементу примешано извести или чем выше содержание CaCO_3 , тем тяжелее кожные заболевания. Наиболее часто возникающие: «цементная чесотка», язвы, «экзема каменщиков». Если цементная пыль попадет в глаза, то она может оказаться причиной конъюнктивита, а также в некоторых случаях может возникать омертвление некоторых участков соединительной оболочки и дальнейшим образованием сращений.

Защитой от пылевывделений являются как средства индивидуальной защиты, так и средства коллективной защиты работников. К средствам индивидуальной защиты относятся противопылевые респираторы, плотно прилегающая спецодежда из пылезащитной ткани, герметические защитные очки, жиряющие мази для обработки открытых частей тела. К средствам коллективной защиты работников от пылевых загрязнений в воздухе рабочей зоны относят системы

вентиляции и системы аспирации. Системы аспирации предназначены для локализации вредных выделений от источников, предотвращая их распространение по всему объему помещения цеха. Системы вентиляции направлены на поддержание нормативных параметров качества воздуха рабочей зоны помещения путём разбавления вредностей и уменьшения. Стабильная работа систем вентиляции, а также их высокая эффективность пылеулавливания обеспечивает допустимые значения концентраций пыли на рабочих местах, тем самым предотвращая (уменьшая) риск профессиональных заболеваний работников предприятий по производству строительных материалов.

1.2 Анализ теоретических исследований распространения пыли в помещениях бетоносмесительного отделения

Вопросами распространения воздушнопылевых масс в цехах с пылевыведениями занимались ученые, В.Н. Азаров, В.И. Беспалов, Е.И. Богуславский, А.И. Еремкин, В.П. Журавлев, М.П. Калинушкин, Д.В. Коптев, П.А. Коузов, И.Н. Логачев, К.И. Логачев, Н.В. Мензелинцева, В.А. Минко, Н.Н. Назаров, В.В. Нейдин, О.Д. Нейков, В.Н. Посохин, Н.А. Страхова, В.Ф. Сидоренко, Е.А. Штокман, В.М. Эльтерман, и многие другие [6, 12, 14, 17, 33, 44, 52, 56, 61, 75, 73, 79, 81, 86, 90, 62, 109, 110, 118, 121]

При технологических процессах выбивание пыли из оборудования происходит, обычно, случайным образом, а не стационарно и не детерминировано, т.е. стохастически. Стохастический подход применяется для анализа и определения процессов, связанных с диффузией [117, 120], для изучения псевдооживленного слоя [117, 120], при моделировании с использованием математических методов задач по защите окружающей среды [84] и другие.

Уравнения диффузии для анализа загрязненной атмосферы и гидросферы были рассмотрены Г.И. Марчуком [84]. Полученные уравнения способствовали в решении задачи по наиболее благоприятному расположению производств с учетом выбросов в окружающую среду от действующих объектов. В работах М.Е. Берлянда и др. авторов [98, 32, 8, 139, 142, 88] исследован вопрос о перемещении вредностей в атмосфере. Разработка инженерных методик по расчету загрязнений атмосферы промышленными источниками основывалась на моделировании диффузионных процессов [71, 119, 135, 87, 122, 88].

При рассмотрении наличие источника возникновения частиц, уравнение диффузии в пылевом потоке имеет вид [31]:

$$\frac{\partial C_n}{\partial t} = D_n \nabla^2 C_n - W \nabla C_n + Q_0, \quad (1.1)$$

где

Q_0 — объемный источник образования частиц в 1 м^3 .

Распределение концентрации пыли для частиц мелких фракций в шахтах рассматривается В.П. Журавлевым и Б.Ф. Кириным [67, 89] уравнением диффузии

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} = D_m \frac{\partial^2 \bar{C}_n}{\partial X^2} - (V_\sigma \pm W_\kappa) \frac{\partial \bar{C}_n}{\partial X} - \beta \bar{C}_n, \quad (1.2)$$

где

\bar{C}_n — средняя по сечению выработки запыленность воздуха;

t — время процесса;

D_m — коэффициент турбулентной диффузии газа;

W_κ — скорость подачи комбайна;

V_σ — скорость движения воздуха в выработке;

β — коэффициент оседания частиц пыли.

Распределение концентрации пыли для различных технологических процессов, аппаратов и инженерно-экологических систем получают на основании уравнений диффузий. Ввиду чего, при решении стохастических дифференциальных уравнений, применяются дополнительные решения для определения эффективности обеспыливания. Выбор граничных условий к уравнениям диффузии зависит от конкретных параметров технологического процесса.

В работах по механике многофазных сплошных сред [94, 95] разбираются процессы переноса твердых частиц. Решения, представленные в приведенных работах описаны решения при помощи ПК. Так же выявлено, что подробное описание взаимодействия частиц очень затруднено, и для получения практических результатов требуется применение рациональных обобщений, которые, в свою очередь, выведут к решаемым уравнениям.

В работах Р.И. Нигматулина отмечено [133], что для получения практических результатов используют рациональные обобщения, которые сводятся к решаемым уравнениям, ввиду сложности взаимодействия внутри и между гетерогенных сред.

Для составления математических моделей в области обеспыливания могут применяться стохастические методы, которые рассмотрены в работах [140, 142].

Н.А. Фуксом [142] одним из числа первых была использована теория случайных процессов в аэрозолях. В его работе представлены два уравнения. Первое уравнение - это уравнение А.Н. Колмогорова, которое представлено в виде [36, 37, 23].

$$\frac{\partial \tilde{P}}{\partial t} = -\operatorname{div}(\tilde{W}\tilde{P}) + D_n \Delta \tilde{P}. \quad (1.3)$$

Исходные условия: $\tilde{P}(\lambda, t_0) = \tilde{P}_0(\lambda)$

Граничные условия:

$$\text{отражение} - \tilde{W}\tilde{P} - 0,5\partial(D_n \tilde{P})/\partial \lambda = 0 \quad (1.4)$$

$$\text{поглощение} - \tilde{P} = 0 \quad (1.5)$$

Было выявлено, что при найденных условиях уравнение А.Н. Колмогорова принимает вид уравнения диффузии с такими же граничными условиями. Целевая функция представляет собой вероятность пребывания частиц в диапазоне $(x, x + dx)$ в определенный момент времени t [142].

$$\tilde{P} = (x, t) = \frac{n}{n_0}, \quad (1.6)$$

где

n_0 – счетная концентрация частиц в интервале $(x, x + dx)$ момент t с размерностью (шт/м³).

С математической точки зрения к данному уравнению часто применяют термин вероятность нахождения, несмотря на то, что в действительности речь идет о плотности вероятности нахождения. Ввиду этого, в вопросах обеспыливания вероятности событий описывают последней приведенной формулой, что не во всех случаях является обоснованным. Вторым уравнением, приведенным в работе [142], является уравнение Л.С. Понтрягина. Данное уравнение показывает физическое объяснение и характеризует вероятность достижения частицей с координатой x, y, z поверхности за некое время t :

$$\frac{\partial \tilde{P}}{\partial t} = WgradP + D_n \Delta P; \quad P = \frac{\tilde{n}}{\tilde{n}_0}, \quad (1.7)$$

где

\tilde{n} – количество частиц, которые присутствовали в момент времени t в точке x и достигнувших за время t границы.

Граничные условия

$$P(x, y, z, 0) = 0 \text{ - для точек, которые не лежат на этой поверхности;} \quad (1.8)$$

$$P(x, y, z, 0) = 1 \text{ - для точек, которые лежат на этой поверхности.} \quad (1.9)$$

В представленном примере переведены предельные граничные условия. Вероятностные объяснения не зависят от основных параметров инженерно-

экологических систем и средств обеспыливания – эффективностью. Н. А. Фукс [142] для анализа происходящих в них явлений и процессов использовал в основном феноменологический подход. Несмотря на то, что в своей работе [142] Н. А. Фукс практически не использовал статистический подход, основанный на уравнениях А.Н. Колмогорова и Л.С. Понтрягина, издание монографии Н.А. Фука [142] дало начало популяризации именно статистического подхода [29, 100, 66, 78, 108, 74]. Авторы приведённых выше трудов обращались к уравнению А.Н Колмогорова, применяя в виде целевой функции массовую или счетную концентрацию твердых частиц. Это определено тем, что обычно авторы в первую очередь находили распределение концентрации пыли в заданном объеме, а затем – эффективность (η_ϕ). Диффузионный метод предполагал запись уравнений в виде функции концентрации. В одной из работ [124] были проанализированы методы расчета циклонных аппаратов. П.А. Коузов предположил, что рациональность анализирования эффективности циклонных процессов основана на вероятности попадания пылевых частиц на определенные границы.

Опираясь на уравнение Л.С. Понтрягина и, применяя фракционную эффективность пылеулавливания как целевую функцию, проф. Е.И. Богуславский получил уравнение [27, 25, 18, 20, 24, 19, 26, 22, 28, 148, 147]:

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = \sum_{i=1}^3 w_i \frac{\partial P}{\partial X_i} + 0,5 \sum_{ij=1}^3 b_{ij} \frac{\partial^2 P}{\partial X_i \partial X_j} \quad (1.10)$$

Е.И. Богуславским был выработан вероятностно-стохастический подход для решения задач по обеспыливанию. Принимая, что в многофазных течениях возникают детерминированно-стохастические закономерности, Е.И. Богуславский основывается на анализировании процесса массопереноса в определенном объеме как процесса вероятностного. Исходя из общепринятого классического определения вероятности случайного события получены основные соотношения:

вероятность элементарного события

$$P(A_j^n)_M = \frac{m_{nkj}}{m_{nm}} \quad (1.11)$$

вероятность сложного события

$$P(A_j^n)_N = \frac{\sum_{i=1}^s \int_k dk \int_{\Delta t} c_{nj} w_{nj} d\tau}{\sum_{i=1}^r \int_N dN \int_{\Delta t} c_{nj} w_{nj} d\tau} \quad (1.12)$$

Основным показателем, характеризующим процесс массопереноса, принята фракционная эффективность (η_ϕ). Важнейшим моментом вероятностно-статистического подхода является вывод об основном тождестве

$$\left\{ \begin{matrix} \eta_\phi \\ 1 - \eta_\phi \end{matrix} \right\} \equiv P(A_j^n)_M; \quad P(A_\kappa^n)_N. \quad (1.13)$$

В ходе анализа было выявлено, что при помощи данного подхода могут быть учтены конкретные условия обеспыливания при многомерной постановке задач. Данный подход может быть применен для описания процессов пылевыведения из технологического оборудования с учетом скоростей набегающего воздушного потока, скоростей всплывающего теплового потока, а также для нахождения фракционной эффективности инерционных пылеуловителей со встречными закрученными потоками.

Возможности применения стохастических методов для решения конкретных физических задач описаны в работах В. Тертычного - Даури [138] и В.А. Светлицкого [131].

В.А. Светлицкий полагал [131], что классические детерминированные факторы не являются главными, в то время как методы классической механики, которые основаны на понятии детерминизма, не являются достаточными для восприятия и пояснения физических эффектов, которые появляются при работе приборов, имеющих на движущихся объектах, когда возникает вибрация двигателей летательных аппаратов, перемещении транспортного средства, влиянии ветровых и сейсмических нагрузок. Ввиду этого при исследовании описанных динамических процессов возникла потребность создания новой физической модели и нового математического аппарата, дающий возможность учесть влияние недетерминированных внешних факторов. Таким математическим

аппаратом является теория случайных процессов. Данная теория была разработана применительно к задачам где эффект от случайных факторов сопоставим с эффектом от детерминированных факторов, и игнорирование случайных факторов приводит к некорректным результатам.

В труде В. Тертычного - Даури [138] описано, что вероятностные методы являются неординарным средством для других аналитических методов исследования. Одной из главных причин этого явилось [138] то, что аппарат теории случайных процессов и стохастических дифференциальных уравнений, который есть на сегодняшний момент, разработан, в основном для линейных систем. В. Тертычный - Даури отмечал, [138] что ввод в использование аппарата вероятностного и стохастического анализа в механику сделает возможным отражение в наибольшей степени адекватного приближения описываемых моделей к реальным условиям их действия и позволит определить ранее неизвестные более детальные закономерности действия механических систем в присутствии внутренних и внешних случайных факторов.

Большое число отечественных специалистов уделяли внимание вопросам распределения температуры и содержанию вредных веществ по производственным помещениям, но работ, исследующих качество воздушной среды в цехах большой высоты с технологическими уровнями и междуэтажными проемами, мало.

Среди работ, в которых рассматривается состояние воздуха в рабочей зоне в цехах с технологическими площадками и междуэтажными проемами, в первую очередь следует выделить исследования Зазымкина С.М. [60], который на воздушной модели завода синтетического каучука установил характер распространения вредных примесей по высоте цеха для различных способов организации воздухообмена.

Полосин И.И. в своих работах [114, 115, 116], на основании натурных и экспериментальных исследований двухэтажных цехов по производству стирола показал влияние проемов в междуэтажных перекрытиях на параметры воздушной среды при различных способах организации воздухообмена.

К работам, позволяющим оценить характер движения воздушных потоков и их параметры в производственных помещениях, можно отнести также работы [97, 13, 51, 63, 76, 83, 96, 106, 115, 112, 128, 129, 144, 146, 9]. Известны экспериментальные исследования той или иной модели производственного помещения. Для использования более общего теоретического подхода к оценке состояния воздушной среды на различных уровнях производственных помещений с технологическими площадками и с расположением источников выделения вредностей по высоте можно воспользоваться предложением о разделении помещения на аэродинамические объемы и решении задачи воздухораспределения с учетом взаимодействия потоков воздуха и их параметров в смежных объемах, высказанных в работе [7, 3, 69, 70].

Одним из результатов многочисленных исследований явился вывод о том, что при значительных тепловыделениях в зимнее время в помещении следует выделять такие зоны, как зона восходящего конвективного потока, зона нисходящих пристенных потоков и рабочую зону. На основании такого разделения помещения Талиевым был предложен расчет воздухообмена производственных помещений [137]. При этом во всех рассматриваемых работах считалось, что восходящая конвективная струя развивается по тем же законам, что и свободная [1, 46, 51, 111, 116].

Вопрос о характере распределений концентрации вредных веществ и избыточных температур в неограниченных, ограниченных (производственных помещениях) и локальных объемах рассматривался многими исследователями как в экспериментальных, так и теоретических работах [97, 125, 35, 46, 47, 51, 60, 65, 72, 82, 99, 91, 96, 102, 106, 112, 113, 114, 115, 116, 128, 129, 137, 144, 146, 152, 150]. Видное место в решении этой проблемы играют отечественные ученые: Берлянд М.Е., Богуславский Е.И., Гримитлин М.И., Грачев Ю.Г., Дерюгин В.В., Коптева Д.В., Ливчак И.Ф., Минко В.А., Никитин В.С., Позин Г.М., Титов В.П., Эльтерман В.М. и др.

1.3 Анализ практических исследований распространения пыли в производственных помещениях

В настоящее время вопрос о распространении пыли в производственных помещениях остается актуальным ввиду повышения требований к качеству воздуха рабочей зоны.

Практические исследования распространения пыли проводились в работах Эльтермана В.М., Богуславского Е.И., Коптева Д.В., Беспалова В.И., Штокмана Е.А., Назарова Н.Н., Калинушкина М.П., Азарова В.Н., Горбуновой М.Е., Гадаборшевой Т.Б. и проч.

Посохин В.Н., сформулировал, что главным критерием эффективности аспирационных систем является концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, а Богуславским Е.И., и Азаровым В.Н. была предложена методика экспериментального определения значения количества пыли, исходящей от технологического оборудования.

Для решения вопросов воздухообмена помещений, имеющих сложное планировочное решение, Кононенко В.Д. и Азаровым В.Н. было предложено деление цехов данного типа на аэродинамические объемы.

По предлагаемой методике весь объем цеха необходимо разбить на отдельные аэродинамические объемы, исходя из особенностей объемно-планировочных решений и необходимости индивидуального вентилирования.

Аэродинамические объемы всего помещения рассматриваются как взаимовлияющая система объемов, в которой каждая из частей влияет друг на друга. В единичном аэродинамическом объеме определяют рабочую зону, в которой находится производственно-технологическое оборудование с выявлением места выделения вредных веществ и их количества, определяются потери тепла оборудованием.

После этого составляется воздушно-тепловой баланс или баланс по вредностям, в зависимости от того, что необходимо для отдельного объема, и

определяется количество воздуха, необходимого для обеспечения нормируемых параметров на рабочих местах. Разделение на отдельные аэродинамические объемы позволяет оптимально организовать воздухообмен, учитывая вредное влияние объемов друг на друга вследствие перетекания вредностей. Предложенный метод деления цехов с площадками на отдельные аэродинамические объемы позволяет повысить эффективность систем жизнеобеспечения и исключить те недостатки, которые неизбежны при проектировании по общепринятой методике. Причем, эффективность воздухообмена тем выше, чем правильнее разбивка цеха на отдельные объемы.

Азаров В.Н. показал, что факторами, которые оказывают влияние на характер распределения пыли, являются скорость воздушного течения при объемном источнике пылевыведения и направление потока воздуха к оси источника выделяющейся пыли при линейном источнике пылевыведения. Для решения задач по определению мощности источника пылевыведения через интенсивность используют разработанную методику, отличительной особенностью которой, является зонирование площади пылеоседания.

С учетом данных, полученных Азаровым В.Н., Гадаборшева Т.Б. определила, что для уменьшения области распространения пыли в цехах с многоярусным расположением технологических площадок следует понижать и регулировать скорость подачи приточного воздуха в каждом отдельном аэродинамическом объеме. Уменьшение скорости приточного воздуха в рабочую зону способствует сокращению области распределения выделяющихся вредностей – тепла и пыли.

По результатам эксперимента Горбуновой М.Е. по исследованию аэродинамических параметров пыли, выделяющейся в воздух рабочего помещения из оборудования, получены данные, что в рабочей зоне во взвешенном состоянии находятся частицы пыли со средним диаметром от 2,5 до 10 мкм учитывая, что скорость поднимающегося потока воздуха составляет от 0,1 до 0,17 м/с. Частицы пыли приведенного диаметра составляют 5-7% от общего количества всей пыли, которая исходит от оборудования.

1.4 Исследование аэродинамических характеристик пыли

Для нахождения силы, которая возникает при обтекании частицы потоком, вводится безразмерная величина - коэффициент лобового сопротивления шара, которая находится по формуле [142]:

$$\zeta = 2F_m / \rho \cdot u_{gr} \cdot |u_{gr}| \cdot \pi r^2, \quad (1.14)$$

где

F_m сопротивление среды движению шарообразной частице, Н;

ρ плотность среды, кг/м³;

u_{gr} скорость обтекания частицы газом, м/с;

πr^2 площадь миделева сечения частицы, м².

Значение числа Рейнольдса частицы выражается по формуле [142]:

$$Re_d = u_{gr} \cdot d / \nu \quad (1.15)$$

где

d диаметр частицы, м;

ν кинематическая вязкость среды, м²/с.

При обтекании частицы потоком, когда число Рейнольдса $Re < 0,1$ линии течения вокруг сферы расходятся на относительно большом расстоянии вверх по направлению движения. С увеличением значения числа Рейнольдса Re эта точка приближается к сфере (рисунок 1.1).

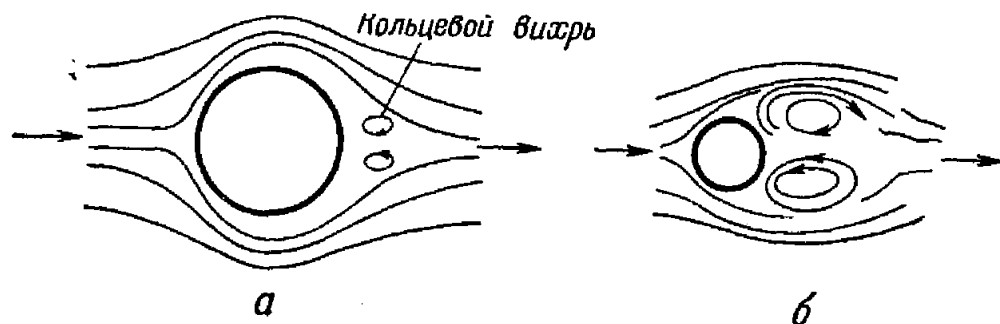


Рисунок 1.1 – Обтекание тела сферической формы жидкостью: а- при малых значениях Re , при образовании вихревого кольца и значимом отклонении течения

от закона Стокса; *б* -при больших значениях Re , когда вихревое кольцо отделяется при $Re \approx 500$ и образует след за сферой

Все направления тока - это гладкие кривые, находящиеся в диапазоне применения закона Стокса. С ростом числа Рейнольдса слой, находящийся на границе, начинает отделяться от кормовой части сферы и приблизительно, когда число Рейнольдса достигает $Re=10$, происходит образование вихревого кольца, как изображено на рисунке 1.1*а*. При дальнейшем увеличении Re увеличиваются размеры вихря, а при $Re=150$ происходит отделение этого вихря и движение его вниз по потоку. Очевидно, что какой-либо теоретический анализ не даст точного представления о месте расположения такого вихря.

При очень высоких значениях числа Рейнольдса след за сферой оказывается абсолютно турбулентным и, в итоге, при значении $Re=3 \cdot 10^5$ величина ξ резко снижается от значения 0,4 до 0,1, когда турбулентный пограничный слой испытывает резкий переход.

Таким образом, с изменением режимов течения происходит значительное изменение сопротивления частицы. Рисунок 1.10 отображает зависимость коэффициента сопротивления от числа Рейнольдса.

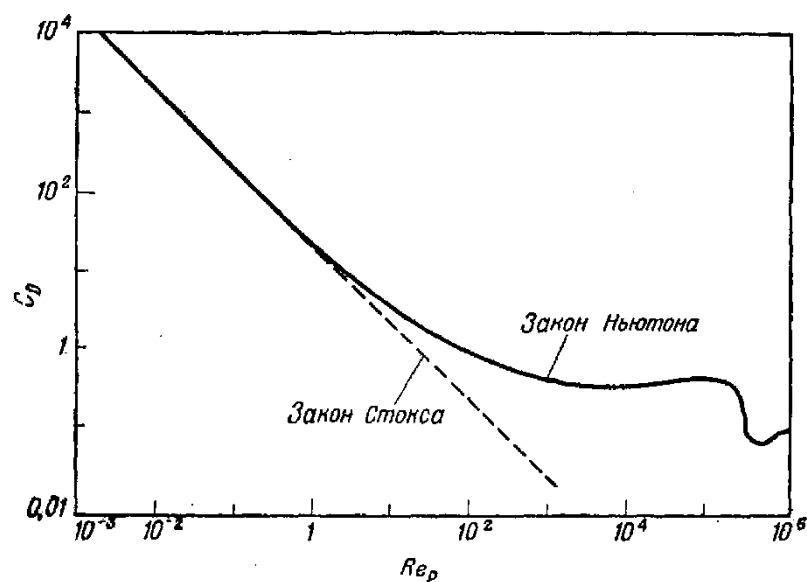


Рисунок 1.2 – Зависимость коэффициента сопротивления от значения числа Рейнольдса для сферической частицы, движущейся с постоянной относительной скоростью

Определенно, что коэффициент ξ (C_D) - приближенно постоянная величина при больших значениях скоростей (большие значения Re), когда действующая сила в гораздо большей степени формируется инерцией жидкости, а не ее вязкостью. Тем не менее, по рисунку 1.2, видно, что ξ существенно возрастает с уменьшением числа Рейнольдса Re . Результат многочисленных экспериментов со сферическими частицами отображен графиком на рисунке 1.2 и разделен на три промежутка:

1) $Re > 500$, где коэффициент $\xi = 0,44$ и ориентировочно постоянный (закон Ньютона);

2) промежуточный диапазон ($0,2 < Re < 500$), где ξ преимущественно основывается на Re ;

3) $Re < 0,2$, где это соотношение является законом Стокса. В данном промежутке низких значений Re (режим «ползущего течения») инерция жидкости оказывает пренебрежимо малое влияние на силу сопротивления, которая в свою очередь зависит от вязкости жидкости. Оценка ξ теоретическими методами оказывалась весьма успешной только при небольших значениях Re .

Сопротивление среды перемещению частице с формой шара при $Re_d < 1$ выражают по формуле Стокса [142]:

$$F_m = 3\pi\eta du_{gr} \quad (1.16)$$

где

η — вязкость среды, Па · с.

$$\eta = \nu\rho \quad (1.17)$$

В области использования формулы Стокса, когда эквивалентный радиус частиц намного выше, чем среднее расстояние пробега молекул газа (при введении необходимых поправок формулу Стокса можно применять при $10^{-7} \text{ м} < r < 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$), коэффициент лобового сопротивления шара определяется [142]:

$$\zeta = \frac{24}{Re_d}, \quad (1.18)$$

Формулой Стокса не принимается во внимание результат действия сил инерции на частицу. Поэтому она представляет собой первое приближение.

Второе приближение с частичным учетом инерционных сил выражается по формуле Осеена [142]:

$$F_m = 3\pi\eta du_{gr} \left(1 + \frac{3}{16} \text{Re}_d\right), \quad (1.19)$$

Формула Гольштейна выражает более достоверный учет влияния действия инерционных сил на отдельно взятую частицу [142]:

$$F_m = 3\pi\eta du_{gr} \left(1 + \frac{3}{16} \text{Re}_d - \frac{19}{1280} \text{Re}_d + \dots\right), \quad (1.20)$$

Формуле Осеена отвечает функция [142]:

$$\zeta = \frac{24}{\text{Re}_d} \cdot \left(1 + \frac{3}{16} \text{Re}_d\right), \quad (1.21)$$

Разными авторами было представлено достаточное количество эмпирических формул, связывающих ζ и Re_d . Самой удачной из них по простоте и степени приближения следует считать формулу, предложенную Клячко [85]:

$$\zeta = \frac{24}{\text{Re}_d} + \frac{4}{\sqrt[3]{\text{Re}_d}}, \quad (1.22)$$

Часто используется приведенная ниже формула [85]:

$$\zeta = \frac{A}{(\text{Re}_d)^n}, \quad (1.23)$$

где

A, n эмпирические коэффициенты, значения которых при $\text{Re}_d < 1000$ определяются из таблицы 1.1.

Таблица 1.1- Эмпирические коэффициенты A, n

Re_d	A	n
$<0,1$	24	1
$0,1 - 1$	26,9	0,95
$1 - 10$	26,5	0,8
$10 - 100$	16,8	0,6
$100 - 800$	6,1	0,38
$100 - 1000$	5,8	0,37

Чтобы найти коэффициент лобового сопротивления сферы при значении числа Рейнольдса частицы >1000 возможно использовать коэффициенты, выписанные в таблицу 1.2. Отклонения от экспериментальных данных составляют не более 5%.

Таблица 1.2- Коэффициенты A , n для $Re_d > 1000$

Re_d	A	n
1000 - 5000	1,05	0,12
5000 - 100000	0,16	0

Формулу Идельчака И.Е. [80] можно также назвать как наиболее часто используемую формулу для расчета коэффициента лобового сопротивления частицы:

$$\zeta = \rho(0,128 + \frac{12,8}{Re_d}) \quad 2 < Re_d < 1000, \quad (1.24)$$

Олевского В.А. [80]:

$$\zeta = \frac{24}{Re_d} + 4,4\sqrt{Re_d} + 0,32 \quad 10 < Re_d < 60. \quad (1.25)$$

Для чисел Рейнольдса частицы в диапазоне 30-300, Аллен Г.С. предлагает формулу [149]:

$$\zeta = \frac{10}{\sqrt{Re_d}}. \quad (1.26)$$

Сиск математической обработкой опытных значений вывел формулу, применимую для $0,1 < Re_d < 3500$ [80]:

$$\zeta = 29,6 \cdot Re_d^{(0,554 \ln Re - 0,983)}. \quad (1.27)$$

Формуле Шиллера и Наумана для $0,5 < Re_d < 800$ соответствует функция [134]:

$$\zeta = \frac{24}{Re_d} \cdot (1 + 0,15 \cdot Re_d^{0,687}). \quad (1.28)$$

Ленгмюром и Блоджеттом была предложена формулу для определения коэффициента лобового сопротивления для $1 < Re_d < 100$ [149]:

$$\zeta = \frac{24}{Re_d} \cdot (1 + 0,197 \cdot Re_d^{0,63} + 0,0026 \cdot Re_d^{1,38}). \quad (1.29)$$

С уменьшением размера частиц и приближением их радиуса r к величине, свойственной для переходной области, оказывает влияние, не учтенное при выводе формулы Стокса резкое изменение скоростей газа у поверхности частицы, что является причиной погрешностей в расчете. Ввиду этого для частиц размером менее 1 мкм, используют формулу Кенингема, по которой сила сопротивления равна:

$$F = 3\pi\eta d\nu / (1 + A l / r), \quad (1.30)$$

где

коэффициент A принимают равным 0,86 – для жидких и твердых частиц шарообразной формы; $A=0,7$ – для твердых шарообразных частиц с шероховатой поверхностью; l – длина свободного движения молекул газа, м; r – радиус частицы, м;

При движении частиц с формой, отличной от шаровой, в газовом потоке изменяется характер ее обтекания. Учет приведенных факторов связан с математическими трудностями.

Степень несоответствия формы натуральных частиц от шарообразной называют геометрическим Φ_r и динамическим Φ_d коэффициентами формы. Геометрический Φ_r коэффициент формы находят как отношение реальной площади поверхности частицы S к площади шара $S_{ш}$ такого же по объему.

$$\Phi_r = \frac{S}{S_{ш}} = \frac{1}{\Psi} = 0,207 \frac{S}{V_n^{2/3}}. \quad (1.31)$$

Ψ – коэффициент сферичности (фактором формы, коэффициентом формы). Величина Ψ обратна коэффициенту формы Φ_r .

Для частиц, имеющих отличную от шара форму, применяют динамический коэффициент формы. Динамический коэффициент формы – это есть отношение силы лобового сопротивления частицы имеющих неправильные формы к силе сопротивления шаровой частицы, эквивалентный диаметр которой обозначается $d_{нэ}$ [142]. В целом динамический коэффициент формы находят путем соотношения скоростей витания частицы неправильной формы и шаровой частицы с седиментационным диаметром.

$$\Phi_o = \frac{d_{ns}^2}{d_{nэ}^2}, \quad (1.32)$$

где

d_{ns} седиментационный диаметр, определяемый как диаметр шара с той же плотностью и скоростью оседания, что и частица неправильной формы диаметром $d_{nэ}$;

$d_{nэ}$ эквивалентный диаметр частицы по объему, определяемый как диаметр шара с той же плотностью, объемом $V_r = V_{пэ}$ и массой.

Частицы, имеющие форму геометрически правильных тел, коэффициенты формы определяются аналитическими методами [77] (таблицы 1.3; 1.4). Так же для приближенной оценки формы неправильных тел возможно использование данных из таблицы 1.5.

Таблица 1.3 - Коэффициенты формы правильных тел [77]

Форма	Тетраэдр	Куб	Октаэдр	Додекаэдр	Икосаэдр	Призма		
						a/a/2a	a/2a/2a	a/2a/3a
Φ_r	1,49	1,24	1,18	1,10	1,07	1,30	1,31	1,38
1/ Φ_r	0,67	0,806	0,846	0,912	0,937	0,767	0,761	0,725

Таблица 1.4 - Коэффициенты формы цилиндра [77]

Цилиндр (высота h)	d/2	d/6	d/20	d/30	d	1,5d	5d	10d
Φ_r	1,21	1,68	3,10	4,55	2,28	1,16	1,45	1,72
1/ Φ_r	0,827	0,594	0,323	0,220	0,438	0,860	0,691	0,58

Таблица 1.5 - Коэффициенты формы неправильных тел [77]

Характеристики формы частиц	Округлые	Угловатой формы	Продолговатые	Пластинчат ые
Φ_r	1,30	1,52	1,72	2,33
1/ Φ_r	0,77	0,66	0,58	0,43

Изменения величины ζ учитывается при помощи коэффициента формы [153].

$$\zeta = \zeta_{ш} \Phi_\phi. \quad (1.33)$$

Показания измерения коэффициента сопротивления частиц с формой, отличной от сферичной приведены Соу [153] в графической зависимости (рисунок 1.3).

В области $Re_\phi < 2 \cdot 10^5$ рекомендуют следующие выражения для динамического коэффициента формы частиц [123] при ламинарном режиме их обтекания:

$$\Phi_\phi = (0,843 \lg(1/0,065\Phi_\phi))^{-1} \text{ при } Re_\phi < 0,2 \quad (1.34)$$

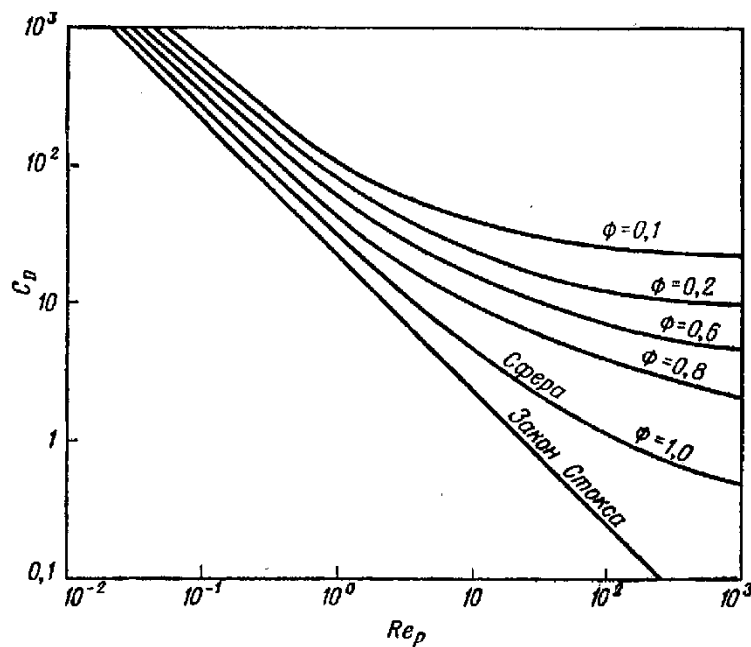


Рисунок 1.3– Коэффициент сопротивления частиц несферической формы

$$\Phi_\phi = \Phi_\phi^{0,9} Re_\phi^{0,15\sqrt{\Phi_\phi}-1} \text{ при } 0,2 < Re_\phi < 2000 \quad (1.35)$$

$$\Phi_\phi = 12,4 - 11,4\Phi_\phi^{-1}; \quad \zeta = 5,31 - \frac{4,88}{\Phi_\phi} \text{ при } 2 \cdot 10^3 < Re_\phi < 2 \cdot 10^5 \quad (1.36)$$

1.5 Обзор методологии нормирования мелкодисперсной пыли PM_{10} , $PM_{2,5}$ применительно к предприятиям строительной индустрии

Научные исследования отрицательного воздействия мелкодисперсной пыли на человека и окружающую среду [24, 19, 26, 22, 28, 148, 147, 138] начались с 90х годов XX века в Европе, США, Канаде, Великобритании. Данные исследования доказывают связь между уровнем загрязнения воздуха мелкодисперсными частицами и проблемами здоровья людей, включая, острые хронические заболевания дыхательных путей, бронхит одышку, астму болезненное дыхание, а также преждевременные смертные случаи.

В Директиве 2008/50/ЕС «О качестве атмосферного воздуха и о более чистом воздухе для Европы» (Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe) от мая 2008 г. прописаны значения предельных уровней (концентраций) загрязняющих веществ. Целью этого норматива является предотвращение или уменьшения негативного влияния на состояние здоровья человека, а также на качество окружающей среды в целом, в том числе для мелкодисперсной пыли PM_{10} и $PM_{2,5}$. Приведенные нормативы должны быть достигнуты в заданные периоды времени; после этого необходимо соблюдать значения концентраций вредных веществ в воздухе окружающей среду на полученном уровне.

Таблица 1.6 – Предельно допустимые концентрации в воздухе, согласно Директиве 2008/50/ЕС для PM_{10}

Промежуток осреднения	Максимальный уровень (концентрация)	Интервалы допустимых отклонений	Дата достижения
Взвешенные вещества, частицы размером < 10 мкм (PM_{10})			
24часа	50 мкг/м ³ , уровень не должен превышать более 35 раз в течение календарного года	50%	01.01.2005

Продолжение таблицы 1.6			
Календарный год	50 мкг/м ³	20%	01.01.2005

Для частиц пыли, находящихся во взвешенном состоянии размером $< 2,5$ мкм (PM_{2,5}) Директива 2008/50/ЕС предусматривает последовательное снижение среднегодовой концентрации данных частиц пыли в воздухе.

В Великобритании согласно со Стратегией в области качества воздуха (Air Quality Strategy, 2007) целевые показатели параметров воздуха применимые для частиц пыли с размером PM₁₀ и PM_{2,5} нормируются следующим образом:

Таблица 1.7 - Целевые показатели качества воздуха для взвешенных частиц с размером PM₁₀ и PM_{2,5} в Великобритании

Загрязняющее вещество	Целевые показатели качества воздуха		Дата достижения
	Концентрация	Период осреднения	
Взвешенные вещества, частицы размером < 10 мкм (PM ₁₀), гравиметрическое определение			
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландий	50 мкг/м ³ (не должна превышаться более 35 раз в год)	Средняя величина из 24 последователь- ных среднечасовых концентраций	31.12.2004
	мкг/м ³	Среднегодовая концентрация	31.12.2004
Взвешенные вещества, частицы размером < 2,5 мкм (PM _{2,5}), гравиметрическое определение			
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландий	25 мкг/м3 (данный показатель, не установленный в настоящее время законодательством)	Среднегодовая концентрация	2020
	15% сокращение дозы в городах Среднегодовая концентрация 2010 - 2020		
Шотландия	12 мкг/м ³ (лимит)	Среднегодовая концентрация	2010

Стандарты качества атмосферного воздуха США (по состоянию на 2008 г.) включают в себя нормирование количества присутствия мелкодисперсной пыли.

Таблица 1.8 - Стандарты качества атмосферного воздуха США по PM_{10} и $PM_{2,5}$

Загрязняющее вещество	Первичные стандарты	
	Уровень	Период осреднения
Взвешенные вещества, частицы размером < 10 мкм (PM_{10})	0,15 мг/м ³	24 часа
Взвешенные вещества, частицы размером $< 2,5$ мкм ($PM_{2,5}$)	0,015 мг/м ³	Год (среднее арифметическое)
	0,035 мг/м ³	24 часа

В Австралии стандарты качества атмосферного воздуха были приняты в 1998г. Значение этих стандартов должно быть достигнуто к 2008 г.; при этом для каждого из нормативов определен период осреднения и предельное количество случаев раз в году, когда этот показатель может быть превышен.

Допустимые пределы содержания загрязняющих веществ как для производственной, так и в селитебной зоны в России определяются нормативами качества воздуха, которые в свою очередь относятся к санитарно-гигиеническим [131, 49, 54, 57, 58]. Нормирование направлено на комплексный учет каждого источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что, в свою очередь, позволяет расширить перечень загрязняющих веществ.

Таблица 1.9 - Стандарты качества воздуха в Австралии в применимые для PM_{10} и $PM_{2,5}$

Загрязняющее вещество	Период осреднения	Максимальная концентрация	Цель на 10-летний период (максимальное число случаев превышения)
Взвешенные вещества, частицы размером < 10 мкм (PM_{10})	1 сутки	50 мкг/м ³	5 дней в году
Взвешенные вещества, частицы размером $< 2,5$ мкм ($PM_{2,5}$)	1 сутки	25 мкг/м ³	сбор достаточной информации для установления национального стандарта в 2005 г.

Достижение и поддержание значений концентрации вредных веществ в воздухе окружающей среды согласно нормативам [64, 49, 54, 57] обеспечивает необходимое качество воздуха как на производственных территориях, так и в жилой застройке, которое не оказывает неблагоприятного воздействия на здоровье человека (концепция нулевого риска). В процессе принятия и описания нормативов качества (целевых показателей качества) окружающей среды более высокую популярность приобретает метод, который базируется на оценке риска (меры опасности, определяющей возможность установления негативных явлений/последствий).

До недавнего времени в России приводилось к установленным нормам общее содержание взвешенных веществ и в атмосферном воздухе, и в рабочей зоне предприятий. В июне 2010 года были введены в действие гигиенические нормативы ГН 2.1.6.2604-10 с 21.06.2010г.: дополнение № 8 к ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» [68], которые нормируют содержание взвешенных веществ по фракциям PM_{10} и $PM_{2,5}$.

Таблица 1.10 - Величины ПДК в атмосферном воздухе, установленные для PM_{10} и $PM_{2,5}$

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³			Класс опасности
	Максимально-разовая	Средне-суточная	Средне-годовая	
2	3	4	5	6
Взвешенные частицы PM_{10}	0,3	0,06	0,04	-
Взвешенные частицы $PM_{2,5}$	0,16	0,035	0,0255	-

Для определения целевых показателей качества воздуха в разных странах свойственны свои методы к достижению предельно допустимых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе. Но несмотря на отличия в методах численные значения показателей для многих веществ достаточно близки [57, 68, 138]. Данный факт является итогом недавних действий, направленных на уточнение ряда как предельно допустимых концентраций в России, так и

концентраций, установленных рекомендациями ВОЗ по качеству воздуха в Европе.

Таблица 1.11 - Нормативы качества атмосферного воздуха: РФ, ЕС, ВОЗ

Загрязняющее вещество	Период осреднения / характер норматива	Концентрации, мкг/м ³			
		РФ	ЕС	ВОЗ	США
Взвешенные вещества, частицы размером < 10 мкм (PM ₁₀)	24 часа	60	50	50	150
	Год	40	20	20	80
Взвешенные вещества, частицы размером < 2,5 мкм (PM _{2.5})	24 часа	35	—	25	
	Год	25	25 (целевой показатель, вступил в силу 01.01.2010)	10	
Взвешенные вещества (общая концентрация)	24 часа (ПДК СС)	500	—		—
	20 минут	15000	—		—

Ввиду последствий повышенной запыленности и длительность нахождения частиц пыли во взвешенном состоянии, нормирование концентрации мелкодисперсной пыли PM₁₀ и PM_{2.5}, во всем мире считается наиболее значимым. Тем не менее, до настоящего времени в воздухе рабочей зоны приняты нормативы содержания взвешенных веществ в воздухе рабочих зон производств стройиндустрии без учета их размеров. Разработка и принятие нормативов для мелкодисперсной пыли PM₁₀ и PM_{2.5} дает возможность точно определять местные фоновые концентрации, устанавливать определенные конкретные требования к предприятиям и получать достоверную аналитическую информацию, которая необходима для контроля поддержания установленных нормативов.

1.6 Выбор направления исследований и поставленной задачи

При производстве строительных материалов в воздух рабочей зоны помещения выделяются вредные вещества. Превышения ПДК значения концентраций вредных веществ вызывают хронические заболевания органов дыхания.

Организация воздухообмена, а также систем вентиляции направленной на разбавление вредностей в воздухе рабочей зоны существенно снизить значения концентрации.

Ввиду конструктивных особенностей цехов бетонно смесительного отделения расчет воздухообмена и концентраций пыли затруднен.

Основным направлением исследования является исследование движения пылевоздушных масс по всему объему цеха, оптимизация расчета концентраций пыли на каждой технологической площадке, а также расчета воздухообмена.

1.7 Выводы по первой главе

1. Анализ вредных веществ выделяющихся в воздух рабочей зоны цеха позволил оценить их влияние на здоровье работников данного производства и определить основные профессиональные болезни: пневмокониоз легких, воспаление верхних дыхательных путей и слизистой оболочки глаз (конъюнктивиту), дерматит открытых поверхностей кожи и др. Организация систем вентиляции (как общеобменной вентиляции, так и аспирации) является основным путем поддержания нормированных параметров качества воздуха в рабочей зоне помещения.

2. Исследованию распределения вредных веществ в производственных помещениях большой высоты с технологическими площадками и

междуэтажными проемами посвящено небольшое количество работ, что затрудняет поддержание качества воздуха рабочей зоны в цехах данного типа.

3. Анализ способов определения норм характеристик атмосферного воздуха (относительно наличия в нем взвешенных частиц) в России и других странах выявил, что имеется классификация частиц относительно их размеров PM_{10} и $PM_{2,5}$ – частицы размером ≤ 10 мкм и 2,5 мкм соответственно. Что касается воздуха в рабочих зонах на промышленных предприятиях в нашей стране применялся детерминированный метод оценки общего содержания взвешенных частиц в объеме промышленного помещения, не учитывая размеры частиц. Также на данный момент не существует системы для контроля и оценки наличия фракций малого размера в общем количестве пыли, поступающей в воздух рабочей зоны и вентиляционные системы предприятий.

4. При изменении режимов течения существенно меняется сопротивление частиц этой среде. При больших значениях критерия Рейнольдса Re коэффициент сопротивления есть величина постоянная. При уменьшении значения коэффициента Рейнольдса Re значение коэффициента сопротивления существенно увеличивается.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЫЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ В БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ

2.1 Теоретические исследования запыленности воздуха рабочей зоны бетоносмесительного отделения

При вылете частиц пыли из технологического оборудования (при загрузке и разгрузке, через неплотности и свободные проемы) вначале происходит перенос частиц пыли от технологического оборудования в рабочую зону, и дальнейшее оседание ее на поверхность рабочей площадки, длительное нахождение в воздушной среде помещения или вынос в атмосферу.

Профессором Е.И. Богуславским получено уравнение вероятности массопереноса частиц пыли от технологического оборудования:

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = W_x \frac{\partial P}{\partial X} + W_y \frac{\partial P}{\partial Y} + W_z \frac{\partial P}{\partial Z} + 0,5 \sum_{i=1}^3 b_i \frac{\partial^2 P}{\partial X_i^2}, \quad (2.1)$$

где

W_i вектор абсолютной скорости частиц пыли;

τ время процесса;

b_i коэффициент диффузии пылевых частиц.

На рисунке 2.1 показаны возможные физические модели процесса массопереноса от технологического оборудования.

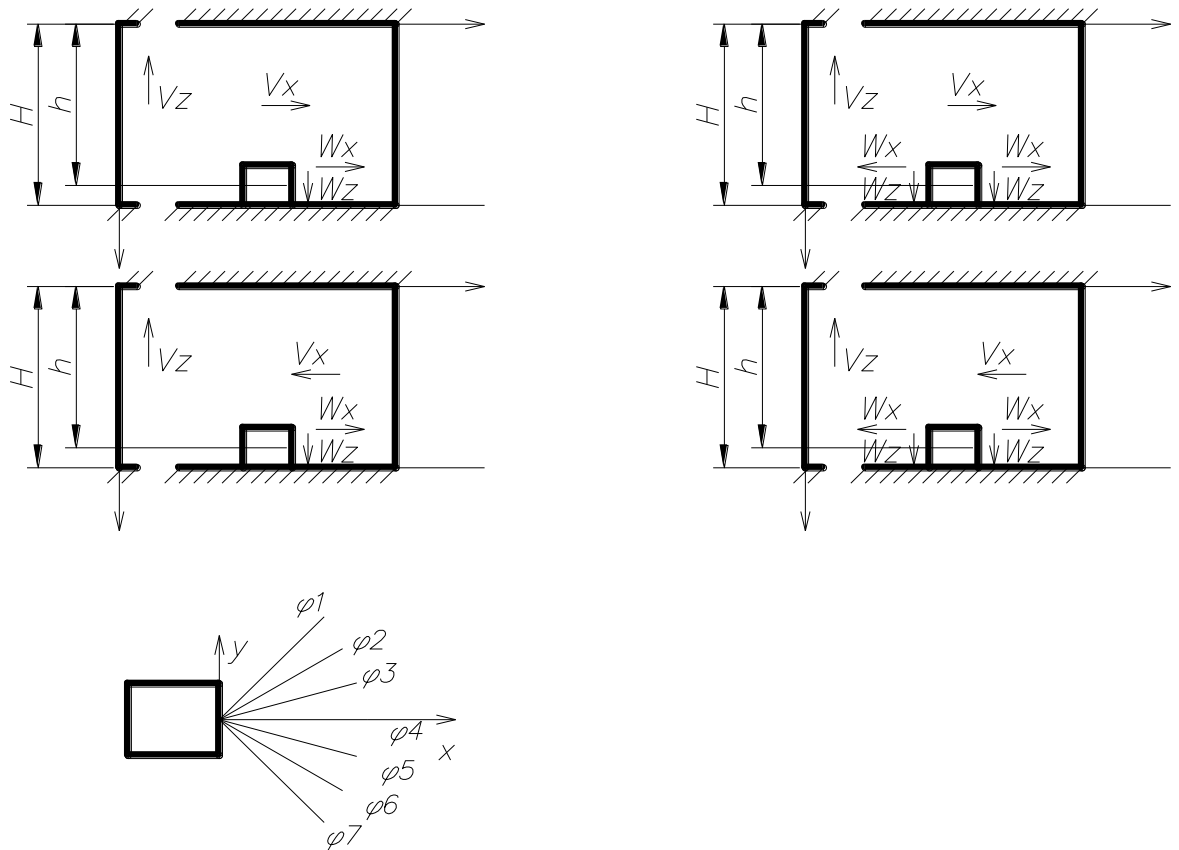


Рисунок 2.1 – Расчетная схема процессов пылевыведения от технологического оборудования: а - V_x и W_x совпадают по направлению; б - V_x и W_x противоположны по направлению; в – вид в плане

Если принимать во внимание только наиболее значимые стохастические явления, то уравнение принимает следующий вид:

$$\frac{\partial P}{\partial \tau} = \overline{W_{xyi}} \frac{\partial P}{\partial XY} + \overline{W_z} \frac{\partial P}{\partial Z} + 0,5b_z \frac{\partial^2 P}{\partial Y^2}, \quad (2.2)$$

Решение приведенного выше уравнения осуществляется по методу разделения данного уравнения по физическим процессам, который был предложен проф. Е.И. Богуславским [16, 42, 43, 94, 25] для аналитического решения уравнений вероятности массопереноса.

Граничные условия к уравнению (2.39) возьмем более общие, чем в [127, 25]

$$P = K \text{ при } X = X \text{ и } Z = h \quad (2.3)$$

$$P = a \text{ при } X = X \text{ и } Z = H \quad (2.4)$$

$$P=1 \quad \text{при } X=0, \quad Z=h \quad \text{и} \quad \frac{a}{K} = a_0 \quad (2.5)$$

Тогда после подстановки и преобразований мы имеем:

$$P=1-\left[1-\exp\left(-\left(\frac{XW_Z}{W_{XY}}-Z\right)\frac{\ln a_0}{(H-h)}+\frac{h \ln a_0}{(H-h)}\right)\right] \operatorname{erf}(Y), \quad (2.6)$$

$$(Y)=\left[\frac{H_\tau^2}{2\mu^2 b_Z(\tau-\tau_0)}\right] \quad (2.7)$$

где

H_τ расстояние, проходимое частицей по оси Z до плоскости оседания $X=H$;

$\overline{\mu^2}$ степень увлечения частицы пульсирующей газовой средой;

b_Z коэффициент диффузии газового потока;

$\tau-\tau_0=\tau_{II}$ время процесса переноса массы частиц на плоскость оседания $X=H$.

При рассмотрении времени τ_{II} необходимо выделить две возможности для частиц крупного и малого диаметра. Для оседающих частиц согласно рисунка 2.1.

$$\tau_{II} = \frac{H_\tau}{W_Z} = \frac{H-h}{W_Z}, \quad (2.8)$$

Для частиц, уносимых восходящим воздушным потоком вверх, т.е. при $W_Z < 0$.

$$\tau_{II} = \frac{H_\tau}{W_Z} \cdot \frac{h}{W_Z}, \quad (2.9)$$

Рассмотрим $\tau_{II}(\delta)$ как случайную функцию скорости оседания частиц пыли, тогда вид уравнения вероятности массопереноса частицы (2.43) примет вид:

$$P' = \int_0^\infty \int_0^\infty P(\tau_n(\delta)) d(D(\delta)) d\delta, \quad (2.10)$$

$$P' = \int_0^\infty \int_0^\infty \left(1 - \left[1 - \exp\left(-\frac{h}{H-h} \ln a_0\right) \right] \operatorname{erf}(Y) \right) d(D(\delta)) d\delta, \quad (2.11)$$

Запишем уравнение, принимая во внимание граничные условия для источника выделения пыл.

$$X = 2,55, \quad Z = 0,$$

$$P' = \int_0^\infty \int_0^\infty \left(1 - \left[1 - \exp\left(-\frac{XW_z \ln a_0}{W_{xy}(H-h)} + \frac{h \ln a_0}{(H-h)}\right) \right] \operatorname{erf}(Y) \right) d(D(\delta)) d\delta, \quad (2.12)$$

Граничное условие a_0 зависит от определенных условий задачи, например, взметывания, перетекания пыли. Значение a_0 может быть определено экспериментально в лабораторных и производственных условиях или аналитически при дополнительных ограничениях и обоснованиях.

Таким образом, получено аналитическое описание процесса массопереноса частиц пыли от выбранного точечного источника в набегающем и восходящем воздушных потоках.

2.2 Исследование запыленности воздуха в рабочей зоне бетоносмесительного отделения

Для оценки вклада отдельного источника выделения пыли в суммарное загрязнение воздушной среды производственных помещений у каждой отдельной единицы технологического оборудования были проведены замеры запыленности воздуха в рабочей зоне [21, 5, 45, 2, 11]. На основании хронометража рабочего времени были выбраны точки замеров запыленности рабочего воздуха (рисунок 2.2). Результаты замеров в рабочей зоне бетоносмесительного отделения у каждого источника пылевыведения представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. - Запыленность воздушной среды рабочей зоны
бетоносмесительного отделения

Номер точки замера	Концентрация, мг/м ³			
	замер 1	замер 2	замер 3	Среднее значение
1	54,61	52,54	54,09	53,75
2	21,09	19,82	20,6	20,50
3	31,07	30,57	30,6	30,75
4	38,97	38,56	38,71	38,75
5	82,16	82,39	82,2	82,25
6	37,06	36,96	37,02	37,01
7	18,12	18,01	18,03	18,50
8	44,07	43,95	44,02	44,01
9	68,1	68,02	68,04	68,50
10	173,56	173,46	173,49	173,50
11	27,48	27,42	27,46	27,45
12	33,65	33,71	33,67	33,68
13	33,72	33,78	33,76	33,75

Замеры выполнялись по стандартным методикам [55, 130, 39]. На основании представленных данных можно сделать вывод, что максимальное количество пыли поступает от оборудования в обслуживаемую зону на расстояние до 0,5-1 м, а концентрация пыли в рабочей зоне в ряде случаев превышает ПДК в 5-7 раз.

На рисунке 2.2 показано состояние технологического оборудования, по которому можно оценить качество воздушной среды помещения.



Рисунок 2.2 – Состояние технологического оборудования в бетоносмесительном отделении ОАО «Промстройконструкция»

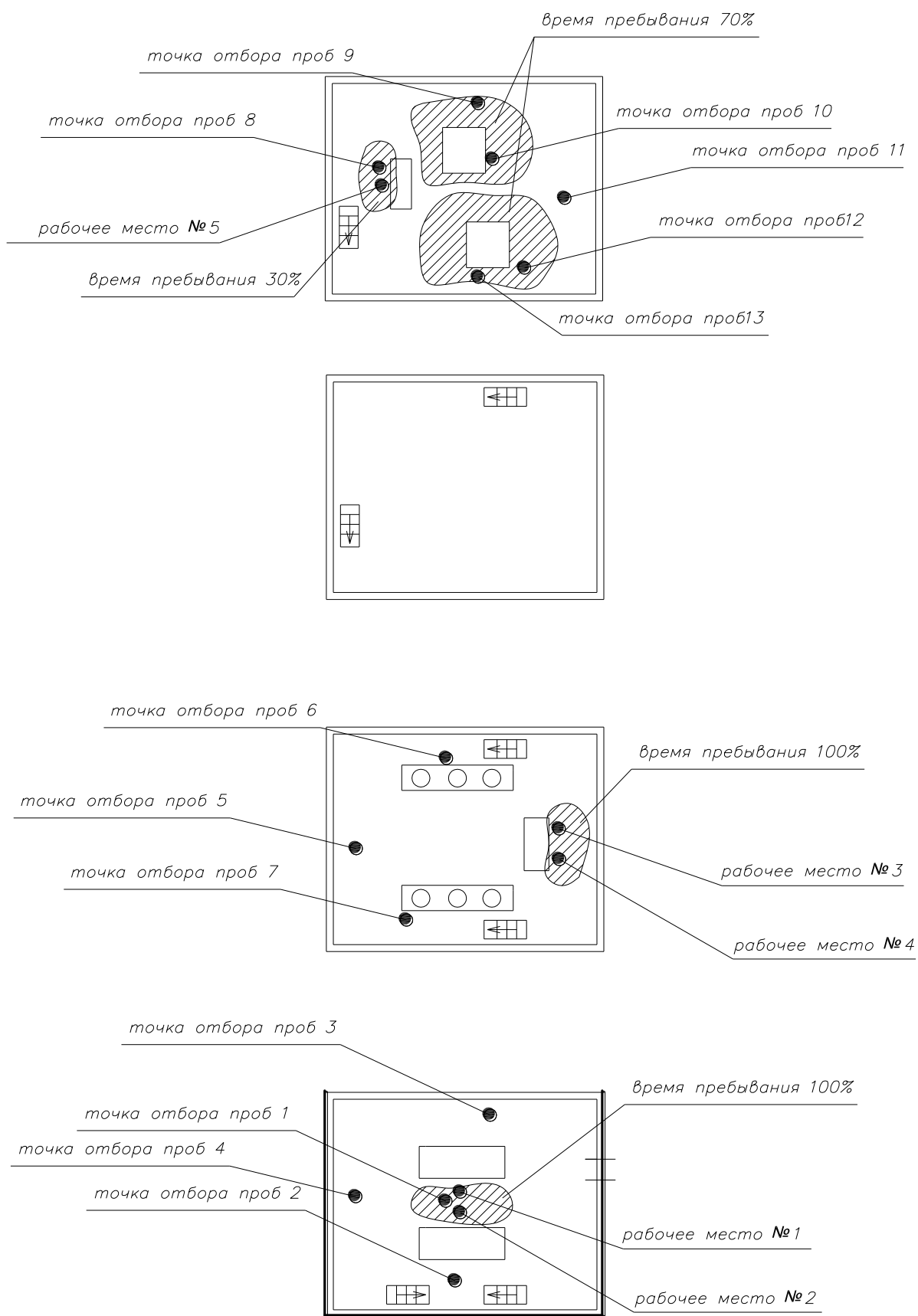


Рисунок 2.3 – Места забора проб пыли в бетоносмесительном отделении

Анализируя полученные результаты видно, что наибольшая запыленность воздуха превышает значение ПДК больше, чем в 25 раз и наблюдается она в надбункерном отделении.

2.3 Исследование замеров интенсивности пылеоседания и оценка мощности пылевыведений от технологического оборудования

С целью разработки эффективных мер по борьбе с повышенной запыленностью воздуха рабочей зоны требуется знать величину выделения пылевых загрязнений от технологического оборудования [15, 4]. Искомая величина оценивалась экспериментальным путем по методике профессора Е.И. Богуславского и В.Н. Азарова [21]. Суммарная величина пылевыведений в производственное помещение M в г/ч, определяется формулой:

$$M = M_1 + M_2 + M_3, \quad (2.13)$$

где M_1 - количество пыли, уносимой вентиляционными и аспирационными системами, г/ч;

M_2 - количество пыли, уносимой через проемы помещения, г/ч;

M_3 - количество пыли, оседающей на пол и технологические площадки цеха, г/ч.

Величина (M_1 и M_2) из формулы (3.1) составляет 5–10% от M . Суммарное количество пыли поступающей в цех можно выражается формулой:

$$M = 1,1 \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^k M_{cpi k}, \quad (2.14)$$

В ходе эксперимента доказано, что значение интенсивности оседания пыли может применяться для нахождения интенсивности пылевыведения от технологического оборудования. Массу пыли, которая исходит от источника

пыления, можно определить путем суммирования масс пыли, которая осела на участках поверхности пола [5, 45, 2], то есть

$$M_{Ti} = \sum_{i=1}^n \bar{G}_i F_i, \quad (2.15)$$

где $1...i$ - количество участков поверхности оседания пыли;

F_i - площадь участка поверхности оседания.

Для подсчета интенсивности пылеоседания на поверхность пола производственного помещения прежде всего необходимо выявить направление движения пыли. Для чего на расстоянии 1,5 м от источника пылевыведения по окружности через угол равный $\pi/4$ располагают тарелочки-ловушки.

Пыль, которая осела на тарелочку – ловушку, взвешивается, и находится интенсивность пылеоседания по формуле:

$$G_o = \frac{G}{F\tau} \text{ г/(м}^2\text{ч)}, \quad (2.16)$$

где G - количество пыли, осевшей на тарелочке, кг;

F - площадь тарелочки, м²;

τ - время нахождения тарелочки в зоне пылеоседания, ч.

На основе результатов плотности оседания принимаем минимальные G_{min} и максимальные G_{max} значения. По данным точкам G_{max} и G_{min} строится линия, являющаяся, для выбранной зоны пылеоседания средней от фиксированного источника пылевыведения. Область пылеоседания от источника разделяем на пару участков угол раскрытия которых составляет $\pi/4$, тем самым, получаем по два участка с G_{max} и G_{min} оседанием частиц пыли.

Далее выполняются основные измерения, по результатам которых определяют величину пыли, поступающей из оборудования. С этой целью на каждом участке пылеоседания размечают дуги, в количестве не менее трех. На дугах располагают по три тарелочки-ловушки. Время экспозиции ловушек в зоне пылеоседания должно составлять не меньше часа. Далее определяют массу, осевшей на каждую ловушку, пыли и среднюю плотность распределения по формуле (2.4) для каждой дуги. Итоговое количество пылевыведений от

анализируемого сектора определяется по уравнению, приведенному ниже.

$$M_{Ti} = \frac{\pi \varphi}{360} \frac{G_{\max}}{x_k} \left[\frac{2}{a^3} + \left(\frac{x_k^2}{a} + \frac{2x_k}{a^2} + \frac{2}{a^3} \right) \exp(-ax_k) \right], \text{ г/ч} \quad (2.17)$$

где φ - значение центрального угла рассматриваемого сектора, град;

G_{\max} - значение максимума кривой распределения интенсивности пылеоседания (определяется экспериментальным путем для каждой исследуемой пыли), г/(м²·ч);

x_k - расстояние от источника, м;

a - коэффициент (определяется экспериментальным путем для каждой исследуемой пыли), 1/м.

Действительное значение пылеоседания от определенного источника выделения пыли может быть выражено нахождением удвоенной суммой средних величин пылеоседания для секторов с минимальным и максимальным значением оседания пыли.

Ввиду того, что использованная методика [21] применялась для предприятий по производству технического углерода и по зернопереработке, следует уточнить методику [21] для пыли, выделяющейся в процессе производства железобетонных изделий [5].

Замеры интенсивности пылеоседания проводились в бетоносмесительном отделении ОАО «Промстройконструкция».

Все оборудование в бетоносмесительном отделении на каждой технологической площадке работает с постоянной скоростью без остановок (за исключением случаев ремонта), с количеством сырья соответствующим технологии производства. Оборудование может работать в холостую в дни профилактики или в случае отсутствия сырья на предприятии.

Схемы расположения ловушек для определения направления пылеоседания приведена на рисунке 2.4

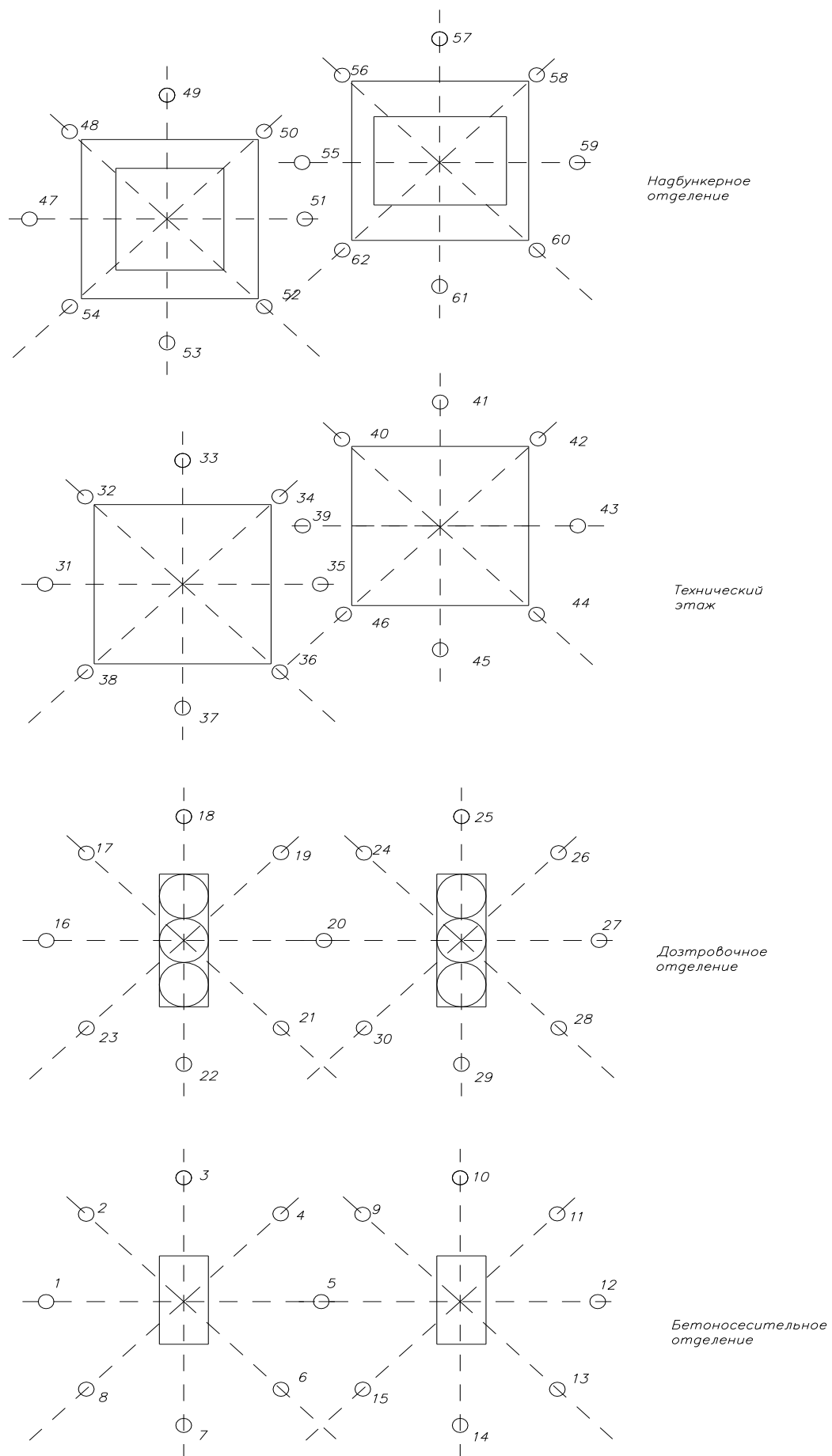


Рисунок 2.4 – Схема расположения ловушек для предварительных замеров

Результаты предварительных замеров приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. - Результаты замеров средней плотности пылеоседания в бетоносмесительном отделении ОАО «Промстройконструкция»

№ ловушки	Масса осевшей пыли, г.	Площадь поверхности ловушки, м ² .	Длительность замера, мин.	Средняя плотность распространения пылеоседания G_0 , кг/(м ² ч).
1	0,841985	0,011304	180	0,02483
2	0,875995	0,011304	180	0,02583
3	1,15045	0,011304	180	0,03392
4	1,30055	0,011304	180	0,03835
5	1,2901	0,011304	180	0,03804
6	1,34615	0,011304	180	0,03970
7	1,09725	0,011304	180	0,03236
8	0,894425	0,011304	180	0,02637
9	1,3034	0,011304	180	0,03843
10	1,10485	0,011304	180	0,03258
11	0,92473	0,011304	180	0,02727
12	0,86051	0,011304	180	0,02537
13	0,86887	0,011304	180	0,02562
14	1,03455	0,011304	180	0,03051
15	1,33285	0,011304	180	0,03930
16	0,649325	0,011304	180	0,01915
17	0,71497	0,011304	180	0,02108
18	0,79344	0,011304	180	0,02340
19	0,898985	0,011304	180	0,02651
20	0,96995	0,011304	180	0,02860
21	0,918935	0,011304	180	0,02710
22	0,83999	0,011304	180	0,02477
23	0,623865	0,011304	180	0,01840
24	0,902595	0,011304	180	0,02662
25	0,80009	0,011304	180	0,02359
26	0,644005	0,011304	180	0,01899
27	0,659775	0,011304	180	0,01946

продолжение таблицы 2.2

28	0,69977	0,011304	180	0,02063
29	0,81472	0,011304	180	0,02402
30	0,934325	0,011304	180	0,02755
31	0,0513	0,011304	180	0,00151
32	0,0589	0,011304	180	0,00174
33	0,06175	0,011304	180	0,00182
34	0,06745	0,011304	180	0,00199
35	0,0627	0,011304	180	0,00185
36	0,05605	0,011304	180	0,00165
37	0,0494	0,011304	180	0,00146
38	0,05225	0,011304	180	0,00154
39	0,06555	0,011304	180	0,00193
40	0,05985	0,011304	180	0,00176
41	0,0551	0,011304	180	0,00162
42	0,0608	0,011304	180	0,00179
43	0,057	0,011304	180	0,00168
44	0,05415	0,011304	180	0,00160
45	0,0513	0,011304	180	0,00151
46	0,05605	0,011304	180	0,00165
47	1,5048	0,011304	180	0,04437
48	1,32145	0,011304	180	0,03897
49	1,2521	0,011304	180	0,03692
50	1,8506	0,011304	180	0,05457
51	1,9627	0,011304	180	0,05788
52	2,09285	0,011304	180	0,06171
53	1,65205	0,011304	180	0,04872
54	1,54565	0,011304	180	0,04558
55	1,89525	0,011304	180	0,05589
56	1,20745	0,011304	180	0,03561
57	1,07255	0,011304	180	0,03163
58	1,38985	0,011304	180	0,04098
59	1,6967	0,011304	180	0,05003
60	1,73945	0,011304	180	0,05129
61	2,04725	0,011304	180	0,06037

окончание таблицы 2.2				
62	2,00165	0,011304	180	0,05902

На основании полученных результатов берутся самые большие и самые маленькие значения плотности пылеоседания (G_{min} и G_{max}). Через выбранные значения G_{min} и G_{max} проводят прямую, которая есть средняя линия для зоны пылеоседания определенного источника выделения пыли. Зону пылеоседания данного источника разделяют на два сектора с углом раскрытия равным $\pi/4$, следовательно образуются два сектора с самым маленьким и самым большим значением оседания пыли [71]. После чего для определения количества пыли, которая выбилась из оборудования, проводят основные замеры. Для этого в каждом из секторов пылеоседания намечают не менее трех дуг, на каждой из которых устанавливают по три ловушки. Ловушки должны находиться в области оседания не менее 3-х часов, так как более длительное их нахождение не сказывается на результатах измерения, что доказано экспериментально. Схема расположения тарелочек зависит от особенностей производства.

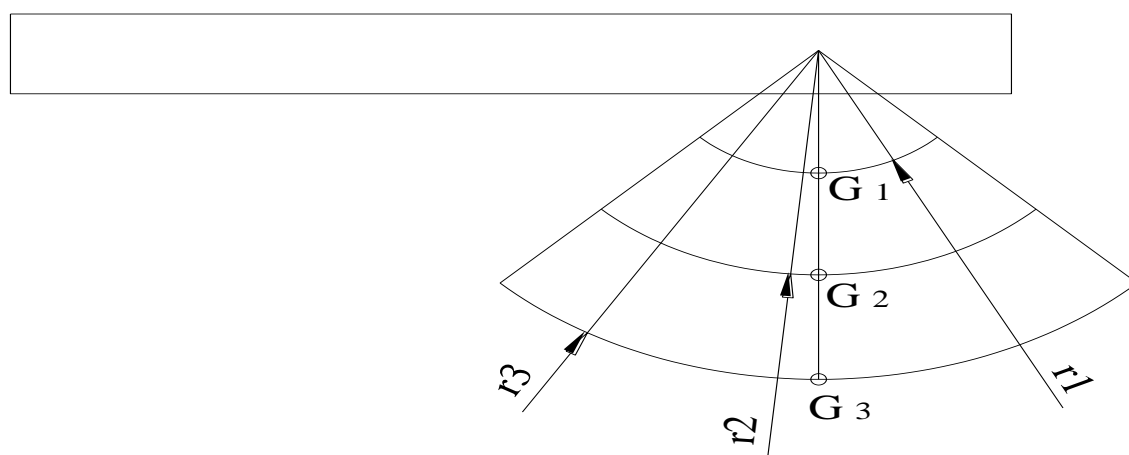


Рисунок 2.5 – Схема размещения ловушки для плоских источников пыления при проведении основного замера для определения интенсивности пылеоседания

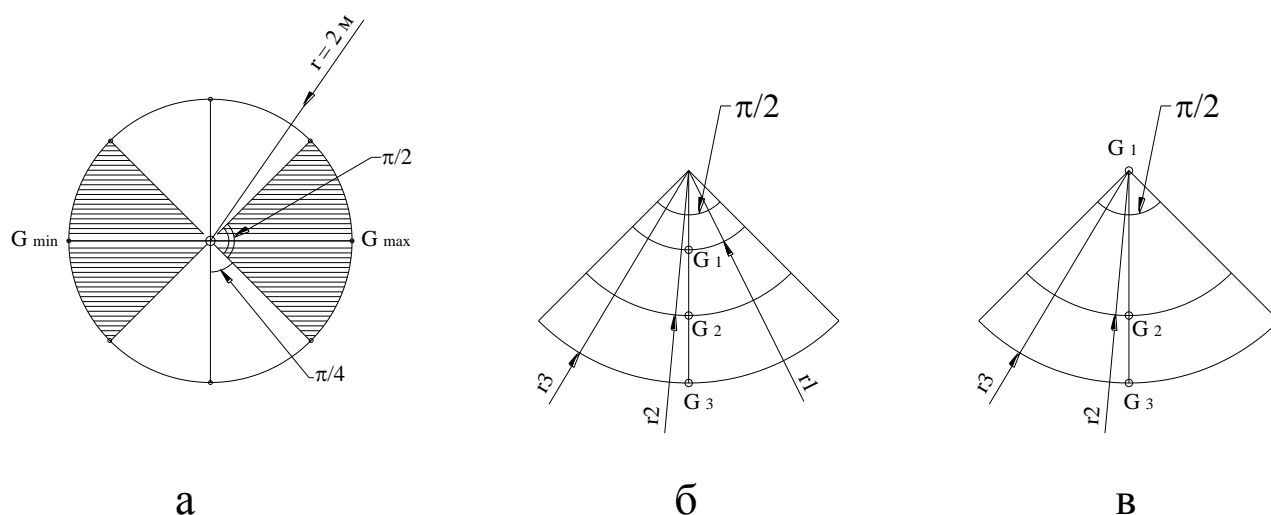


Рисунок 2.6 – Схема размещения ловушек для определения пылеоседания:
а – первичный замер; б, в – основной замер; • - ловушки

Средняя плотность распространения пылеоседания для каждого радиуса определяется путем взвешивания пыли, осевшей на каждой тарелочке-ловушке. Результаты заносятся в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 Результаты экспериментальных исследований средней плотности пылеоседания.

№ ловушки	Радиус, м	Масса ловушки		Масса пыли, уловленной ловушкой, г	Интенсивность пылеоседания г/м ² ч
		до опыта	после опыта		
1	1,5	1,52	2,0513	0,5313	86,7857
2		1,52	1,6973	0,1773	
3		1,52	1,7924	0,2724	
4	3	1,52	1,6569	0,1369	36,6596
5		1,52	1,6558	0,1358	
6		1,52	1,6617	0,1417	
7	5	1,52	1,8173	0,2973	81,1622
8		1,52	1,8093	0,2893	
9		1,52	1,8508	0,3308	
10	1,5	1,52	1,7430	0,2230	69,7300
11		1,52	1,7615	0,2415	
12		1,52	1,8437	0,3237	
13	3	1,52	1,6572	0,1372	36,5623
14		1,52	1,6558	0,1358	
15		1,52	1,6603	0,1403	
16	5	1,52	1,7073	0,1873	60,8975
17		1,52	1,7604	0,2404	
18		1,52	1,7806	0,2606	

продолжение таблицы 2.3					
19	1,5	1,52	2,1031	0,5831	99,9706
20		1,52	1,9229	0,4029	
21		1,52	1,6640	0,1440	
22	3	1,52	1,61463	0,09463	25,9607
23		1,52	1,6221	0,1021	
24		1,52	1,61673	0,09673	
25	5	1,52	1,7750	0,2550	71,5051
26		1,52	1,7955	0,2755	
27		1,52	1,7978	0,2778	
28	1,5	1,52	1,7467	0,2267	72,3614
29		1,52	1,8777	0,3577	
30		1,52	1,7536	0,2336	
31	3	1,52	1,61501	0,09501	26,1377
32		1,52	1,6221	0,1021	
33		1,52	1,61835	0,09835	
34	5	1,52	1,7765	0,2565	59,1000
35		1,52	1,7407	0,2207	
36		1,52	1,7109	0,1909	
37	1,5	1,52	1,8781	0,3581	59,1139
38		1,52	1,6277	0,1077	
39		1,52	1,7225	0,2025	
40	3	1,52	1,5265	0,0065	1,7870
41		1,52	1,5271	0,0071	
42		1,52	1,5266	0,0066	
43	5	1,52	1,6330	0,1130	26,4489
44		1,52	1,5862	0,0662	
45		1,52	1,6398	0,1198	
46	1,5	1,52	1,8147	0,2947	54,6309
47		1,52	1,8038	0,2838	
48		1,52	1,5591	0,0391	
49	3	1,52	1,5258	0,0058	1,6808
50		1,52	1,5263	0,0063	
51		1,52	1,5269	0,0069	
52	5	1,52	1,6706	0,1506	35,8710
53		1,52	1,6659	0,1459	
54		1,52	1,6290	0,1090	
55	1,5	1,52	1,7318	0,2118	132,0340
56		1,52	2,2245	0,7045	
57		1,52	2,0962	0,5762	
58	3	1,52	1,7148	0,1948	54,9982
59		1,52	1,7266	0,2066	
60		1,52	1,7403	0,2203	

окончание таблицы 2.3					
61	5	1,52	1,8349	0,3149	82,4784
62		1,52	1,8910	0,3710	
63		1,52	1,7665	0,2465	
64	1,5	1,52	2,2179	0,6979	162,3858
65		1,52	2,1868	0,6668	
66		1,52	1,9909	0,4709	
67	3	1,52	1,7195	0,1995	55,3521
68		1,52	1,7307	0,2107	
69		1,52	1,7355	0,2155	
70	5	1,52	1,9008	0,3808	91,9074
71		1,52	1,8043	0,2843	
72		1,52	1,8938	0,3738	

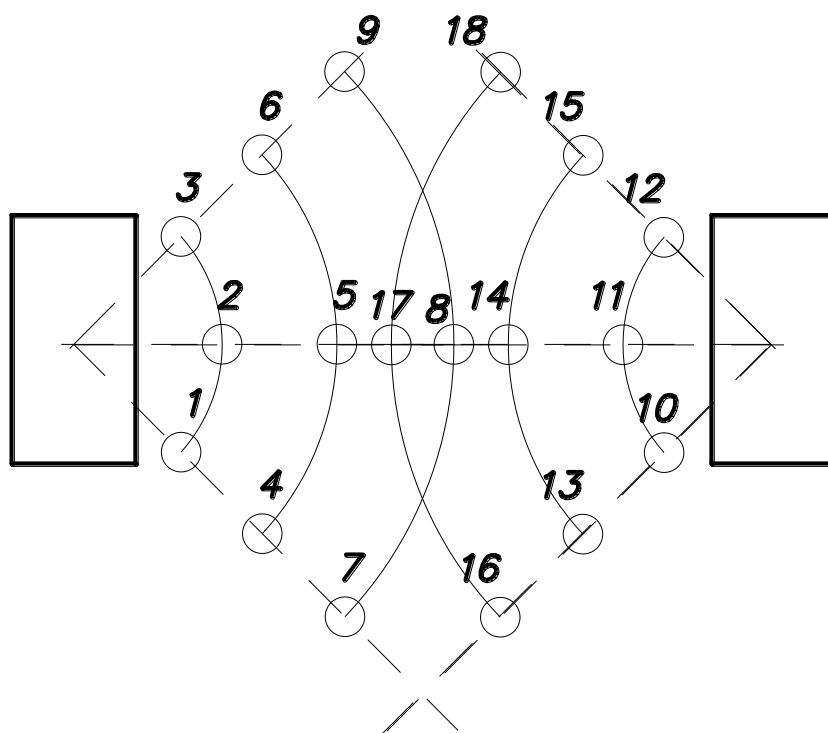


Рисунок 2.7 – Схема расположения тарелочек-ловушек для основных замеров
в смесительном отделении

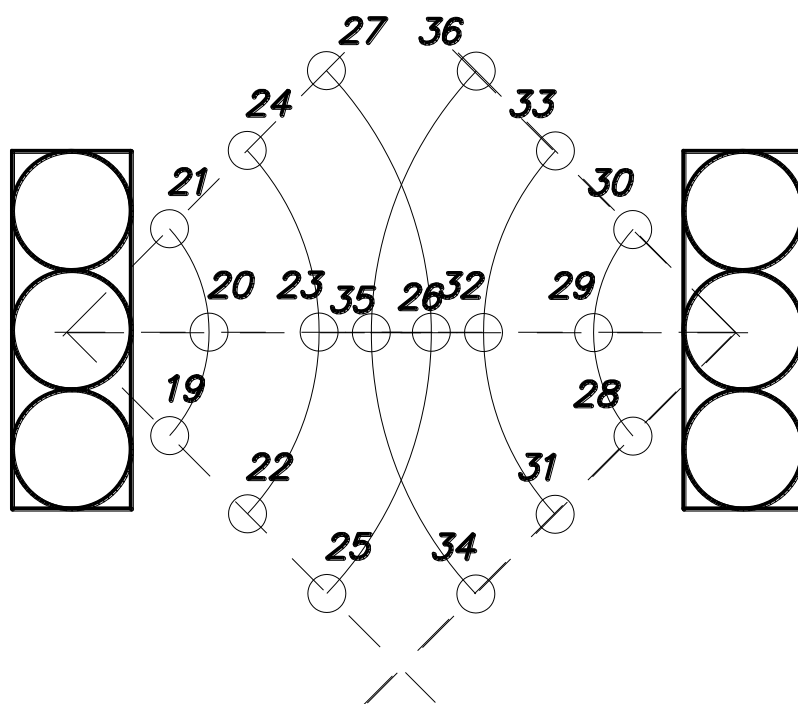


Рисунок 2.8 – Схема расположения тарелочек-ловушек для основных замеров в дозировочном отделении

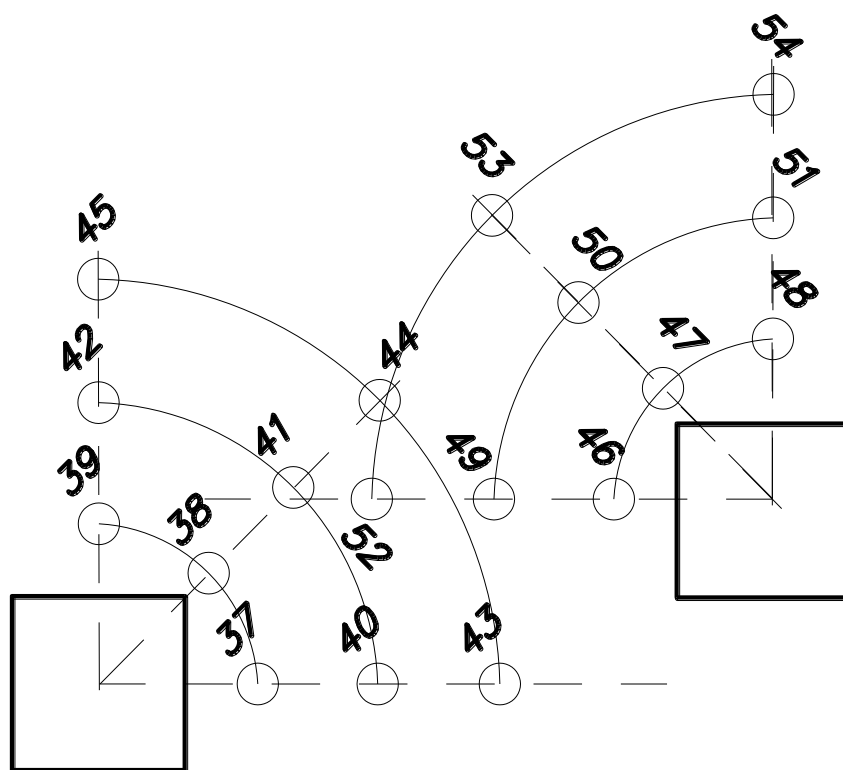


Рисунок 2.9 – Схема расположения тарелочек-ловушек для основных замеров

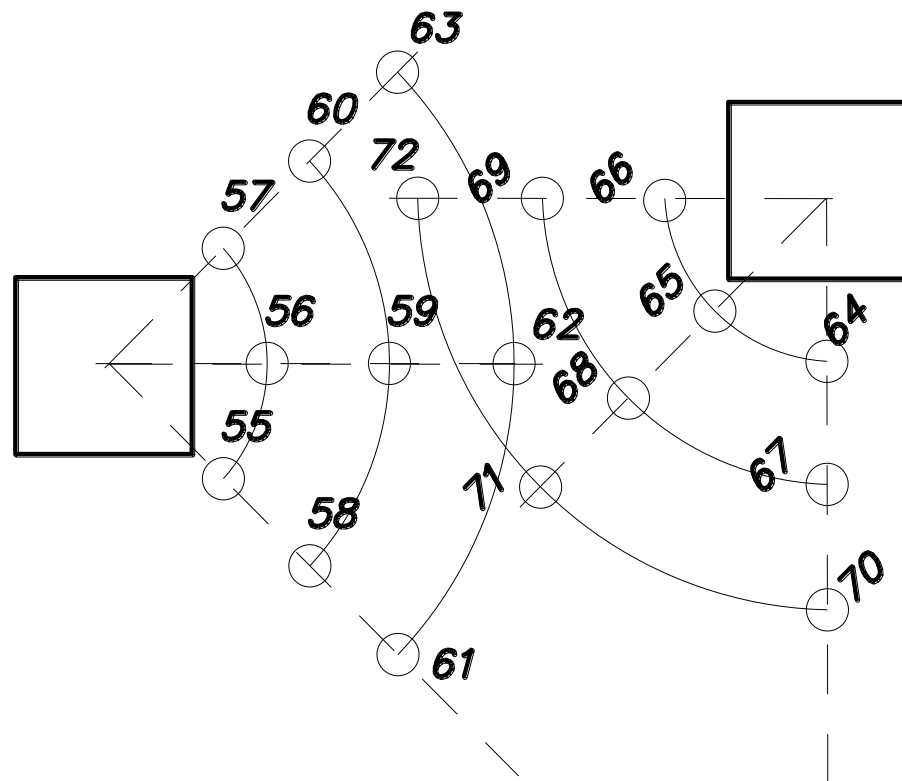


Рисунок 2.10 – Схема расположения тарелочек-ловушек для основных замеров

2.4 Исследование влияния организации воздухообмена на пылевую обстановку в бетоносмесительном отделении

2.4.1 Анализ влияния организации воздухообмена на пылевую обстановку в бетоносмесительном отделении

Для поддержания требуемых санитарно-гигиенических параметров воздуха рабочей зоны одним из средств являются системы общеобменной вентиляции. В зависимости от назначения помещения, особенностей технологического процесса, требований, которые предъявляются к качеству воздуха рабочей зоны, а также конструктивных особенностей цеха применяют различные способы подачи приточного воздуха и типы воздухораспределительных устройств.

Как известно, бетоносмесительные цеха относят к помещениям второй категории [45] с незначительными теплоизбытками, кратность воздухообмена в которых составляет свыше 10 1/ч.

Рекомендуемые способы подачи воздуха в помещениях данной категории по М. И. Гримитлину [45]:

- струями под углом к поверхности пола в направлении рабочего места через воздухораспределители типа НРВ, РВ;
- сосредоточенно выше рабочей зоны через воздухораспределители типа ВСП, РВ, и с направляющими соплами;
- непосредственно в рабочую зону через воздухораспределители типа ВЭПш;
- смыкающимися или компактными коническими струями сверху вниз с высоты не более 8 метров через воздухораспределители типа ВР, ПРМ.

В помещениях с особокрупногабаритным технологическим оборудованием (высотой более 3 метров), к которым относятся цеха по производству железобетонных изделий, рекомендуются [45] следующие схемы подачи приточного воздуха: непосредственно в рабочую зону; наклонными струями в область между технологическим оборудованием; сосредоточенно с использованием направляющих сопел.

На схемах организации воздухораспределения (рисунок 2.11, 2.12, 2.13, 2.14) показано движение пылевоздушных масс, где стрелки синего цвета представляют мелкодисперсные пылевые частицы, а красного - крупнодисперсные.

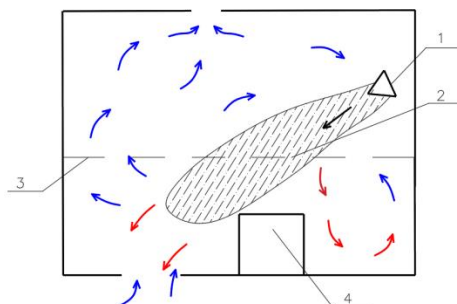


Рисунок 2.11 – Схема подачи приточного воздуха в объем цеха наклонными струями под углом 45° к плоскости пола; воздухораспределитель расположен

выше рабочей зоны. 1 – воздухораспределитель; 2- область распределения приточной струи; 3- граница рабочей зоны помещения; 4- источник пылевыведения

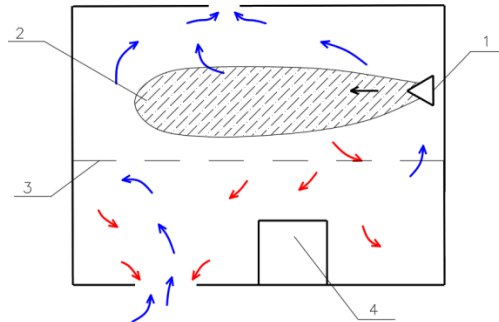


Рисунок 2.12 – Схема подачи приточного воздуха в объем цеха наклонными струями параллельно (под углом 180°) плоскости пола; воздухораспределитель расположен выше рабочей зоны. 1 – воздухораспределитель; 2- область распределения приточной струи; 3- граница рабочей зоны помещения; 4- источник пылевыведения

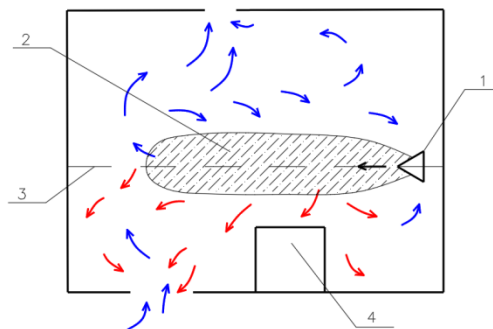


Рисунок 2.13 – Схема подачи приточного воздуха в объем цеха наклонными струями параллельно (под углом 180°) плоскости пола; воздухораспределитель расположен на уровне рабочей зоны. 1 – воздухораспределитель; 2- область распределения приточной струи; 3- граница рабочей зоны помещения; 4- источник пылевыведения

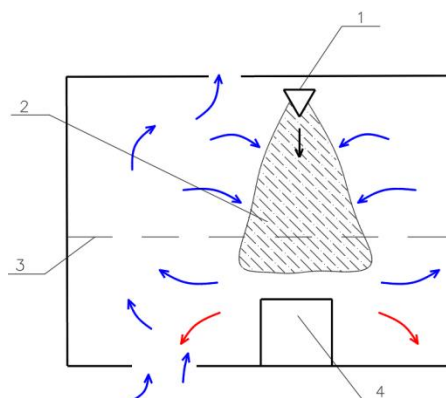


Рисунок 2.14 – Схема подачи приточного воздуха в объем цеха струями вертикальными сверху вниз (под углом 90°) к плоскости пола; воздухораспределитель расположен на уровне рабочей зоны. 1 – воздухораспределитель; 2- область распределения приточной струи; 3- граница рабочей зоны помещения; 4- источник пылевыведения

Представленные схемы организации воздухораспределения позволили оценить подвижность воздуха, выявить застойные зоны, а так же места наибольшего оседания пыли на поверхности пола технологической площадки.

2.4.2. Натурные исследования воздушно пылевых потоков и запыленности воздуха рабочей зоны

Для определения влияния организации притока воздуха на концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны были проведены опытные натурные исследования. Переносная приточная установка, состоящая из вентилятора, гибкого воздуховода, штатива-мачты и воздухораспределителя устанавливалась таким образом, чтобы обеспечить подачу чистого воздуха в рабочую зону. Конструктивно была возможность гибко менять угол наклона воздухораспределителя, в диапазоне от 0° до 90° . В натурных исследованиях были выбраны два угла подачи приточной струи 45° и 90° .

Производительность вентилятора позволяла организовать подачу приточного воздуха по кратностям от объема технологической площадке до $n=5/\text{ч}$ включительно.

По СНиП 41.01-2003 рекомендуемая кратность воздухообмена для производственных помещений составляет $2/\text{ч}$, однако в кратность воздухообмена для цехов с крупногабаритным технологическим оборудованием (высотой более 3м.) [45] составляет $10/\text{ч}$. СанПиН устанавливает кратность воздухообмена равную $8/\text{ч}$ для аварийных условий, что в свою очередь ставит под сомнение целесообразность $10/\text{ч}$ воздухообмена приведенного в [45]. Таким образом нами были выбраны кратности $2/\text{ч}$; $3,5/\text{ч}$; $5/\text{ч}$, $6,5/\text{ч}$.

Таблица 2.4. - Результаты замеров запыленности воздуха рабочей зоны в бетоносмесительном отделении ОАО «Промстройконструкция»

Технологическая площадка (этаж)	Кратность воздухообмена, $1/\text{ч}$	Расход подаваемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	Угол наклона воздухораспределителя.	Концентрация пыли, $\text{мг}/\text{м}^3$
1	2	490	90	47,22
			45	43,51
	3,5	858	90	42,94
			45	39,86
	5	1226	90	33,28
			45	26,19
	6,5	1594	90	27,14
			45	20,03
2	2	490	90	21,43
			45	19,20
	3,5	858	90	18,16
			45	15,34
	5	1226	90	16,29
			45	12,05
	6,5	1594	90	12,33
			45	9,54
4	2	490	90	38,97
			45	36,14
	3,5	858	90	34,73
			45	30,41
	5	1226	90	28,33

			продолжение таблицы 2.4	
			45	22,09
			90	23,48
	6,5	1594	45	18,26

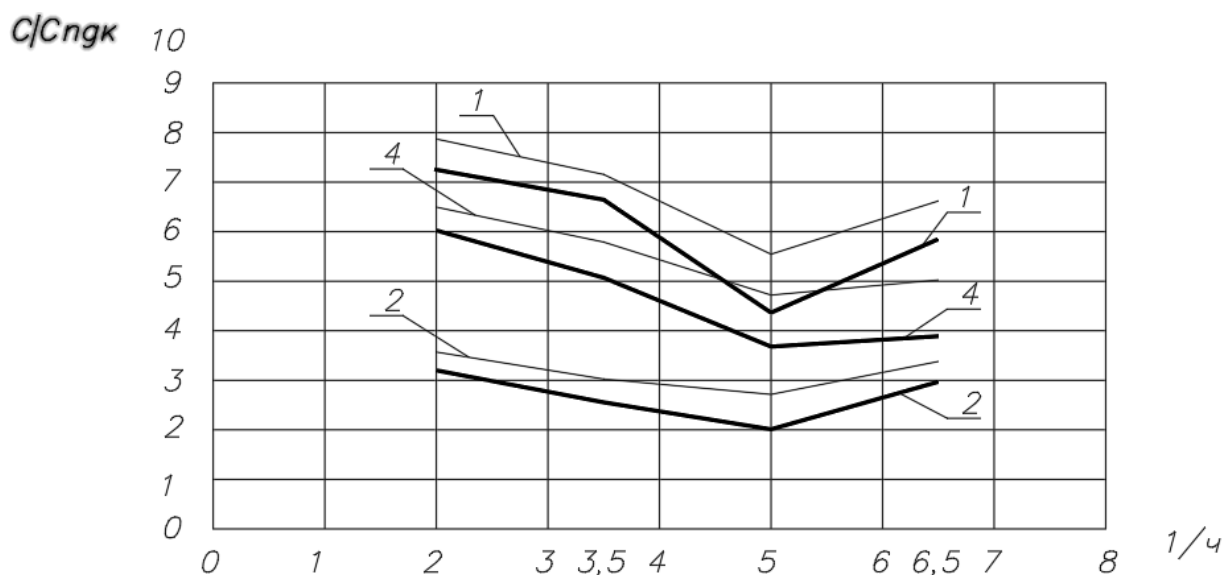


Рисунок 2.15 – Зависимость изменения относительной концентрации пыли в воздухе рабочих зон от значения кратности воздухообмена. 1, 2, 3 – номер технологической площадки, на которой производился замер; ——— - угол наклона воздухоораспределителя 90°, ——— - угол наклона воздухоораспределителя 45°.

По результатам замеров видно, что наименьшая концентрация пыли достигается при кратности воздухообмена 5/ч и при угле наклона воздухоораспределителя 45°. Излом на графике (рисунок 2.15) показывает, что при дальнейшем увеличении значения кратности воздухообмена происходит увеличение значения концентрации пыли на технологических площадках за счет перетекания ее и накапливания на нижележащих уровнях.

2.4.3. Экспериментальная модель для исследования воздушно пылевых потоков и запыленности воздуха рабочей зоны

Для экспериментального исследования влияния воздушных струй приточной вентиляции на распределение выделяющейся пыли в воздух рабочей зоны многоуровневых производственных площадок использовалась экспериментальная модель, схема которой приведена на рисунке 2.16.

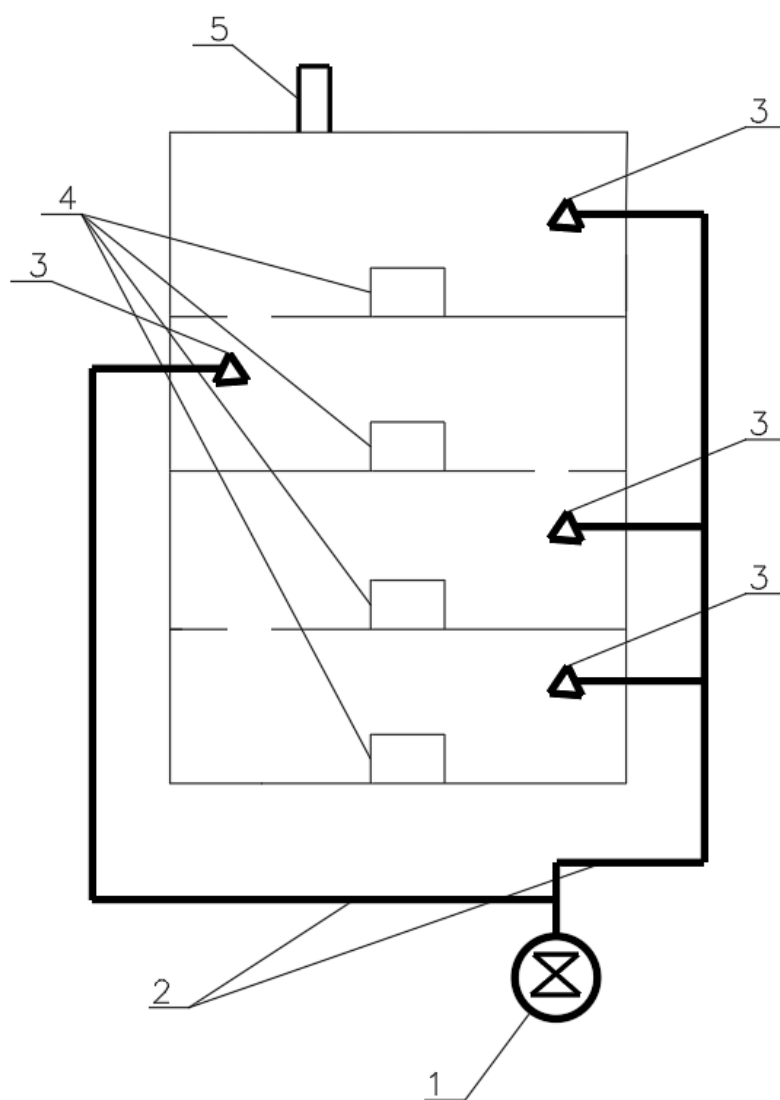


Рисунок 2.16 – Схема экспериментальной установки: 1 – вентилятор; 2 – воздуховод; 3 – воздухораспределительное устройство; 4 – теплоventильатор; 5 – естественная вытяжная вентиляция

Экспериментальная модель выполнена в масштабе 1:20000, состоит из корпуса 1 имеющего прозрачную стенку 2 для визуального контроля и фиксации проведения эксперимента. Пространство корпуса разделено перекрытиями, имеющими межэтажные переходы, на 4 этажа в соответствии с типовым проектом бетоносмесительного отделения. Вентиляторы с натянутой капроновой тканью и навесками пыли имитируют её выброс в воздух рабочей зоны и располагаются на соответствующих этажах. Приточная вентиляция выполнена в виде воздуховодов, имеющие щелевые отверстия для подачи чистого воздуха и воздуходувки, позволяющей регулировать расход подаваемого воздуха. Воздуховоды закреплены таким образом, что позволяет менять угол приточной струи.

2.4.4. Факторы, план эксперимента

Основной задачей эксперимента является определение в воздухе рабочей зоны модели цеха и её зависимости от способа подачи приточного воздуха.

Замеры проводились у каждого источника пылевыведения 4, согласно стандартной методики отбора проб пыли [2]. Скорость подачи приточного воздуха регулируется воздуходувкой 1, количество выделяющейся пыли не изменяется в течение всего эксперимента.

При проведении исследований методами планирования эксперимента в качестве варьируемых факторов были выбраны:

L_1 – количество подаваемого воздуха первой технологической площадке, $[м^3/ч]$;

L_2 – количество подаваемого воздуха второй технологической площадке, $[м^3/ч]$; –;

L_4 – количество подаваемого воздуха четвертой технологической площадке, $[м^3/ч]$; –

В качестве параметра оптимизации выбрана концентрация пыли на площадках установки.

Проведен факторный эксперимент [11, 30, 38, 53, 4, 30, 59, 141, 143, 145] порядка типа 3^3 (где 3 – число факторов), матрица планирования которого представлена в таблице 2.6, при этом определяющие факторы были приведены к виду:

$$x_1 = \frac{\bar{l}_y - \bar{l}_{y_0}}{\Delta \bar{l}_y}; \quad x_2 = \frac{\bar{b}_y - \bar{b}_{y_0}}{\Delta \bar{b}_y}; \quad x_3 = \frac{\bar{h}_y - \bar{h}_{y_0}}{\Delta \bar{h}_y} \quad (2.18)$$

где $\bar{l}_{y_0}; \bar{b}_{y_0}; \bar{h}_{y_0}$ — значения соответствующих факторов в центре плана;

$\Delta \bar{l}_y; \Delta \bar{b}_y; \Delta \bar{h}_y$ — интервалы изменений значения факторов.

Матрица плана занесена в таблицу 2.6. Уровни и интервалы варьирования определяющих факторов приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Уровни и интервалы варьирования определяющих факторов

Факторы	Интервалы варьирования	Уровни факторов		
		Основной 0	Верхний +1	Нижний -1
1	2	3	4	5
$L_1, [M^3/ч]$	2	0,093	0,155	0,031
$L_2, [M^3/ч]$	2	0,093	0,155	0,031
$L_4, [M^3/ч]$	2	0,186	0,310	0,062

Таблица 2.6 - Матрица планирования экспериментальных исследований

№ опыта	Факторы			
	x_0	x_1	x_2	x_3
1	+1	+1	+1	+1
2	+1	0	+1	+1
3	+1	-1	+1	+1
4	+1	+1	0	+1

продолжение таблицы 2.6				
5	+1	0	0	+1
6	+1	-1	0	+1
7	+1	+1	-1	+1
8	+1	0	-1	+1
9	+1	-1	-1	+1
10	+1	+1	+1	0
11	+1	0	+1	0
12	+1	-1	+1	0
13	+1	+1	0	0
14	+1	0	0	0
15	+1	-1	0	0
16	+1	+1	-1	0
17	+1	0	-1	0
18	+1	-1	-1	0
19	+1	+1	+1	-1
20	+1	0	+1	-1
21	+1	-1	+1	-1
22	+1	+1	0	-1
23	+1	0	0	-1
24	+1	-1	0	-1
25	+1	+1	-1	-1
26	+1	0	-1	-1
27	+1	-1	-1	-1

2.4.5. Результаты экспериментальных исследований и их обработка

Исследования, проведенные опираясь на план эксперимента, учетом временного дрейфа и рандомизации, позволили получить данные, сведенные в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 - Результаты экспериментальных исследований

Расход приточного воздуха L_1 , [м ³ /ч]	Расход приточного воздуха L_2 , [м ³ /ч]	Расход приточного воздуха L_4 , [м ³ /ч]	Концентрация пыли, [мг/м ³]
0,031	0,031	0,062	11,09
		0,186	9,62
		0,310	8,34
	0,093	0,062	9,91
		0,186	8,83
		0,310	8,05
	0,155	0,062	8,85
		0,186	7,78
		0,310	7,24
0,093	0,031	0,062	7,93
		0,186	7,11
		0,310	6,89
	0,093	0,062	7,52
		0,186	6,71
		0,310	6,35
	0,155	0,062	6,91
		0,186	6,44
		0,310	6,03
0,155	0,031	0,062	6,69
		0,186	6,28
		0,310	5,88
	0,093	0,062	6,47
		0,186	6,05
		0,310	5,56
	0,155	0,062	6,35
		0,186	5,89
		0,310	5,43

Были проведены две серии опытов параллельно для проведения статических оценок, а также для проверки воспроизводимости эксперимента. Оценка воспроизводимости экспериментальных исследований, приведенных в таблице 2,7, произведена путем сопоставления значений расчетного и табличного критериев Кохрена, на уровне доверительной вероятности $p=0,05$ результаты экспериментальных исследований воспроизводимы. В качестве функции отклика определялось аэродинамическое сопротивление установки [11, 30, 38, 53, 59, 92, 93, 107, 136, 141, 143, 145]. В результате аппроксимации экспериментальных данных полиномами второй степени с учетом значимости вычисленных коэффициентов, на уровне значимости $\alpha=0,05$ принятом для технических экспериментов, уравнение регрессии получено в виде:

$$C = C(\overline{L_1}, \overline{L_2}, \overline{L_4}) \quad (2.19)$$

$$C = 14,18 - 1,13\overline{L_1} - 0,44\overline{L_2} - 0,45\overline{L_4} - 0,12\overline{L_1}\overline{L_2} + 0,29\overline{L_1}\overline{L_4} + 0,02\overline{L_2}\overline{L_4} + 0,05\overline{L_1}^2 - 0,04\overline{L_2}^2 + 0,04\overline{L_4}^2 \quad (2.20)$$

Значимость коэффициентов уравнения регрессии находилась с использованием критерия Стьюдента. Адекватность уравнений регрессии проверялась путем сопоставления расчетного и табличного (используя установленные значения L и числа степеней свободы) критерия Фишера F , который есть отношение дисперсии адекватности к ошибке опыта. Адекватность полученной модели подтверждается выполнением во всех случаях условий $F_p < F_m$ [11, 30, 38, 53, 59, 92, 93, 107, 136, 141, 143, 145].

На рисунке 2.17 показан процесс распределения пыли в ходе проведения эксперимента.

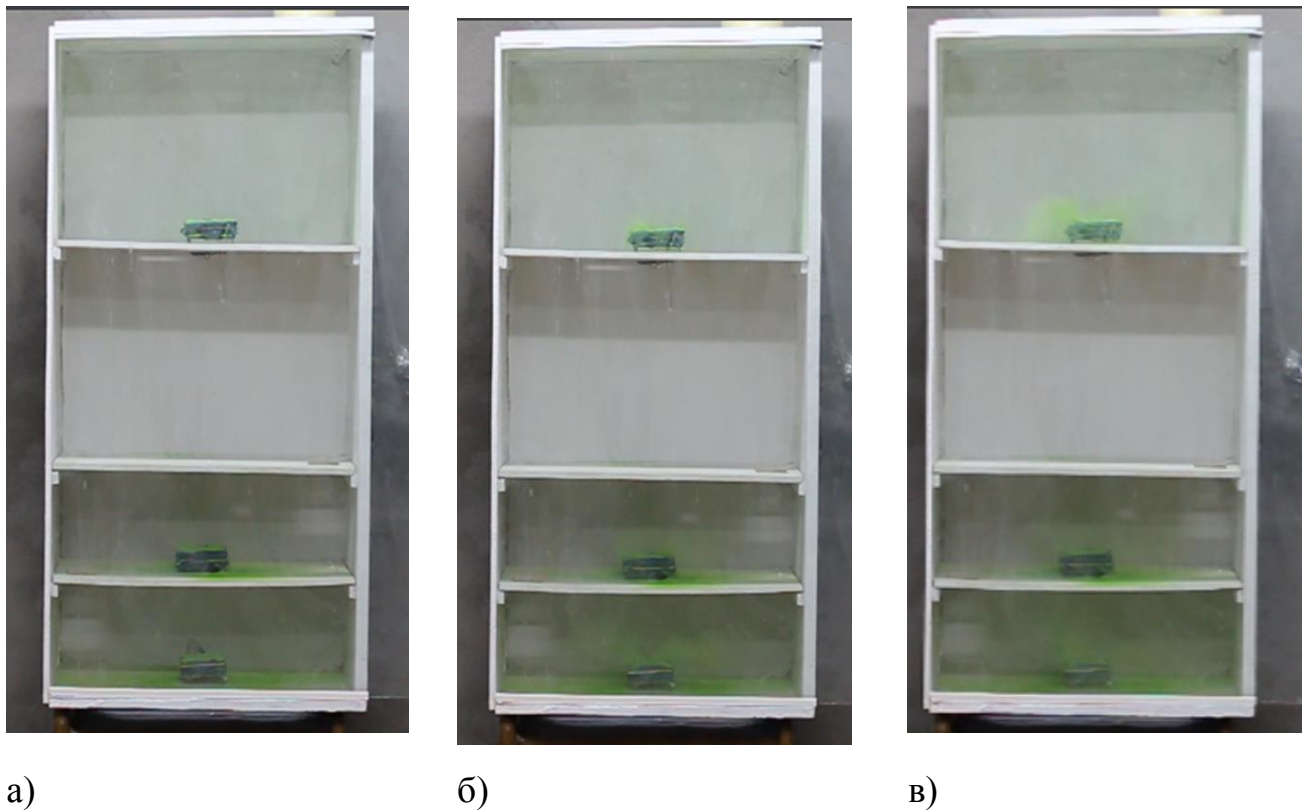


Рисунок 2.17 – Процесс распределения пыли в ходе проведения эксперимента. а) – до начала эксперимента; б) – проведение эксперимента (15с.); в) проведение эксперимента (28с.)

2.5 Выводы по второй главе

1. На основании работ других исследователей и проведенных автором в бетоносмесительных отделениях замеров можно сделать вывод, что максимальное количество пыли поступает от оборудования в рабочую и обслуживаемую зоны на расстоянии до 0,5-1 м, при этом концентрация пыли в рабочей зоне в момент загрузки материалов превышает ПДК в 5-7 раз.
2. Результаты замеров интенсивности пылеоседания показали, что наибольшее количество пыли оседает в надбункерном и смесительном отделении, соответственно до $162,39 \text{ кг/м}^2$ и $86,79 \text{ кг/м}^2$.

3. На основании экспериментальных исследований влияния организации воздухообмена на пылевую обстановку в рабочей зоне цеха можно сделать вывод, что наиболее оптимальной является максимальное значения расхода приточного воздуха, подаваемого на каждую технологическую площадку.

ГЛАВА 3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА И АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЫЛИ В БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ

3.1 Исследование дисперсного состава пыли на различных отметках бетоносмесительного отделения

Исследования выбросов цементной пыли проходили на одном из Волгоградских предприятий, специализирующемся, на изготовлении и выпуске бетоны, железобетонных конструкций и изделий для промышленного, гражданского, сельскохозяйственного и индивидуального строительства ОАО «Промстройконструкция».

Данные, результаты которых будут приведены ниже, получены в местах отбора проб в воздухе рабочей зоны бетоносмесительного узла.

Исследуемый бетоносмесительный узел является типовым и состоит из:

1. Надбункерного отделения,
2. Технического этажа,
3. Дозировочного отделения,
4. Бетоносмесительного отделения

В каждом из отделений на каждом уровне кроме технического уровня находятся рабочие зоны, где и происходил отбор проб цементной пыли для выявления: во-первых, концентрации, а во-вторых для проведения дисперсного анализа состава пыли. Результаты исследований в бетоносмесительном отделении приведены на рисунках 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6.

На графике (рис. 3.1) видно, что пыль, выделяющаяся в воздух рабочей зоны в надбункерном отделении, при загрузке пневмотранспортом цемента в рабочий бункер является преимущественно мелкодисперсной и распределяется по диаметрам следующим образом: PM_{10} составляет 99,5% и $PM_{2,5}$ – 7,5%. При этом d_{50} примерно составляет 5 мкм. Более крупные частицы пыли выделяются в

воздух рабочей зоны надбункерного отделения при загрузке пневмотранспортом цемента в рабочий бункер и одновременной загрузке щебня (рис. 3.2) и распределяется по диаметрам следующим образом: PM_{10} – 90% и $PM_{2,5}$ – 3,8%, %. d_{50} при этом примерно составляет 6,5 мкм.

Пыль, выделяющаяся в дозирочном отделении в зоне дыхания операторов пультовой (рис. 3.3.) является наиболее мелкодисперсной и представляет наибольший вред для здоровья работников. Распределение значений массы частиц по диаметрам в дозирочном отделении в зоне дыхания операторов пультовой составило: PM_{10} – 98,2% и $PM_{2,5}$ – 8%. При этом d_{50} примерно составляет 3,5 мкм. Анализ пыли в дозирочном отделении в рабочей зоне около пультовой (рис. 3.4) показал, что в этой области технологической площадки дисперсность пыли возрастает, и распределение значений массы частиц по диаметрам в дозирочном отделении в рабочей зоне около пультовой составляет: PM_{10} – 59% и $PM_{2,5}$ – 1,8%, при этом d_{50} примерно составляет 12 мкм.

При рассмотрении пыли, отобранной в бетоносмесительном отделении в рабочей зоне операторов (рис. 3.5) и в зоне дыхания (рис. 3.6), видно, что преобладает мелкодисперсная пыль, что обусловлено технологическим процессом: выбиваем мелкодисперсной пыли при открытии лючка у бетономешалки. Распределение значений массы частиц по диаметрам в бетоносмесительном отделении в рабочей зоне операторов: PM_{10} – 60% и $PM_{2,5}$ – 1,1%, а в зоне дыхания составило: PM_{10} – 59% и $PM_{2,5}$ – 1,8%. при этом d_{50} примерно составляет 8 мкм и 10,5 мкм соответственно.

По графикам (рис. 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6) можно сделать вывод, что на верхних технологических площадках преобладает мелкодисперсная пыль, что связано с её перетеканием с нижних площадок, более крупная пыли оседает на нижних технологических площадках соответственно.

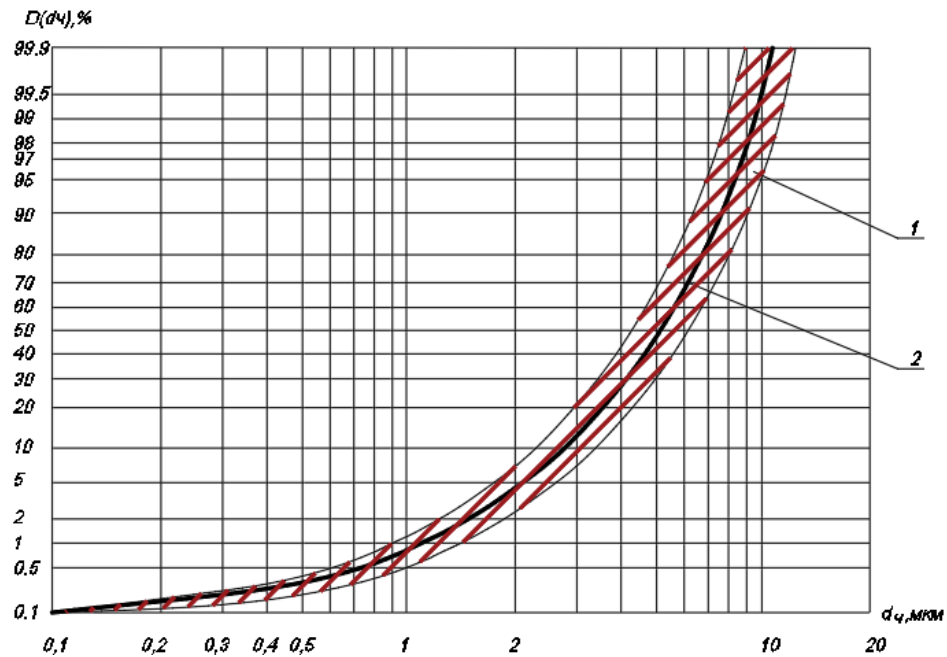


Рисунок 3.1 – Распределение массы частиц по диаметрам для пыли, отобранной в надбункерном отделении при загрузке пневмотранспортом цемента в рабочий бункер: 1 – область значений интегральной функции распределения массы частиц пыли; 2 – средняя интегральная функция распределения массы частиц пыли.

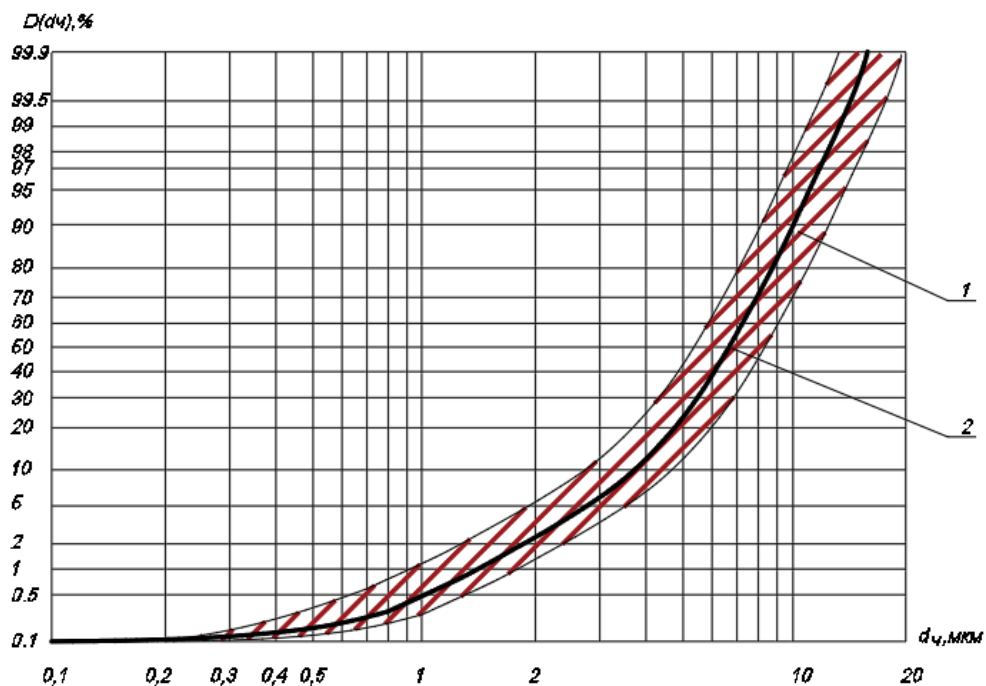


Рисунок 3.2 – Распределение массы частиц по диаметрам для пыли, отобранной в надбункерном отделении при загрузке пневмотранспортом цемента в рабочий бункер и одновременной загрузке щебня: 1 – область значений интегральной функции распределения массы частиц пыли; 2 – средняя интегральная функция распределения массы частиц пыли.

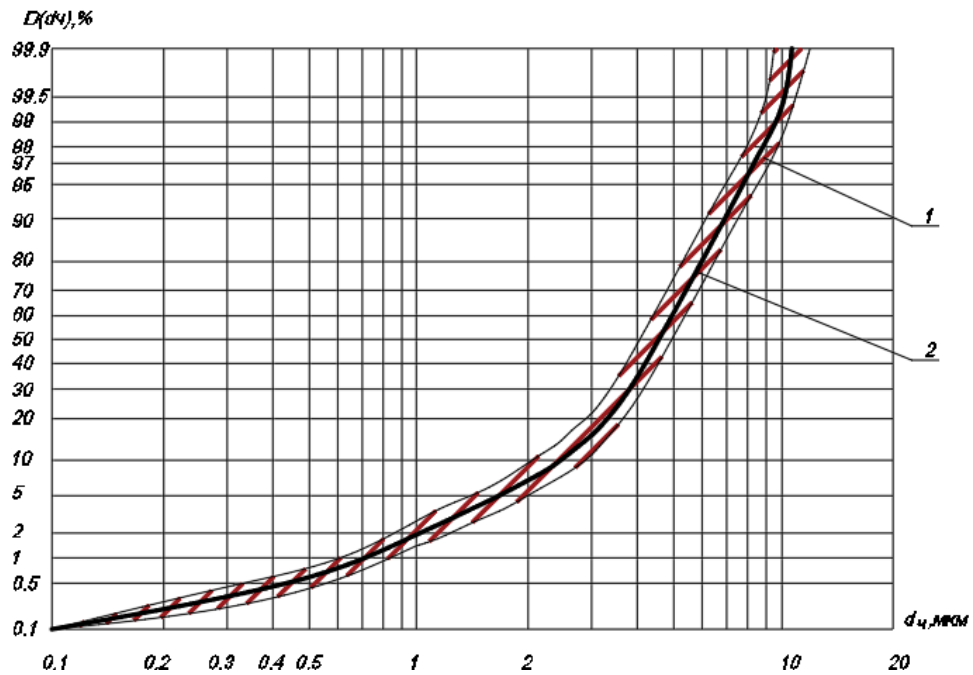


Рисунок 3.3 – Распределение массы частиц по диаметрам для цементной пыли, отобранной в дозирочном отделении в зоне дыхания операторов пультовой: 1 – область значений интегральной функции распределения массы частиц пыли; 2 – средняя интегральная функция распределения массы частиц пыли.

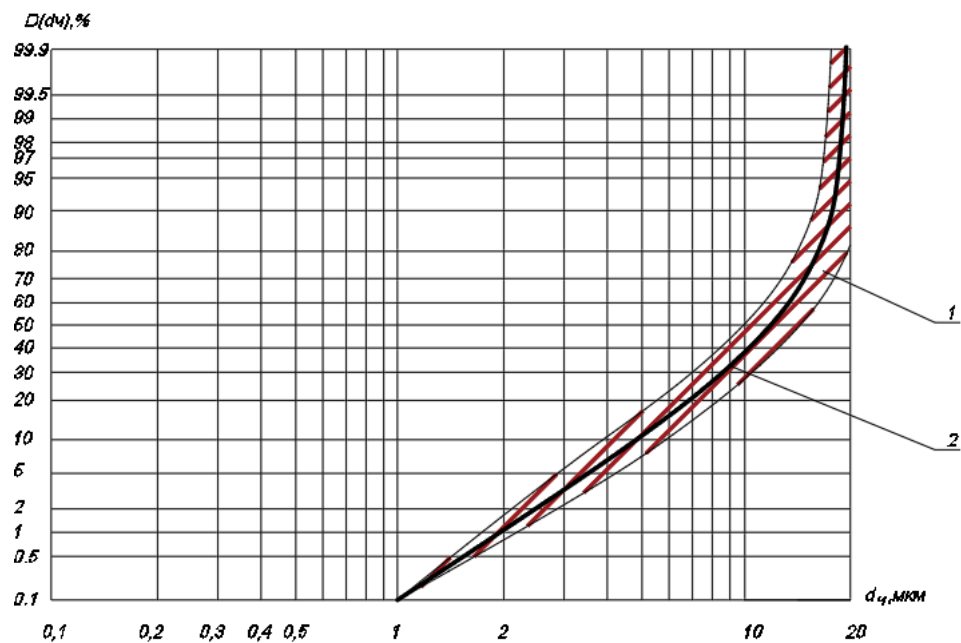


Рисунок 3.4 – Распределение массы частиц по диаметрам для цементной пыли, отобранной в дозирочном отделении в рабочей зоне около пультовой: 1 – область значений интегральной функции распределения массы частиц пыли; 2 – средняя интегральная функция распределения массы частиц пыли.

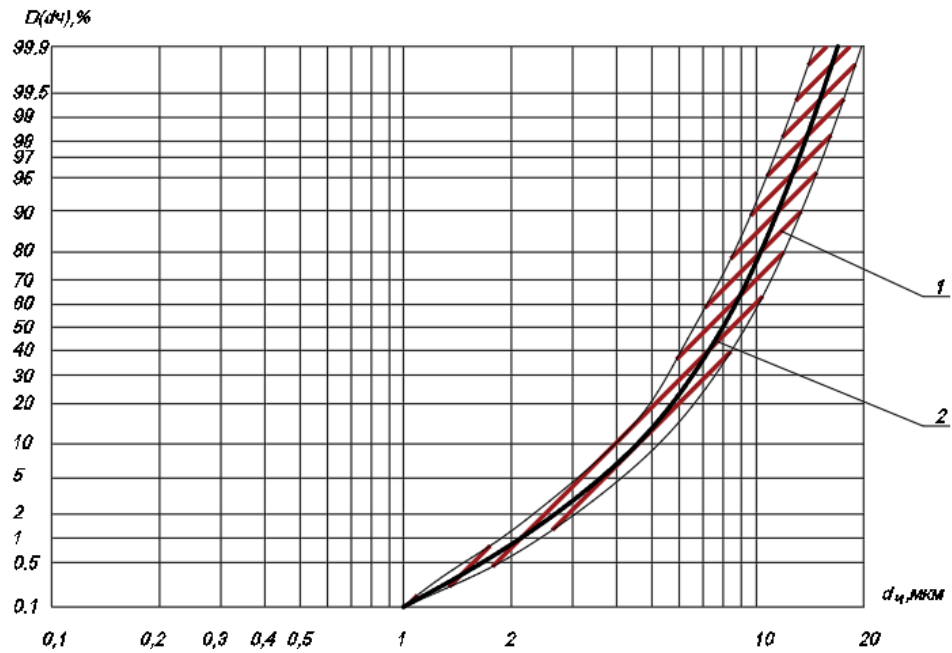


Рисунок 3.5 – Распределение массы частиц по диаметрам для цементной пыли, отобранной в бетоносмесительном отделении в рабочей зоне операторов: 1 – область значений интегральной функции распределения массы частиц пыли; 2 – средняя интегральная функция распределения массы частиц пыли.

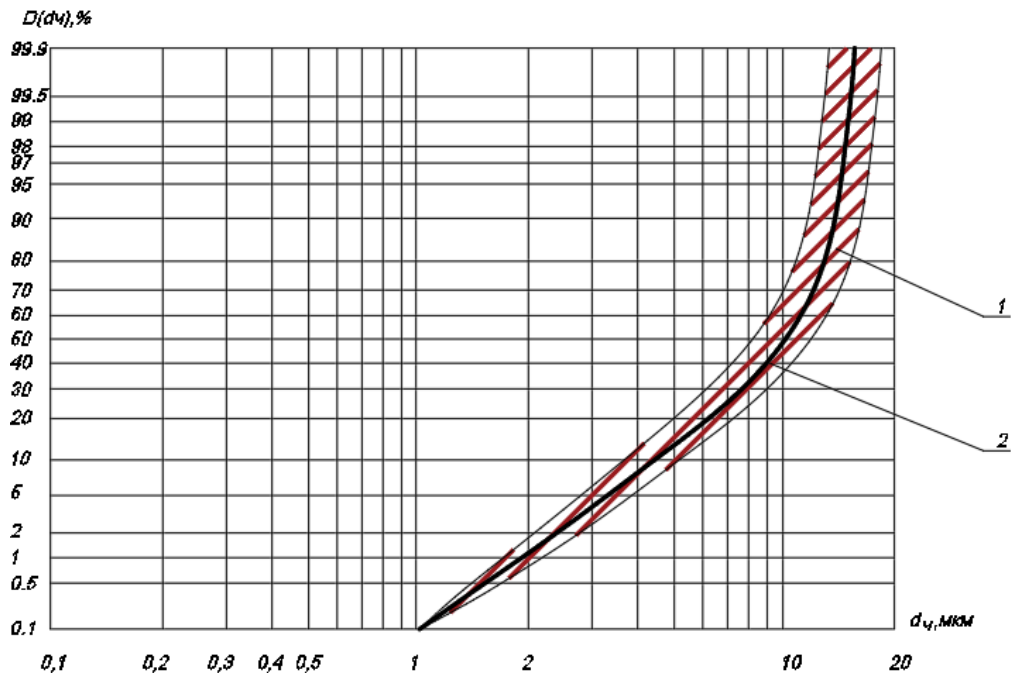


Рисунок 3.6 – Распределение массы частиц по диаметрам для цементной пыли, отобранной в бетоносмесительном отделении в зоне дыхания: 1 – область значений интегральной функции распределения массы частиц пыли; 2 – средняя интегральная функция распределения массы частиц пыли.

В таблице 3.1 сведены данные по диапазонам значений массы частиц пыли по диаметрам в бетоносмесительном отделении АО «Промстройконструкция», полученные в результате проведенного дисперсного анализа.

Таблица 3.1 – Диапазоны значений массы частиц пыли по диаметрам в бетоносмесительном отделении АО «Промстройконструкция».

Участок бетоносмесительного отделения	Значение массы частиц по диаметрам		Средний медианный диаметр частиц составляет d_{50} , мкм
	PM _{2,5} , %	PM ₁₀ , %	
надбункерное отделение при загрузке пневмотранспортом цемента в рабочий бункер	4-15	95-100	3,3-5,2
надбункерное отделение при загрузке пневмотранспортом цемента в рабочий бункер и одновременной загрузке щебня	2-7	70-98	5,3-8,3
дозировочное отделение в зоне дыхания операторов пультовой	7-15	98,2-100	4-5
дозировочное отделение в рабочей зоне около пультовой	1,5-3	28-50	10-13
бетоносмесительное отделение в рабочей зоне операторов	1-2,1	60-90	6,5-9,3
бетоносмесительное отделение в зоне дыхания	1,5-3	37-70	8,2-13

Графики распределения массы частиц пыли по диаметрам так же можно представить в виде двух либо трехзвенной кусочно-линейной функции (рисунок 3.7).

Таким образом, функция $D(\delta)$ будет представлена в следующем виде:

для двухзвенной ломанной

$$D(\delta) = \begin{cases} D_1(\delta), \delta \leq \delta_{кр1} \\ D_2(\delta), \delta_{кр1} \leq \delta < \delta_{кр2} \end{cases} \quad (3.1)$$

для трехзвенной ломанной

$$D(\delta) = \begin{cases} D_1(\delta), \delta \leq \delta_{кр1} \\ D_2(\delta), \delta_{кр1} \leq \delta < \delta_{кр2} \\ D_3(\delta), \delta > \delta_{кр2} \end{cases} \quad (3.2)$$

Поскольку кривые имеют достаточно простой вид в логарифмически-нормальных координатах, то связь между координатами будет следующая:

$$x = \lg \delta,$$

$$D = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^y e^{-x^2/2} dx \quad (3.3)$$

Тогда

$$D1(\delta) = Y1(x) \text{ на участке } x \leq x_{кр1},$$

$$D2(\delta) = Y2(x) \text{ на участке } x_{кр1} \leq x < x_{кр2},$$

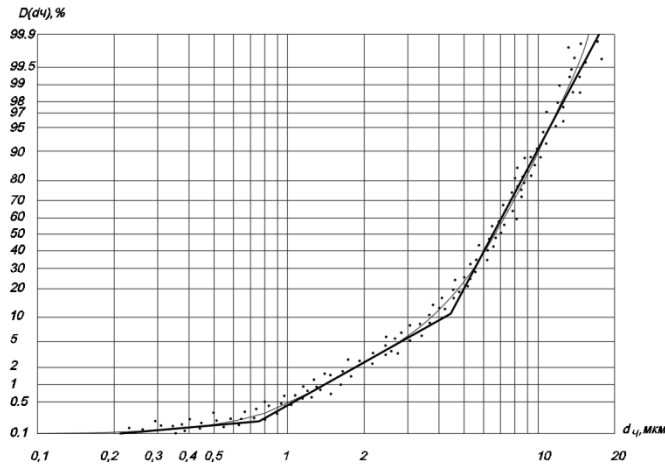
$$D3(\delta) = Y3(x) \text{ на участке } x > x_{кр2},$$

Аппроксимируем функцию на каждом из участков линейной:

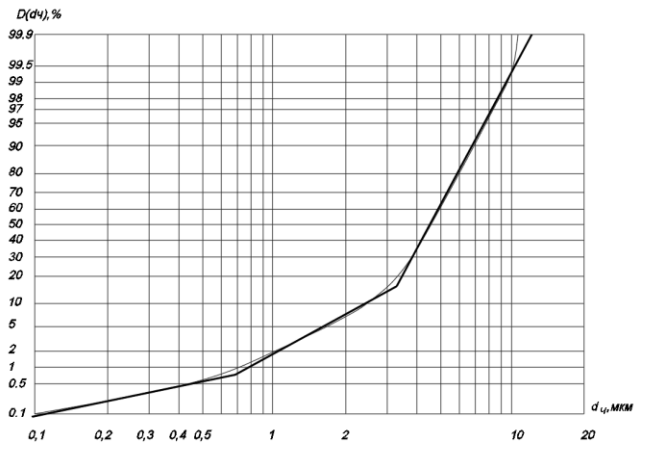
$$y_1 = a_1 + kx \quad (3.4)$$

В итоге уравнения функций распределения будут иметь вид:

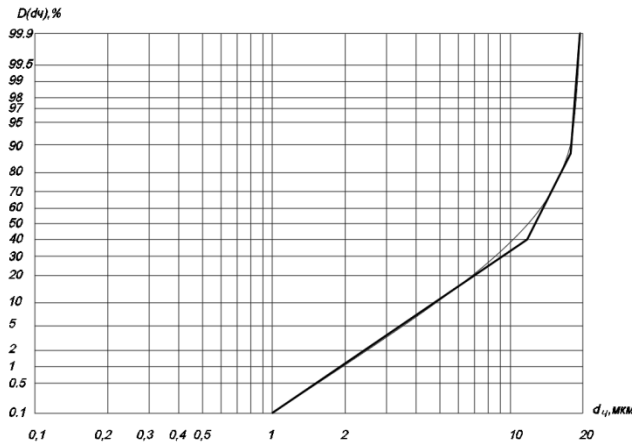
$$Y = \begin{cases} b_1 + k_1(x - x_{кр1}), x \leq x_{кр1} \\ b_2 + k_2(x_{кр1} - x_{кр2}), x_{кр1} \leq x < x_{кр2} \\ b_3 + k_3(x_{кр2}), x > x_{кр2} \end{cases} \quad (3.5)$$



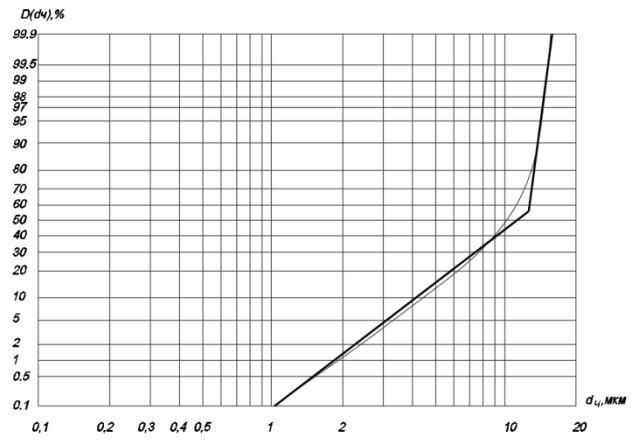
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.7 – Аппроксимация интегральной функции распределения дисперсного состава пыли линейной отобранной: а - в надбункерном отделении при загрузке пневмотранспортом цемента в рабочий бункер и одновременной загрузке щебня; б - в дозировочном отделении в зоне дыхания операторов пультовой; в - в дозировочном отделении в рабочей зоне около пультовой; г - в бетоносмесительном отделении в зоне дыхания.

Пользуясь методом оценивания Левенберга-Маркардта на уровне надежности 95%, направленным на решение задач о наименьших квадратах, функция описывающая приведенные графики на рисунках 3.1 – 3.6 так же может быть представлена в виде:

$$D = \frac{100}{1 + Ae^{-5\left(\frac{d}{d_{50}}\right)}} \quad (3.6)$$

Таблица 3.2 – Функции распределения массы частиц пыли по диаметрам для участков.

Участок бетоносмесительного отделения	Аппроксимации функции распределения массы частиц пыли по диаметрам для указанного участка	
	интегральная	кусочно-линейная
надбункерное отделение при загрузке пневмотранспортом цемента в рабочий бункер	$D = \frac{100}{1 + 92,16 \cdot e^{-0,87(\frac{d}{d_{50}})}}$	
надбункерное отделение при загрузке пневмотранспортом цемента в рабочий бункер и одновременной загрузке щебня	$D = \frac{100}{1 + 111,71 \cdot e^{-0,71(\frac{d}{d_{50}})}}$	$D = \begin{cases} -0,835 + 0,088(x - x_{kp1}), x \leq x_{kp1} \\ -0,566 + 0,553(x_{kp1} - x_{kp2})x_{kp1} \leq x < x_{kp2} \\ -1,293 + 1,881(x_{kp2}), x > x_{kp2} \end{cases}$
дозировочное отделение в зоне дыхания операторов пультовой	$D = \frac{100}{1 + 116,79 \cdot e^{-1,04(\frac{d}{d_{50}})}}$	$D = \begin{cases} -0,721 + 0,213(x - x_{kp1}), x \leq x_{kp1} \\ -0,414 + 0,553(x_{kp1} - x_{kp2})x_{kp1} \leq x < x_{kp2} \\ -1,425 + 1,881(x_{kp2}), x > x_{kp2} \end{cases}$
дозировочное отделение в рабочей зоне около пультовой	$D = \frac{100}{1 + 56,21 \cdot e^{-0,34(\frac{d}{d_{50}})}}$	$D = \begin{cases} -0,395 + 0,675(x - x_{kp1}), x \leq x_{kp1} \\ -0,626 + 1,962(x_{kp1} - x_{kp2})x_{kp1} \leq x < x_{kp2} \\ -5,620 + 14,301(x_{kp2}), x > x_{kp2} \end{cases}$
Бетоносмесительное отделение в рабочей зоне операторов	$D = \frac{100}{1 + 125,28 \cdot e^{-0,6(\frac{d}{d_{50}})}}$	
бетоносмесительное отделение в зоне дыхания	$D = \frac{100}{1 + 84,17 \cdot e^{-0,43(\frac{d}{d_{50}})}}$	$D = \begin{cases} 0,635 + 0,675(x - x_{kp1}), x \leq x_{kp1} \\ -12,899 + 14,301(x_{kp2}), x > x_{kp1} \end{cases}$

При анализе приведенных графиков можно сделать вывод о том, что все кривые подчиняются усеченному логарифмически - нормальному закону, а наибольшее количество выделяющейся пыли имеет размер PM_{10} . Содержание

частиц пыли PM_{10} в воздухе рабочей зоны в бетоносмесительном отделении колеблется от 59% до 99,5%, количество частиц пыли с размером $PM_{2,5}$ составляет 1,1% - 7,5%.

3.2 Расчет скорости оседания частиц пыли по критериям Рейнольдса и Лященко

Для расчета скорости оседания частиц пыли по критериям Рейнольдса и Лященко при известном диаметре частицы пользуются, как правило, формулой Архимеда [101]:

$$Ar = (\rho_c - \rho) \rho g d^3 / \mu^2, \quad (3.7)$$

где

ρ_c	плотность материала частицы, кг/м ³ ;
ρ	плотность среды, кг/м ³ ;
g	ускорение свободного падения, 9,81 м/с ² ;
d	диаметр частицы, м;
μ	динамическая вязкость среды, Па·с;

Затем из графика экспериментальных зависимостей критериев Ly и Re_{oc} от критерия Ar для осаждения одиночных частиц в неподвижной среде [101] определяем критерии Ly и Re_{oc} , из которых находим скорость осаждения w_{oc} .

$$Re = w_{oc} d \rho / \mu, \quad (3.8)$$

откуда

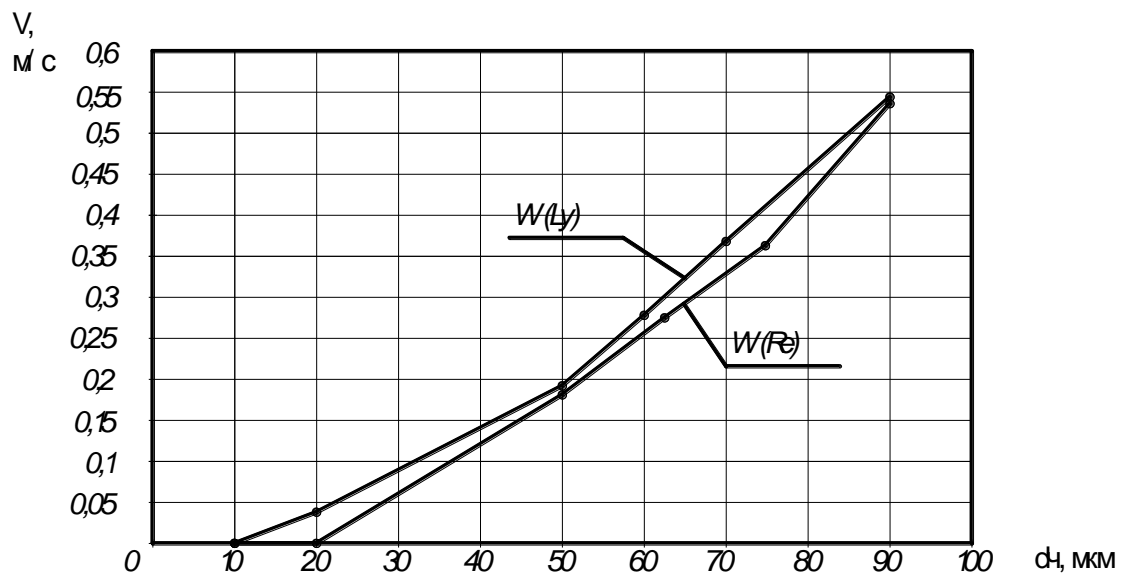
$$w_{oc} = Re \mu / d \rho, \quad (3.9)$$

$$Ly = w_{oc}^3 \rho / (\mu (\rho_c - \rho) g), \quad (3.10)$$

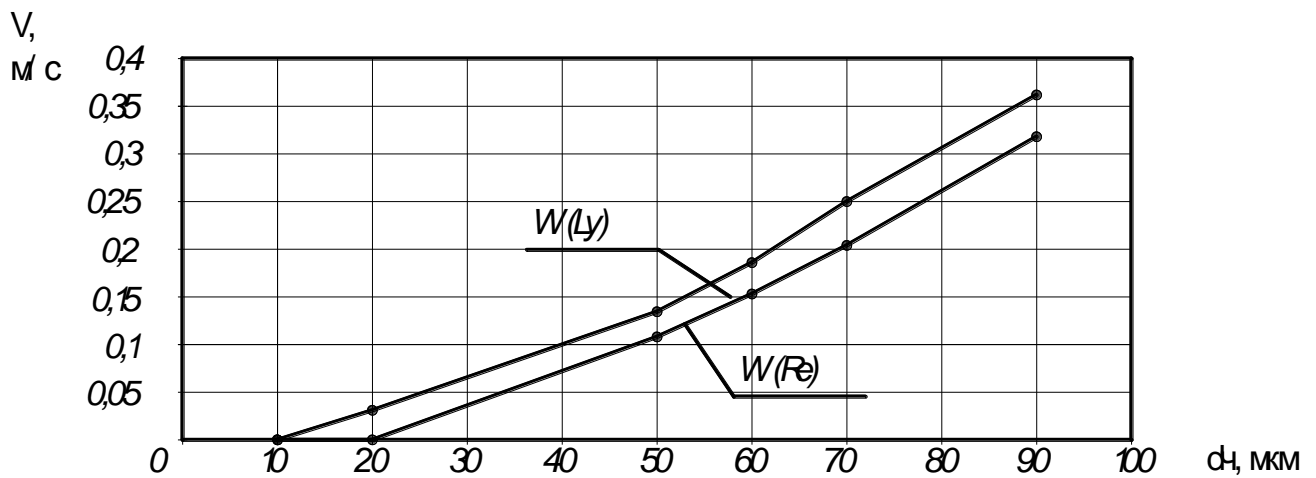
откуда

$$w_{oc} = \sqrt[3]{\frac{Ly(\mu(\rho_c - \rho)g)}{\rho^3}}, \quad (3.11)$$

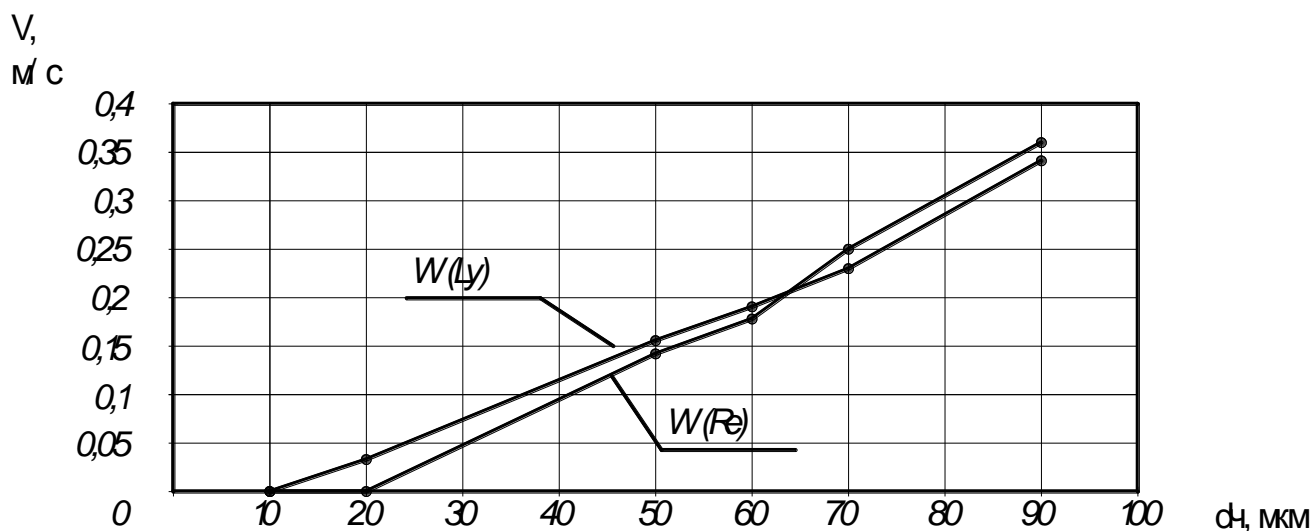
По известной плотности материала, плотности среды и диаметрам частиц пыли были рассчитан критерий Архимеда для каждого из материала (цемента, щебня и песка) и определены критерии Лященко и Рейнольдса. После проведенных расчётов были построены графики зависимостей скорости оседания частиц пыли материала от диаметра частиц этого материала, определенных по критериям Лященко и Рейнольдса (рисунок 3.9).



а



б



в

Рисунок 3.9 – График зависимости скорости оседания частиц пыли, рассчитанной по критериям Лященко Ly и Рейнольдса Re ; а – для цемента, б – для щебня, в – для песка

Из графиков видно, что для частиц цементной пыли скорость оседания варьируется от 0 м/с до 0,6 м/с, для частиц пыли щебня – от 0 м/с до 0,33 м/с, для частиц пыли песка – от 0 м/с до 0,37 м/с.

Средняя скорость восходящего потока в проемах бетоносмесительного отделения составляет 0,4 м/с, что позволяет частицам пыли, скорость осаждения которых выше 0,4 м/с, перетекать на нижележащие технологические площадки, частицы со скоростью оседания ниже 0,4 м/с будут уноситься потоком на верхние технологические площадки, а частицы со скоростью равной 0,4 м/с находиться в проемах между этажами. По приведенным выше графикам видно, что для пыли цемента перетекать на нижние технологические площадки будут частицы с размером более 72 мкм, а частицы пыли щебня и песка будут витать в воздухе по всему объему помещения и частично уноситься восходящим потоком на верхние технологические площадки.

3.3. Исследование аэродинамических характеристик пыли в бетоносмесительном отделении

Для уточнения теоретических результатов, представленных в п.п. 3.1, 3.2 необходимо провести экспериментальные исследования, основанные на оседании пыли в седиментационной трубе.

3.3.1. Описание лабораторной установки

Экспериментальные исследования скорости оседания частиц пыли, взятой в рабочей зоне бетоносмесительного отделения, методом седиментометрии в воздушной среде проводились на экспериментальной установке, представленной на рисунке 3.10.

Распыление исследуемой пыли производится специальным устройством (баллончик с сжатым воздухом), при помощи которого пыль резким воздушным толчком попадает в буфер, где происходит затухание воздушного импульса, затем пыли попадает в верхнюю часть седиментационного цилиндра, в котором под действием силы тяжести частицы оседают в неподвижном воздухе. Частицы с различной скоростью падения оседают на липкой ленте (скотч). Лента резким движением перемещается на расстояние диаметра седиментационного цилиндра за одинаковые промежутки времени, в данном случае составляющие 1 сек. Отсчет времени производится через короткий промежуток времени с момента распыления, достаточный для затухания воздушного толчка в буфере, но малый по сравнению со временем осаждения в буфере самых крупных частиц.

В ходе экспериментов были исследованы скорость оседания частиц пыли разного размера

В результате проведенных исследований получено, что размер оседающих частиц в течении 10 сек уменьшается. По таблице 3.3 видно, что медианный диаметр пыли, которая выделяется при производстве железобетонных изделий, составил: через 2 сек. - 24 мкм; через 4 сек. – 16 мкм; через 6 сек. – 10 мкм; через 8 сек – 5,7 мкм; через 9 сек – 4,9 мкм.

Таблица 3.3 – Распределение частиц пыли по диаметрам, в зависимости от промежутка их оседания в седиментационной трубе.

Промежуток оседания	Содержание частиц размером не более, %		
	d_5	d_{50}	d_{95}
0-1			
1-2	11	24	32
2-3	6,5	17	21
3-4	6,2	16	20
4-5	5,5	14	16
5-6	3,5	10	14
6-7	3,3	8,5	11
7-8	3	5,7	7,5
8-9	2,4	4,9	6,5
9-10	1,7	4	6

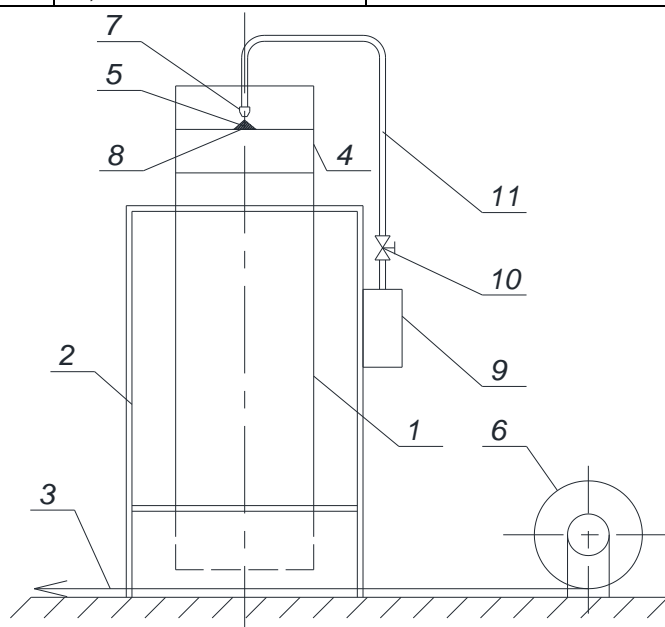


Рисунок 3.10 Схема экспериментальной установки: 1 – седиментационный цилиндр высотой, $H = 1200$ мм. диаметром $d = 200$ мм.; 2 – каркас; 3 – лента; 4 – стабилизирующий буфер; 5 – навеска исследуемой пыли; 6 – катушка; 7 – форсунка; 8 – площадка для навески; 9 – баллон сжатого воздуха; 10 – кран; 11 – трубопровод.

Подача пыли в седиментационную трубу производилась порциями, что максимально повторяет характер выбивания пыли из технологического оборудования.

Для обеспечения неподвижности навески пыли на ленте применяли защитный слой самоклеющейся бумаги.

После проведения эксперимента был проведен анализ дисперсного состава пыли, находящейся в бетоносмесительном отделении методом микроскопии.

Приведенный метод основан на цифровом фотографировании частиц пыли, увеличенных при помощи микроскопа в (200 – 2000) раз. Используя компьютерную программу по значению площади, которую занимает частица пыли, расчетным путем определяется её средний диаметр и определяется количество частиц различного размера. Изображения осевшей пыли, а также итоги анализа дисперсного состава пыли отображены в виде интегральных кривых распределения массы частиц по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке на рисунках 3.11. и 3.12.

3.3.2. Результаты экспериментальных исследований

С учетом проведенного дисперсного анализа графически отображены зависимости скорости оседания от эквивалентного диаметра частицы в логарифмической сетке (рисунок 3.12) и полулогарифмической сетке (рисунок 3.13). Также на рисунке 3.12 представлена теоретическая кривая для частиц шарообразной формы по Медникову [85].

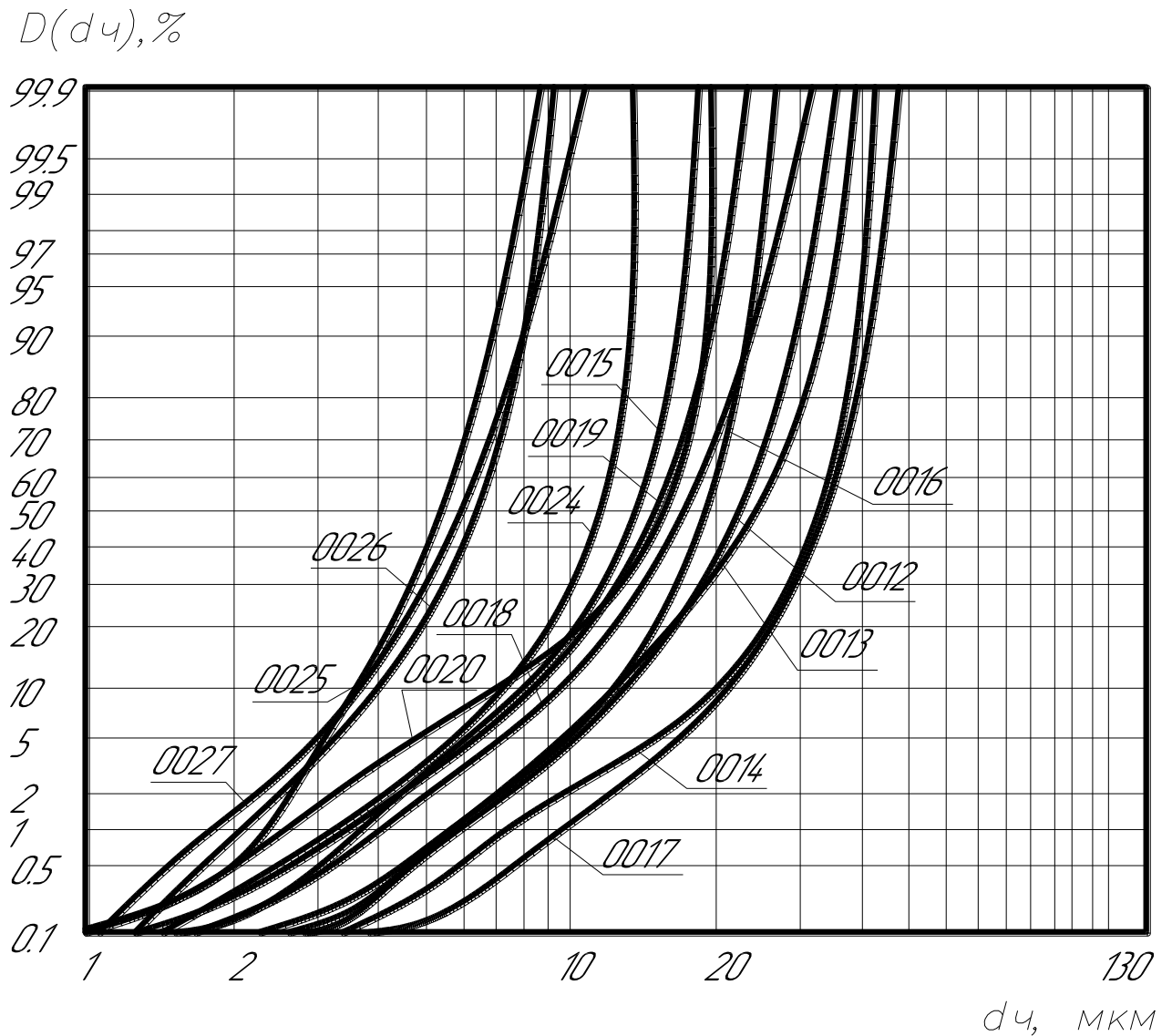
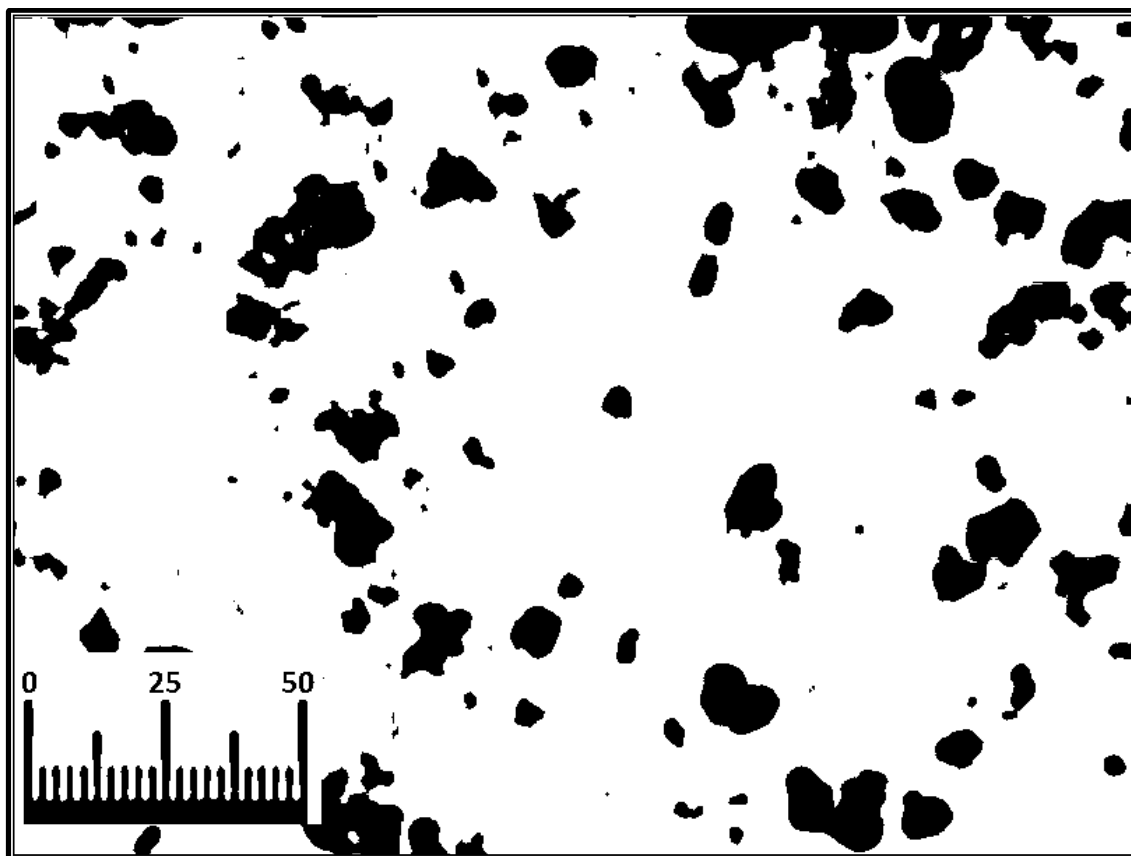
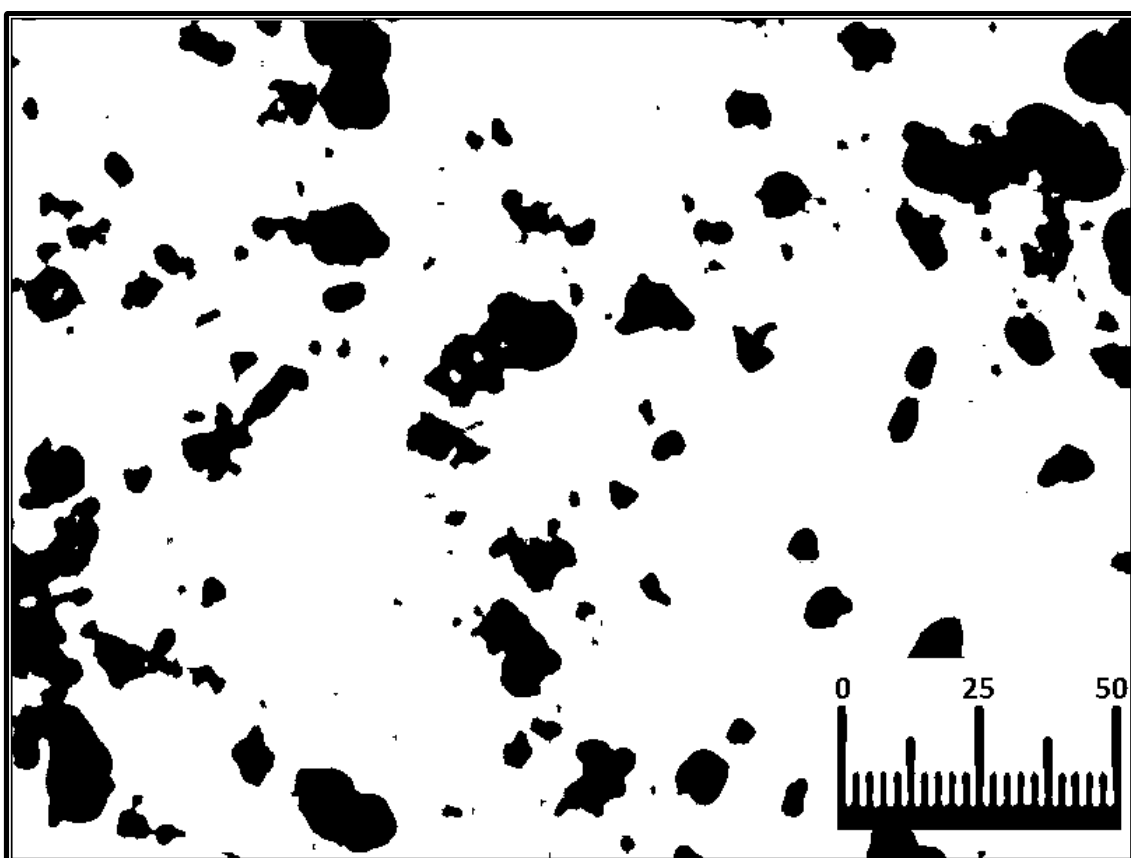


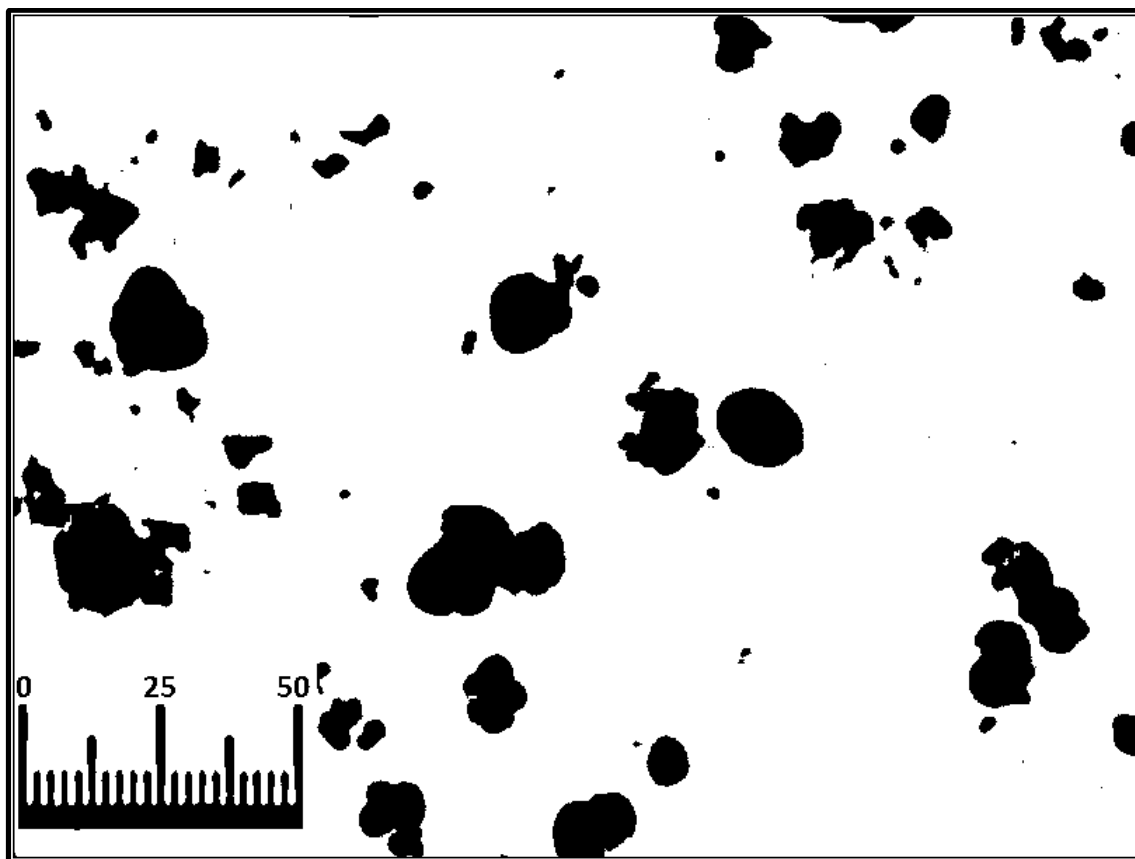
Рисунок 3.10 Интегральные кривые массы частиц пыли, выделяющейся при производстве железобетонных изделий, по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке: №0012 – для пылеоседания со скоростью $w_{oc} > 0,6$ м/с ; №0013 – $0,4\text{м/с} < w_{oc} < 0,6$ м/с; №0014 – $0,3\text{м/с} < w_{oc} < 0,4$ м/с; №0015 – $0,24\text{м/с} < w_{oc} < 0,3$ м/с; №0016 – $0,2\text{м/с} < w_{oc} < 0,24$ м/с; №0017 – $0,17\text{м/с} < w_{oc} < 0,2$ м/с; №0018 – $0,15\text{м/с} < w_{oc} < 0,17$ м/с; №0019 – $0,13\text{м/с} < w_{oc} < 0,15$ м/с; №0020 – $0,12\text{м/с} < w_{oc} < 0,13$ м/с; №0024 – $0,11\text{м/с} < w_{oc} < 0,12$ м/с; №0025 – $0,10\text{м/с} < w_{oc} < 0,11$ м/с; №0026 – $0,09\text{м/с} < w_{oc} < 0,10$ м/с; №0027 – $w_{oc} < 0,09$ м/с.



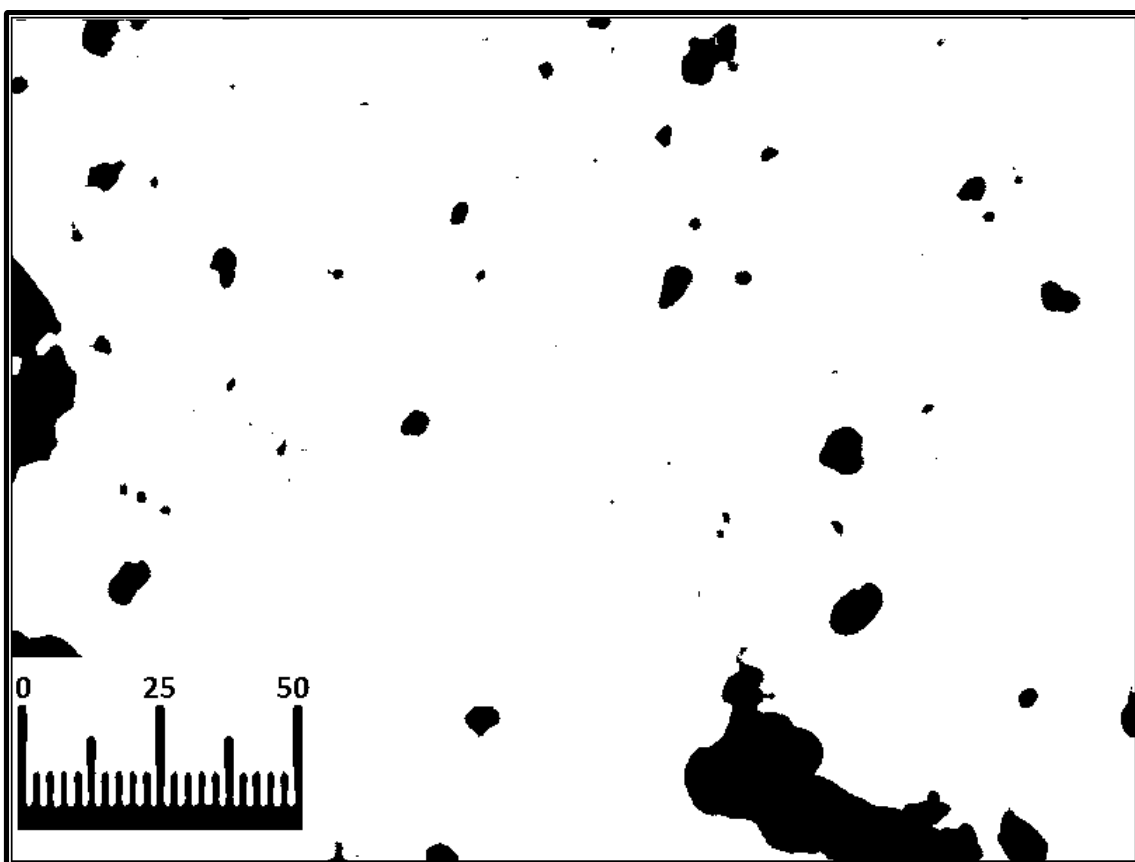
a)



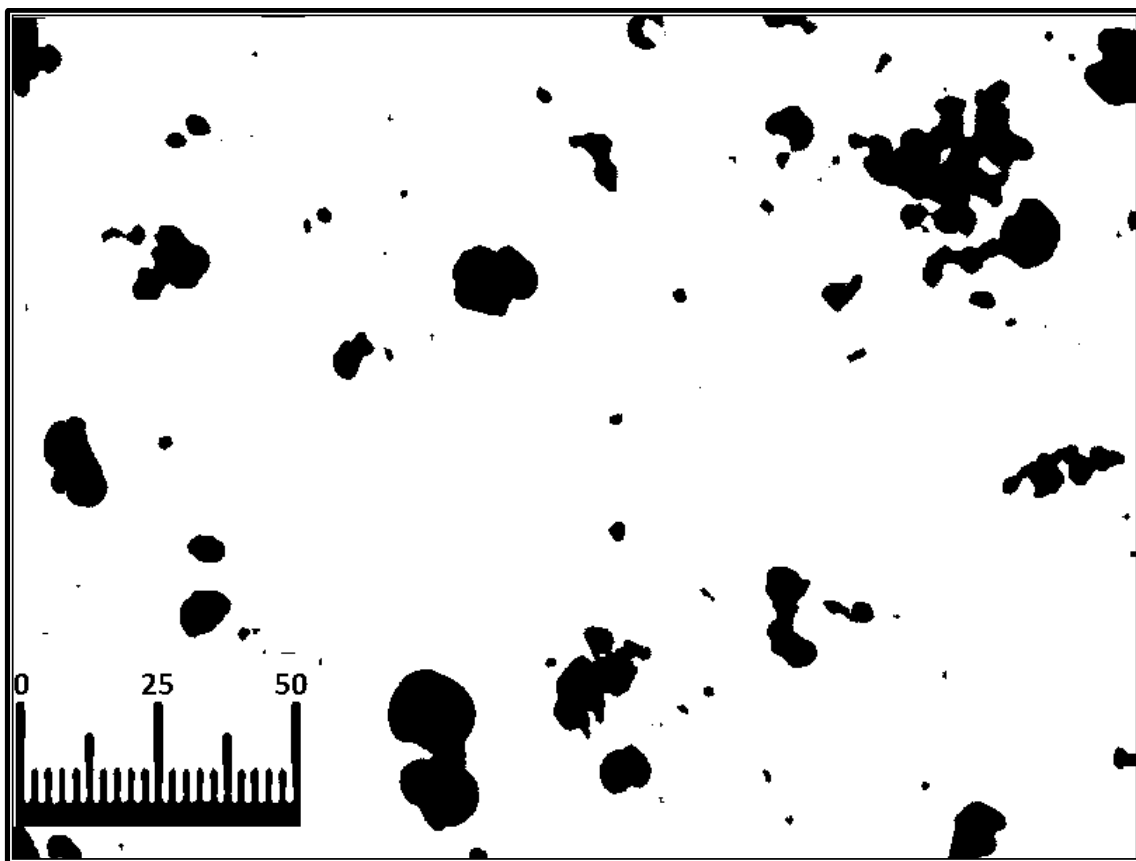
b)



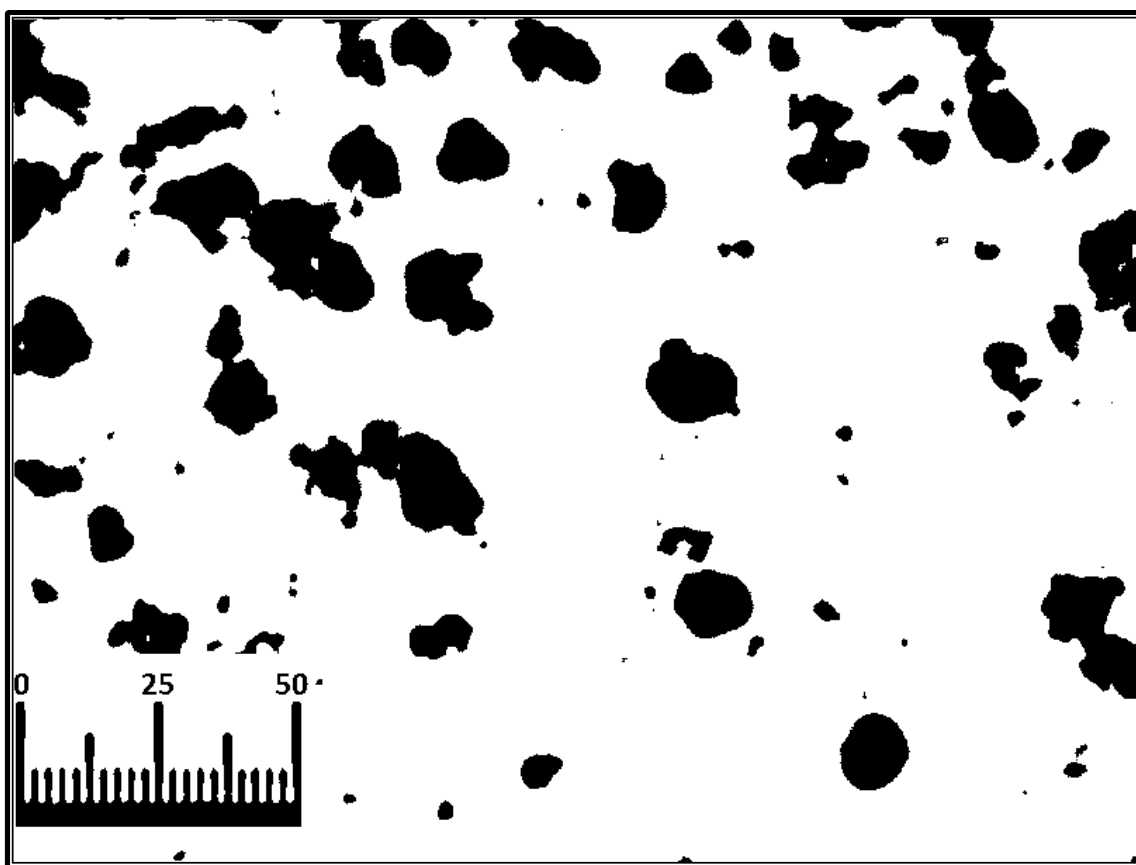
B)



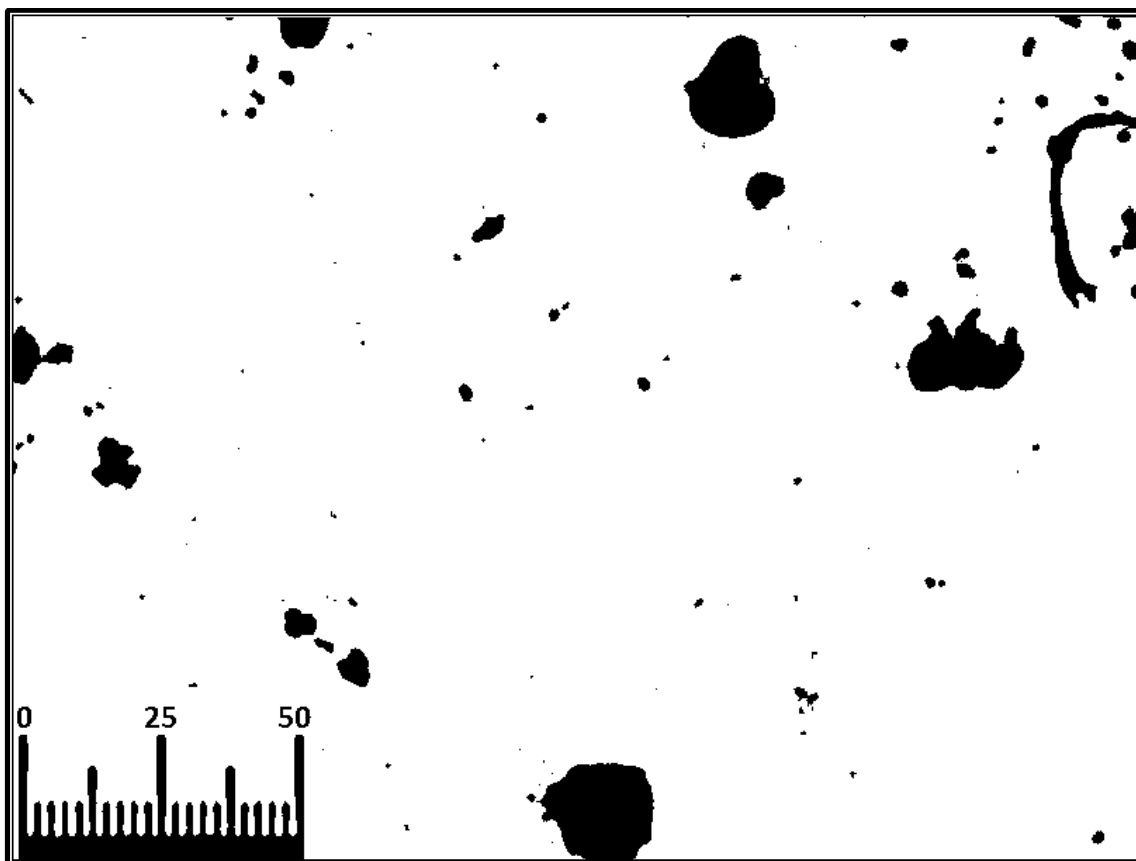
Г)



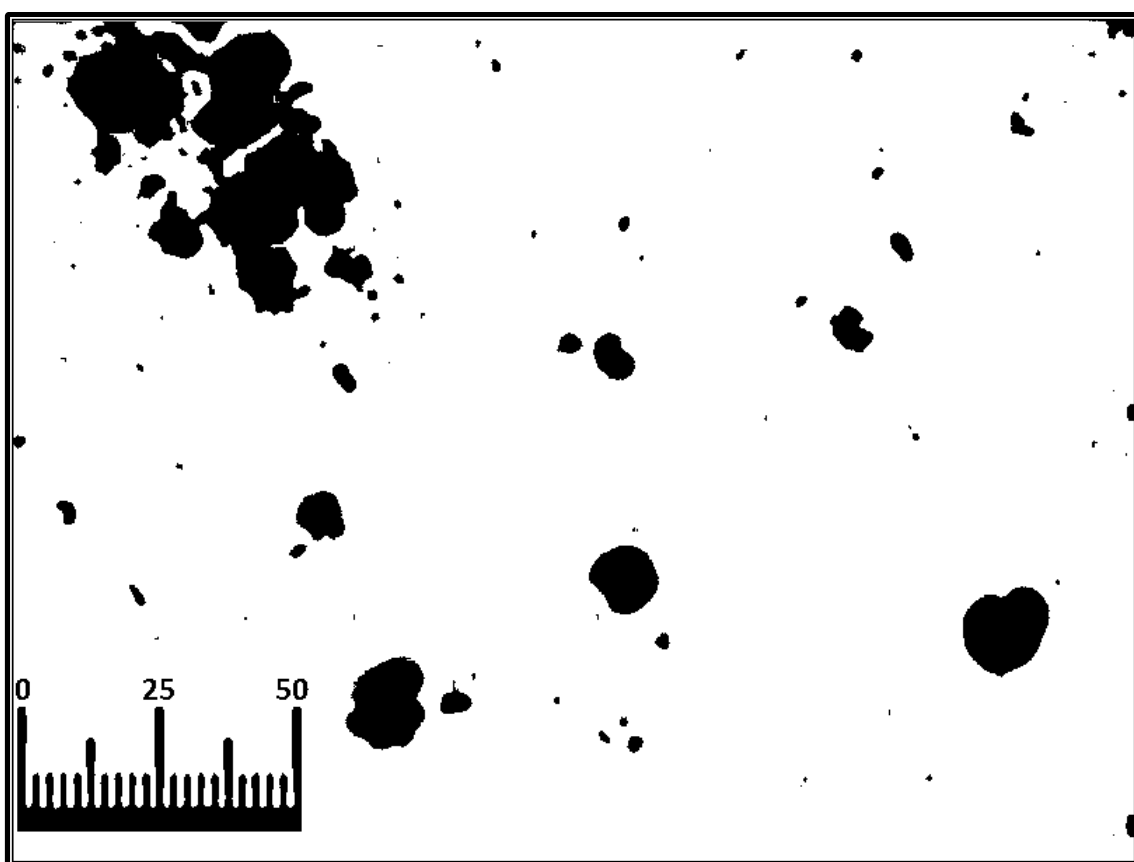
д)



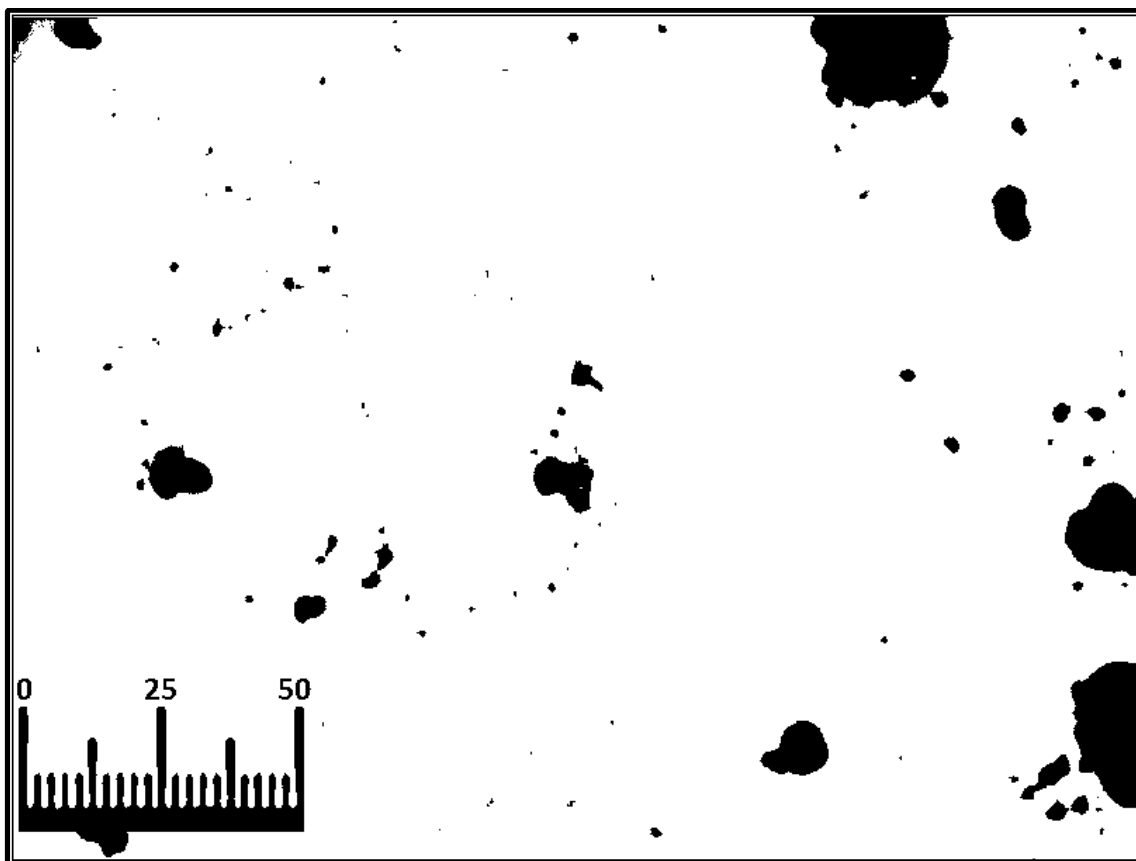
е)



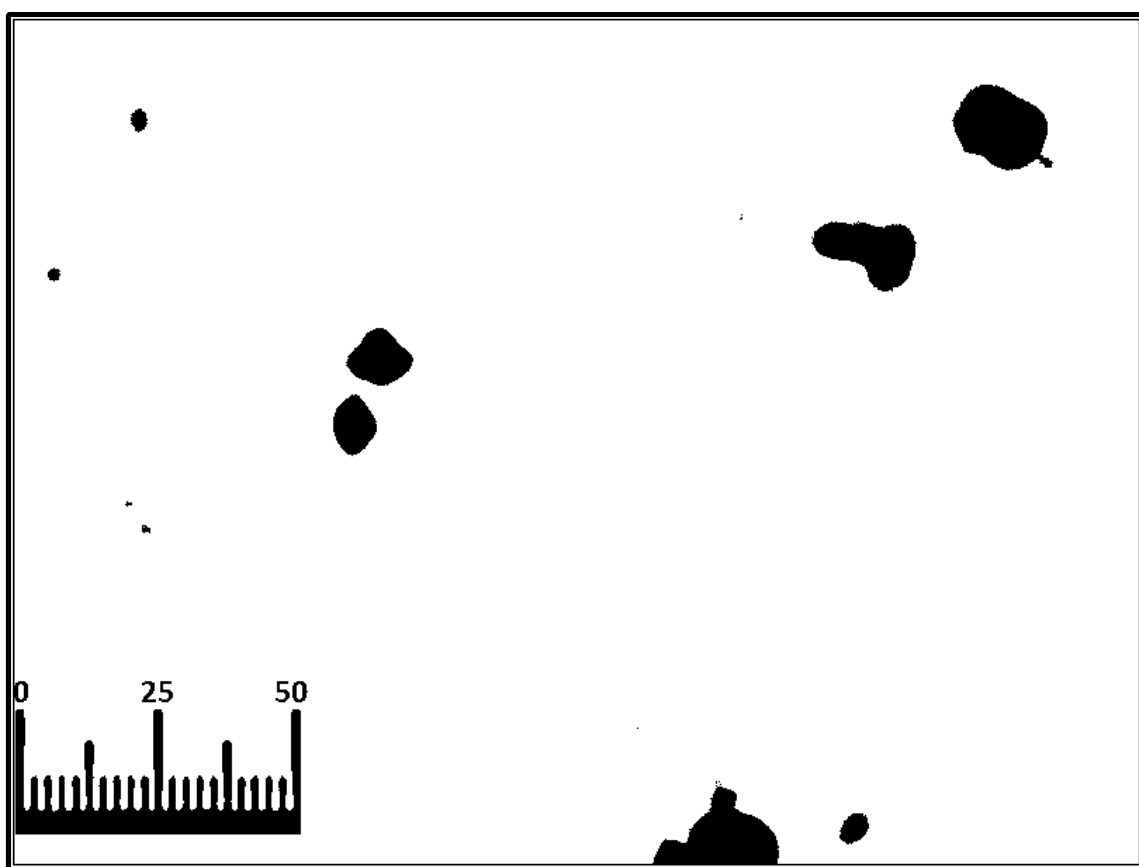
ж)



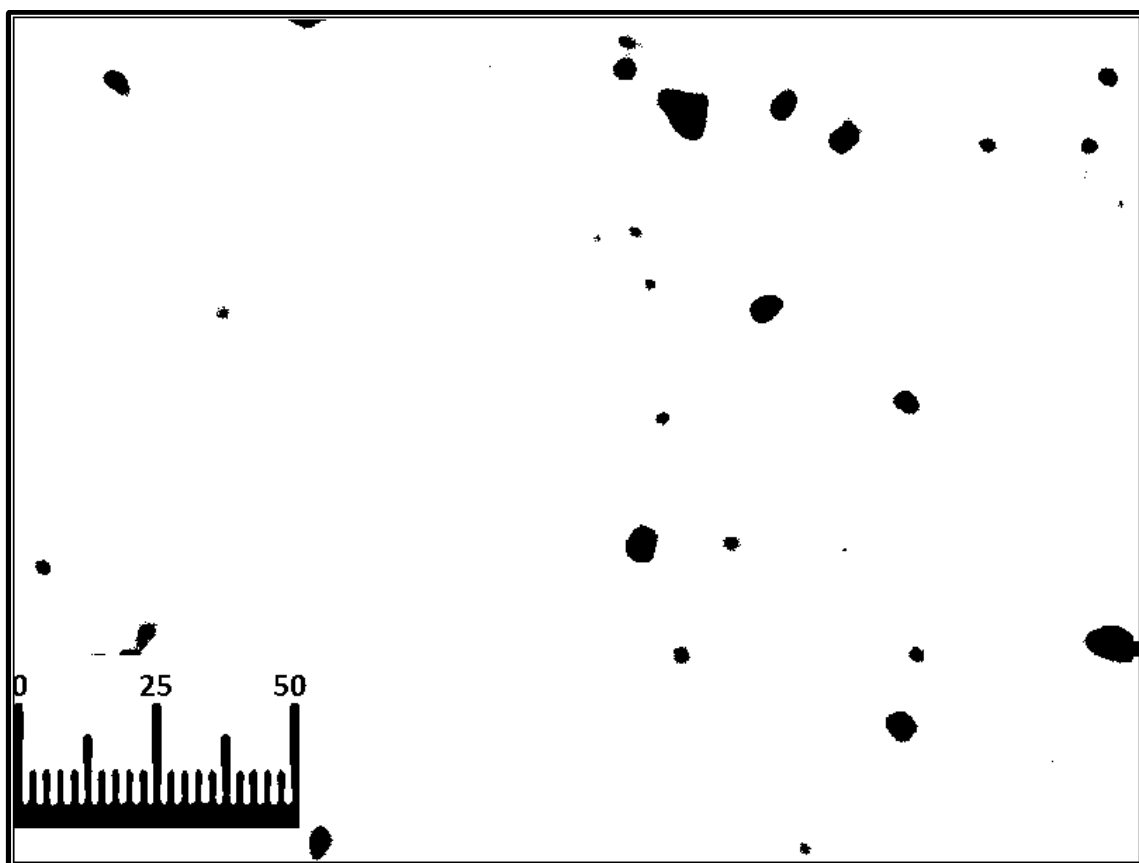
з)



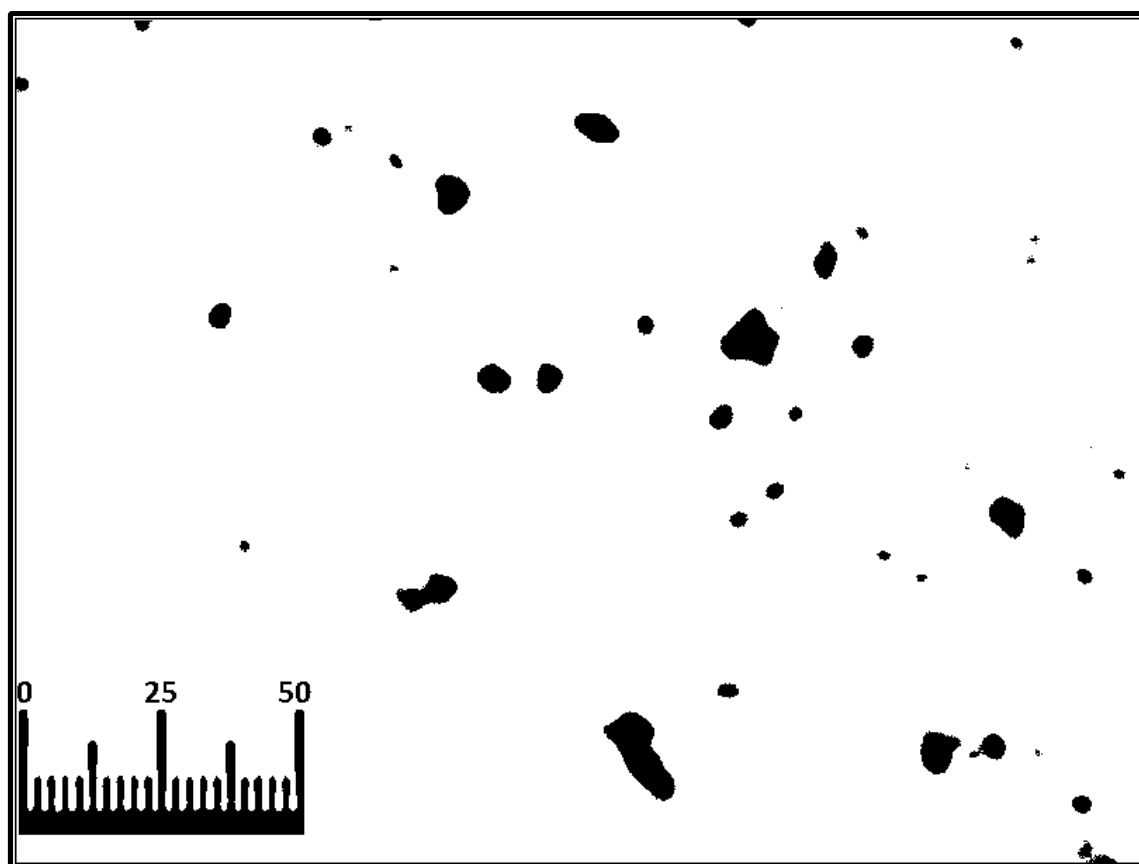
и)



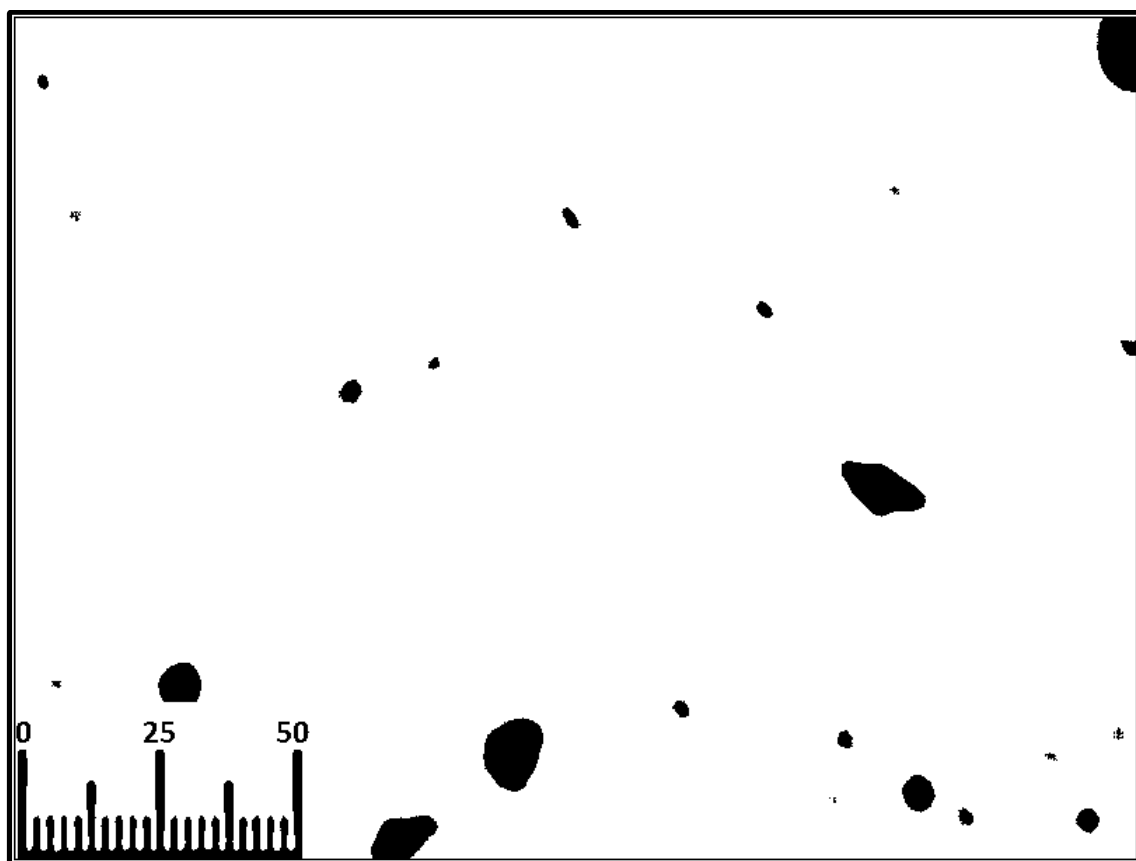
к)



Л)



М)



н)

Рисунок 3.11 – Изображения частиц пыли, выделяющейся в производстве железобетонных изделий, осевшей в седиментационной трубе через: а) –2 сек; б) –3 сек; в) –4 сек; г) – 5 сек; д) –6 сек; е) –7 сек; ж) –8 сек; з) –9 сек; и) –10 сек; к) – 11 сек; л) –12 сек; м) –13 сек; н) –14 сек.

По изображениям пыли был произведен расчет кратности площадей частиц пыли и определена доля пыли, которая приходится на каждый отрезок времени оседания.

По результатам дисперсного анализа пыли получены графики, отображающие зависимости скорости оседания частиц пыли от их эквивалентного диаметра в логарифмической сетке.

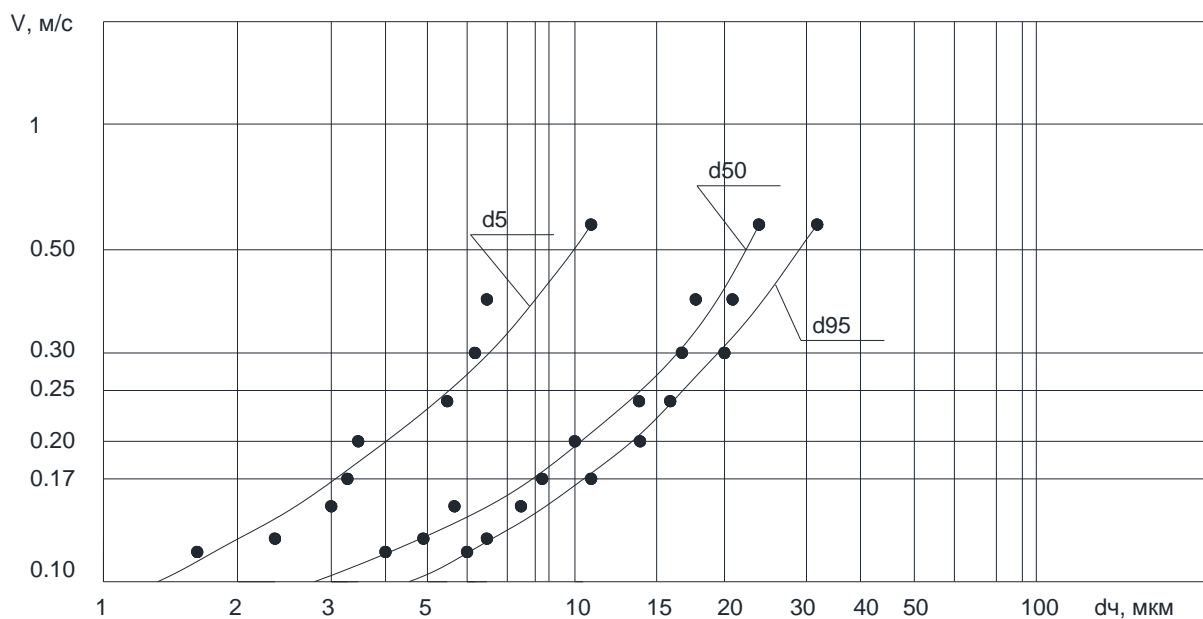


Рисунок 3.12 – Зависимость скорости оседания от эквивалентного диаметра частицы, представленная в логарифмической сетке: 1 – минимальные эквивалентные диаметры; 2 – медианные эквивалентные диаметры; 3 – максимальные эквивалентные диаметры.

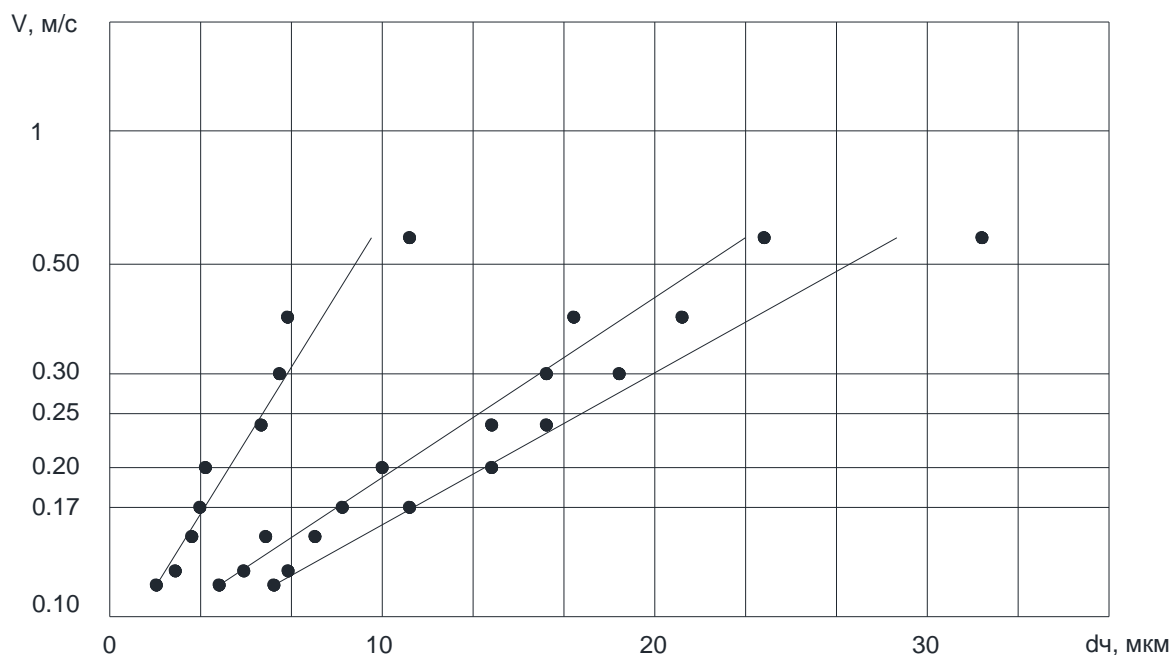


Рисунок 3.13 – Зависимость скорости оседания от эквивалентного диаметра частицы, представленная в полулогарифмической сетке: 1 – минимальные эквивалентные диаметры; 2 – медианные эквивалентные диаметры; 3 – максимальные эквивалентные диаметры.

Основываясь на зависимости скорости оседания частицы пыли от ее эквивалентного диаметра, имеется формула, позволяющая определить скорости оседания частицы пыли, которые выделяются из технологического оборудования:

$$V = Ae^{Bd}, \quad (3.12)$$

или

$$\ln V = \ln A + Bd, \quad (3.13)$$

где

- V скорость оседания частицы пыли, м/с;
- d эквивалентный диаметр частицы пыли;
- A, B коэффициенты, характеризующие вид пыли.

С учетом результатов исследований зависимости скорости оседания от эквивалентного диаметра частицы пыли, которая выделяется при производстве изделий из железобетона, можно констатировать, что при скорости 0,5 м/с частицы имеют самый большой размер равный 28 мкм, средний размер 22 мкм и самый маленький размер 17 мкм.; при скорости 0,3 м/с частицы имеют самый большой размер 19 мкм, средний размер 15 мкм и самый маленький размер 5 мкм.; при скорости 0,1 м/с частицы имеют самый большой размер 5 мкм, средний размер 4 мкм и самый маленький размер 2 мкм.

3.4. Математическая обработка результатов исследований дисперсного состава пыли

3.4.1 Построение средневзвешенной интегральной функции распределения массы частиц пыли по диаметрам

Для более точной оценки распределения пыли по диаметрам внутри помещения построим средневзвешенную интегральной функции распределения массы частиц по диаметрам с учетом весовых коэффициентов по формуле:

$$D_{CB}(\delta) = \sum_{i=1}^N \beta_i D_i(\delta), \quad (3.14)$$

где

β_i — весовой коэффициент (массовая доля).

Весовой коэффициент дает представление о количестве пыли, осевшей за один промежуток времени, относительно другого. Определение коэффициента осуществляется по данным программы SPOT Exploer, с помощью которой был проведен дисперсный анализ пыли.

$D(d\mu), \%$

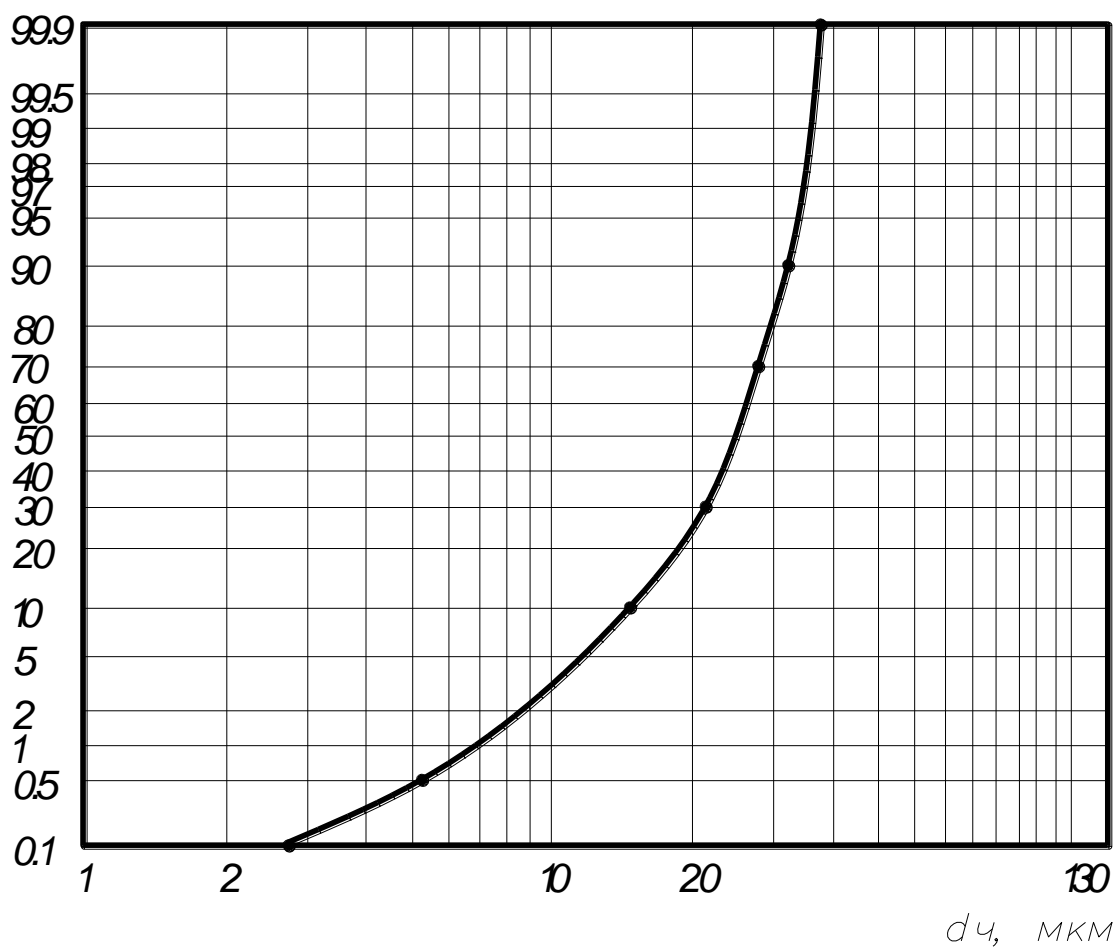
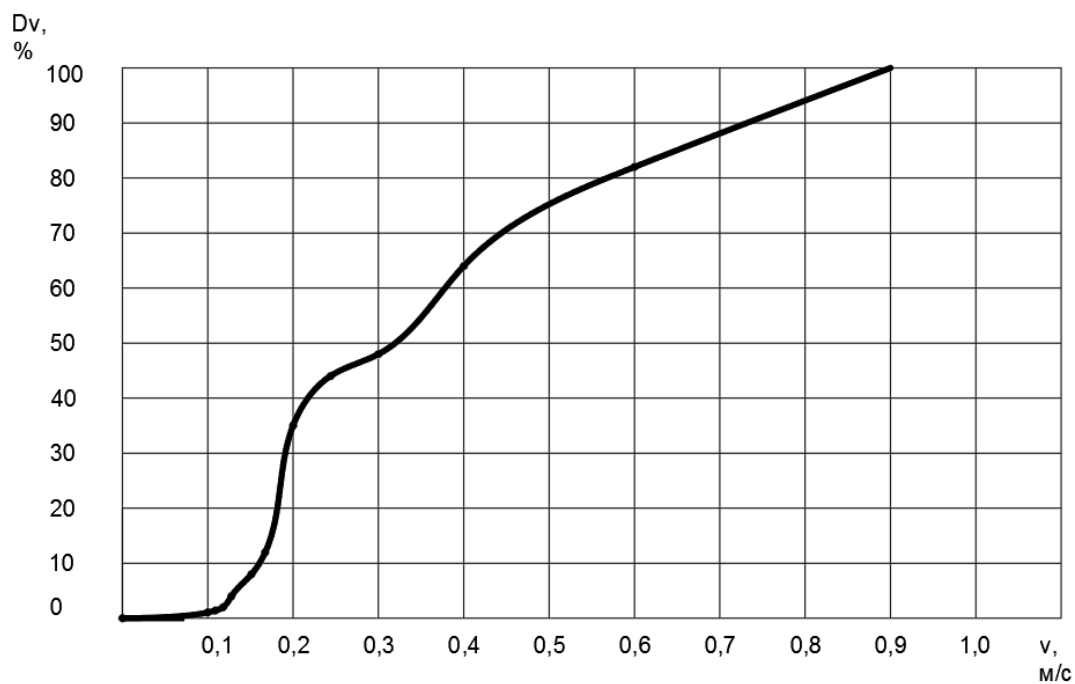


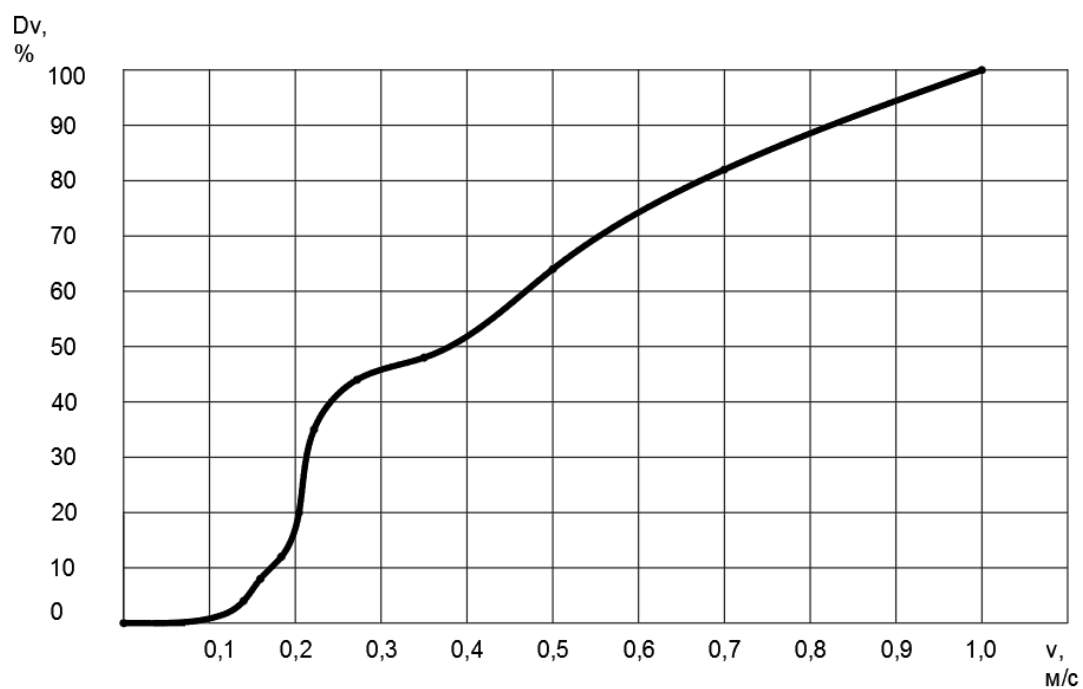
Рисунок 3.14 – Средневзвешенную интегральной функции распределения массы частиц по диаметрам

3.4.2 Построение интегральной функции распределения массы частиц по скоростям оседания

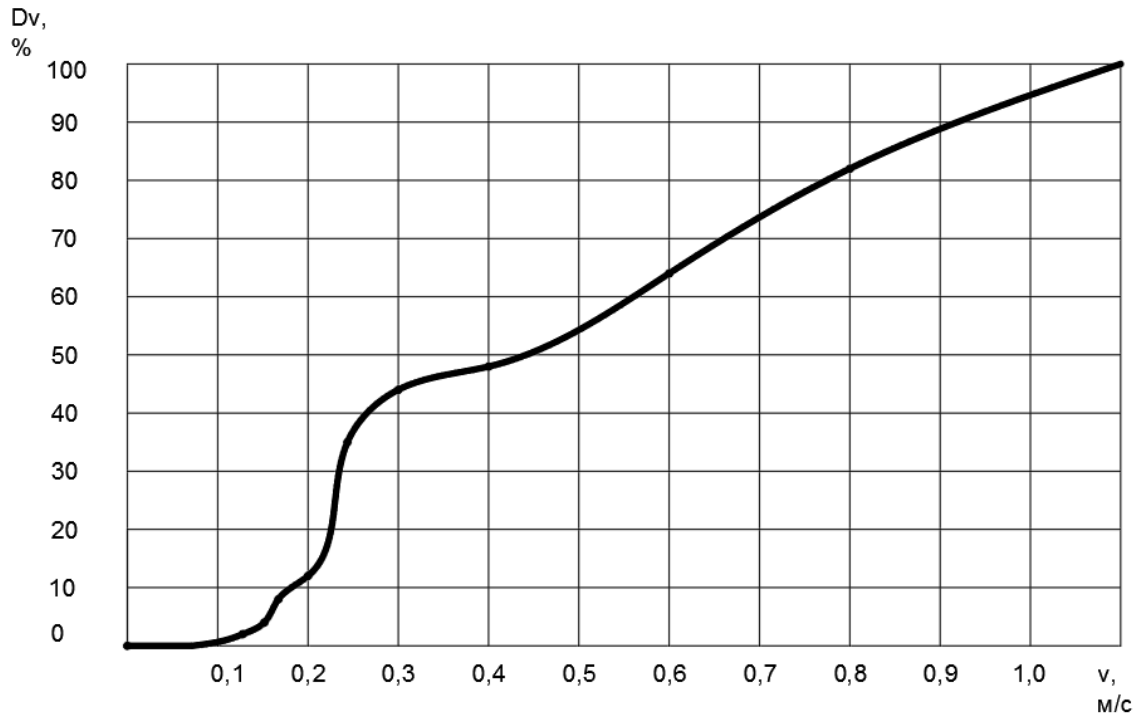
После обработки данных, полученных в п. 3.3 строим графики распределения массы частиц пыли по скоростям оседания (рисунок 3.15).



а



б



В

Рисунок 3.15 –Интегральная функция распределения массы частиц пыли по скоростям оседания для: а – надбункерного отделения, б – дозирочного отделения, в- бетоносмесительного отделения.

После математической обработки построенные графики можно выразить уравнением:

для надбункерного отделения

$$D_V = 1 - 1,44 \cdot e^{-3,54v} \quad (3.15)$$

для дозирочного отделения

$$D_V = 1 - 1,37 \cdot e^{-2,87v} \quad (3.16)$$

для бетоносмесительного отделения

$$D_V = 1 - 1,31 \cdot e^{-2,46v} \quad (3.17)$$

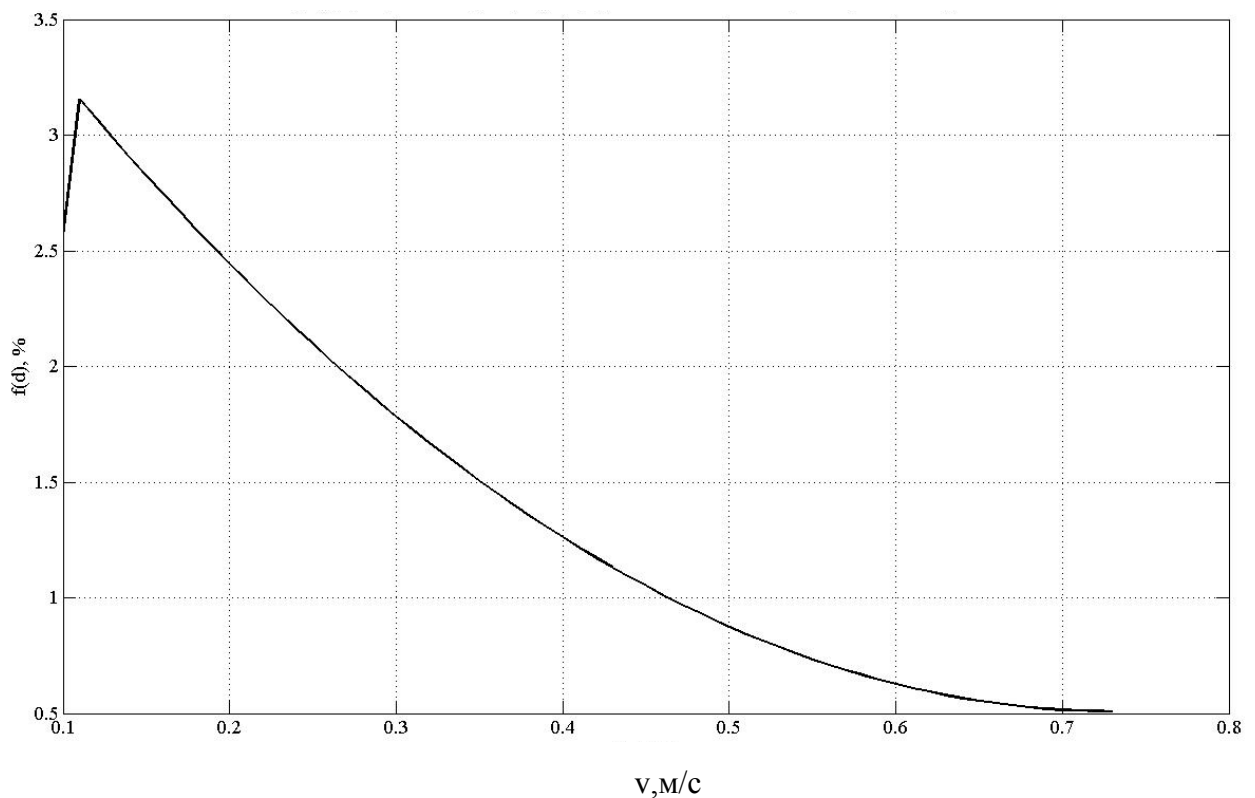


Рисунок 3.16 – Дифференциальная функция распределения массы частиц пыли по скоростям оседания

3.5. Выводы по третьей главе

1. По графикам, полученным при изучении дисперсного состава пыли, можно сделать вывод о том, что наибольшее количество выделяющейся пыли имеет размер PM_{10} . Содержание частиц пыли PM_{10} в воздухе рабочей зоны в бетоносмесительном отделении колеблется от 59% до 99,5%, количество частиц пыли с размером $PM_{2,5}$ составляет 1,1% - 7,5%. Все кривые, полученные при проведении дисперсного анализа, имеют вид усеченных логарифмических кривых.
2. Проведенные экспериментальные исследования аэродинамических характеристик пыли показали, что около 75% всего выделяющегося количества пыли будет перетекать на нижние этажи и осаждаться на поверхности

технологического оборудования, пола, а около 25% - витать в воздухе рабочей зоны помещения.

3. Для более точной оценки распределения пыли по диаметрам внутри помещения была построена средневзвешенная интегральная функция распределения массы частиц по диаметрам.

4. Исследованы зависимости скорости оседания частиц пыли по критериям Лященко Lu и Рейнольдса Re для каждого материала, применяемого в технологическом процессе. По построенным графикам видно, что для пыли цемента перетекать на нижние технологические площадки будут частицы с размером более 72 мкм, а частицы пыли щебня и песка будут витать в воздухе по всему объему помещения и частично уноситься восходящим потоком на верхние технологические площадки.

ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Разработка методики для определения пылевого баланса многоярусного помещения

Для оценки пылевого фактора в воздухе рабочих зон необходимо определить ряд параметров, в том числе массу пыли, которая движется по всему объему бетоносмесительного отделения: перетекает с одного этажа на другой, оседает на поверхности пола, удаляется системами вентиляции, а также находится во взвешенном состоянии в воздухе рабочей зоны.

Для этого, исходя из конструктивных особенностей цеха и технологического процесса, а также опираясь на проведенные в работе аэродинамические характеристики пыли: интенсивность пылевыделения и пылеоседания, дисперсный анализ отобранной пыли и скорость её оседания составим движение пылевоздушных масс по всему объему бетоносмесительного отделения. Схема представлена на рисунке 4.1.

Масса выделившейся пыли от технологического оборудования на площадке i M_i , а так же масса осевшей пыли M_{oi} на площадке i , определялась в главе 2.

Расчет массы пыли, перетекающей с i -ой технологической площадки технологическую площадку $i-1$ в общем виде:

$$M_{ii-1} = \frac{1}{M_i} \int_{v_{oci}}^{\infty} D_i(\delta) d\delta(v_{oc}) \quad (4.1)$$

где

v_{oc} - скорость оседания частиц пыли на поверхность технологической площадки i .

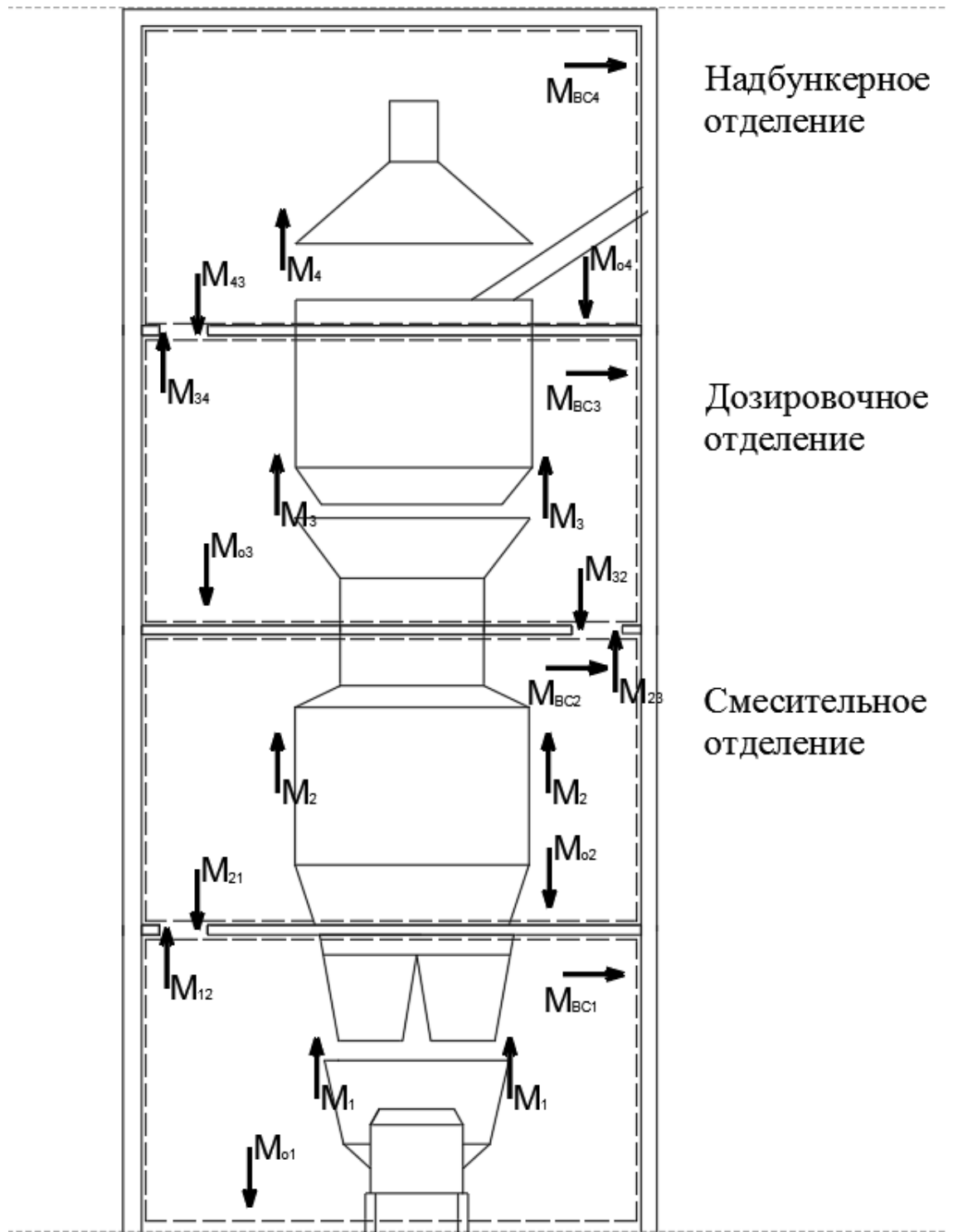


Рисунок 4.1 – Схема движения пылевоздушных масс в бетоносмесительном отделении

Где M_i - масса выделившейся пыли от источника пылевыведения, $M_{i(i+1)}$ - масса пыли, переносимой с площадки i на площадку $(i+1)$, $M_{(i+1)i}$ - масса пыли, переносимой с площадки $(i+1)$ на площадку i , M_{oi} - масса осевшей пыли; M_{BCi} - масса пыли, удаляемой системой вентиляции.

Коэффициент, учитывающий долю осевшей пыли, зависит от концентрации пыли в воздухе рабочей зоны, скорости оседания и от дисперсного состава пыли и выражается формулой:

$$\eta_i = \frac{M_{ii-1}}{M_i} \quad (4.2)$$

Составим баланс пыли в помещении бетоносмесительного отделения на каждой технологической площадке с учетом перетекания пыли (рисунок 4.1)

Часть пыли, выделившейся из технологического оборудования в надбункерном отделении M_4 , перетекает в дозировочное отделение M_{43} , часть оседает на поверхности пола, оборудования M_{04} , так же некоторое количество пыли уносится вентиляционными системами на очистку M_{BC4} . В надбункерное отделение помимо пыли, поступающей от технологического оборудования, осуществляется подмес пыли с нижней технологической площадки M_{34} .

Составим уравнение баланса пыли для надбункерного отделения:

При этом масса осевшей пыли M_{04}

$$M_{04} = \eta_4 (M_4 + M_{34} - M_{43} - M_{BC4}) \quad (4.3)$$

где η_n - это коэффициент, учитывающий долю осевшей пыли.

Масса пыли, уносимой системами вентиляции:

$$M_{BC4} = M_{B4} + M_{AC4} \quad (4.4)$$

Масса пыли, уносимой из надбункерного отделения:

$$M_{BC4} + M_{43} = (1 - \eta_4) (M_4 + M_{34} - M_{43} - M_{BC4}) \quad (4.5)$$

По аналогии составим балансы пыли в помещении на остальных технологических площадках бетоносмесительного отделения с учетом перетекания пыли.

Дозировочное отделение:

Баланс пыли:

$$M_3 + M_{23} + M_{43} - M_{34} - M_{32} - M_{03} - M_{BC3} = 0 \quad (4.6)$$

Масса осевшей пыли:

$$M_{O3} = \eta_3 (M_3 + M_{23} + M_{43} - M_{34} - M_{32} - M_{BC3}) \quad (4.7)$$

Масса пыли, уносимой системами вентиляции:

$$M_{BC3} = M_{B3} + M_{AC3} \quad (4.8)$$

Масса пыли, уносимой из дозировочного отделения:

$$M_{34} + M_{32} + M_{BC3} = (1 - \eta_3) (M_3 + M_{23} + M_{43} - M_{34} - M_{32} - M_{BC3}) \quad (4.9)$$

Смесительное отделение:

Баланс пыли:

$$M_2 + M_{12} - M_{21} - M_{23} + M_{32} - M_{O2} - M_{BC2} = 0 \quad (4.10)$$

Масса осевшей пыли:

$$M_{O2} = \eta_2 (M_2 + M_{12} - M_{21} - M_{23} + M_{32} - M_{O2} - M_{BC2}) \quad (4.11)$$

Масса пыли, уносимой системами вентиляции:

$$M_{BC2} = M_{B2} + M_{AC2} \quad (4.12)$$

Масса пыли, уносимой из смесительного отделения:

$$M_{23} + M_{BC2} + M_{21} = (1 - \eta_2) (M_2 + M_{12} - M_{21} - M_{23} + M_{32} - M_{BC2}) \quad (4.13)$$

Загрузочное отделение:

Баланс пыли:

$$M_1 + M_{21} - M_{12} - M_{O1} - M_{BC1} = 0 \quad (4.14)$$

Масса осевшей пыли:

$$M_{O1} = \eta_1 (M_1 + M_{21} - M_{12} - M_{BC1}) \quad (4.15)$$

Масса пыли, уносимой системами вентиляции:

$$M_{BC1} = M_{B1} + M_{AC1} \quad (4.16)$$

Масса пыли, уносимой из смесительного отделения:

$$M_{12} + M_{BC1} = (1 - \eta_1) (M_1 + M_{21}) \quad (4.17)$$

Для решения данных уравнений составим систему:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_4 + M_{34} + M_{43} - M_{O4} - M_{BC4} = 0 \\ M_{O4} = \eta_4 (M_4 + M_{34} - M_{43} - M_{BC4}) \\ M_{BC4} = M_{B4} + M_{AC4} \\ M_{BC4} + M_{43} = (1 - \eta_4) (M_4 + M_{34} - M_{43} - M_{BC4}) \\ M_3 + M_{23} + M_{43} - M_{34} - M_{32} - M_{O3} - M_{BC3} = 0 \\ M_{O3} = \eta_3 (M_3 + M_{23} + M_{43} - M_{34} - M_{32} - M_{BC3}) \\ M_{BC3} = M_{B3} + M_{AC3} \\ M_{34} + M_{32} + M_{BC3} = (1 - \eta_3) (M_3 + M_{23} + M_{43} - M_{34} - M_{32} - M_{BC3}) \\ M_2 + M_{12} - M_{21} - M_{23} + M_{32} - M_{O2} - M_{BC2} = 0 \\ M_{O2} = \eta_2 (M_2 + M_{12} - M_{21} - M_{23} + M_{32} - M_{O2} - M_{BC2}) \\ M_{BC2} = M_{B2} + M_{AC2} \\ M_{23} + M_{BC2} + M_{21} = (1 - \eta_2) (M_2 + M_{12} - M_{21} - M_{23} + M_{32} - M_{BC2}) \\ M_1 + M_{21} - M_{12} - M_{O1} - M_{BC1} = 0 \\ M_{O1} = \eta_1 (M_1 + M_{21} - M_{12} - M_{BC1}) \\ M_{BC1} = M_{B1} + M_{AC1} \\ M_{12} + M_{BC1} = (1 - \eta_1) (M_1 + M_{21}) \end{array} \right. \quad (4.18)$$

Запишем уравнение баланса пыли в общем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_i + M_{(i+1);i} - M_{i;(i+1)} - M_{Oi} - M_{BCi} = 0 \\ M_{Oi} = \eta_i (M_i + M_{(i+1);i} - M_{i;(i+1)} - M_{BCi}) \\ M_{BCi} = M_{Bi} + M_{ACi} \\ M_{i;(i+1)} + M_{BCi} = (1 - \eta_i) (M_i + M_{(i+1);i}) \end{array} \right. \quad (4.19)$$

где

i - номер технологической площадки.

4.2. Разработка методики оценки пылевого фактора по расчету концентрации пыли на рабочих местах в бетоносмесительном отделении

Для оценки параметров воздушной среды цехов с многоярусным размещением рабочих зон требуется учитывать расход воздуха (приточного, аспирационного, перетекающего из одной зоны в другую), способ раздачи воздуха, количество вредных веществ (в стволе потока, в рабочей зоне, в перетекающем воздухе), а также различные коэффициенты.

Для решения ряда вентиляционных задач А.М. Блинков, Н.Ф. Мальчевская и В.Д. Кононенко для предприятий нефтехимии было предложено делить производственные помещения на зоны с учетом воздействия аспирационных модулей. Для нахождения значений концентрации пыли в воздухе рабочей зоны при различных способах организации воздухообмена В.Н. Азаровым было предложено деление цеха с многоуровневым расположением рабочих зон на элементарные аэродинамические объемы, вообще говоря, незамкнутые.

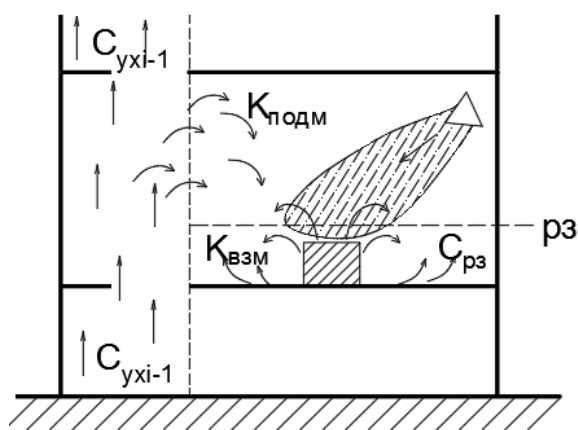


Рисунок 4.2 – Схема движения воздуха в аэродинамическом объеме 2 этажа бетоносмесительного отделения с многоярусным расположением технологического оборудования

На рисунке 4.2 изображено движение воздуха на примере одной технологической площадки, где струя приточного воздуха, распространяясь

сверху вниз, перемещает за собой грязный воздух помещения, а также взмывает уже осевшие частицы пыли, после чего, соединяясь с воздухом из ствола низлежащего элементарного аэродинамического объема, перетекает в следующий объем.

При исследовании 2 этажа бетоносмесительного отделения можно выделить следующие аэродинамические объемы:

- зона восходящего потока;
- зона действия приточных струй;
- зона затухания (смешения) приточной струи.

В результате произведенного анализа движения воздуха в элементарных аэродинамических объемах была выведена система из двух уравнений, описывающих собой баланс по пыли на 2, 3 и 4 технологической площадке:

$$\begin{cases} L_0 + K_{\text{подм}}L_0c_{\text{уxi}-1} + K_{\text{взм}}M_{\text{п}} = L_{\text{асп}}c_{\text{р.з.}} + \\ + [(K_{\text{подм}} + 1)L_0 - L_{\text{асп}}][c_{\text{р.з.}} + \lambda(c_{\text{уxi}-1} - c_{\text{р.з.}})], \\ L_0 + K_{\text{взм}}M_{\text{п}} = L_{\text{асп}}c_{\text{р.з.}} + (L_0 - L_{\text{асп}})c_{\text{уxi}-1} \end{cases} \quad (4.20)$$

Решаем систему уравнений относительно концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в уходящем потоке (и соответственно). Получаем, что

$$c_{\text{р.з.}} = \frac{L_0 + K_{\text{взм}}M_{\text{п}} - (L_0 - L_{\text{асп}})c_{\text{уxi}-1}}{L_{\text{асп}}}, \quad (4.21)$$

$$c_{\text{уxi}-1} \quad (4.22)$$

$$= \frac{L_0^2 K_{\text{подм}} + L_0 K_{\text{подм}} K_{\text{взм}} M_{\text{п}} + L_0^2 + K_{\text{взм}} M_{\text{п}} L_0 - L_{\text{асп}} K_{\text{взм}} M_{\text{п}} - \lambda L_0 + \lambda K_{\text{взм}} M_{\text{п}}}{L_0 K_{\text{подм}} - 3L_0 L_{\text{асп}} + L_{\text{асп}}^2 + L_0^2 K_{\text{подм}} - L_0 K_{\text{подм}} L_{\text{асп}} + L_0^2 + L_{\text{асп}} - 2\lambda L_{\text{асп}} + \lambda L_0}$$

Составим систему уравнений, отображающую баланс по пыли для всего объема цеха бетоносмесительного отделения:

$$\left\{ \begin{array}{l} L_4 + K_{взм4} K_{ос4} M_4 + (1 - K_{ос4}) M_4 = L_{асп4} c_{р.з.4} + \\ + [(K_{подм4} + 1) L_4 - L_{асп4}] [c_{р.з.4} + \lambda (c_{ух3} - c_{р.з.4})] \\ L_3 + K_{взм3} K_{ос3} M_3 + (1 - K_{ос3}) M_3 = L_{асп3} c_{р.з.3} + \\ + [(K_{подм3} + 1) L_3 - L_{асп3}] [c_{р.з.3} + \lambda (c_{ух2} - c_{р.з.3})] \\ L_2 + K_{взм2} K_{ос2} M_2 + (1 - K_{ос2}) M_2 = L_{асп2} c_{р.з.2} + \\ + [(K_{подм2} + 1) L_2 - L_{асп2}] [c_{р.з.2} + \lambda (c_{ух1} - c_{р.з.2})] \\ L_1 + K_{взм1} K_{ос1} M_1 + (1 - K_{ос1}) M_1 = L_{асп1} c_{р.з.1} + \\ + [(K_{подм1} + 1) L_1 - L_{асп1}] [c_{р.з.1} + \lambda (-c_{р.з.1})] \end{array} \right. \quad (4.23)$$

где

- λ коэффициент, отображающий изменение значений концентрации пыли вне рабочей зоны (согласно опытно-промышленным исследованиям [41] $\lambda = 0,5$ и $\lambda = 0,3$);
- $M_{п}$ масса пыли, исходящей от оборудования;
- $K_{взм}$ коэффициент, показывающий долю пыли, которая переходит во взвешенное состояние в рабочей зоне (для бетоносмесительных цехов – 4-5% от общего пылевыведения);
- $K_{подм}$ коэффициент, показывающий долю пыли, которая подмешивается в рабочую зону из ствола воздуха.

Система включает в себя четыре уравнения с четырьмя неизвестными: $c_{р.з.2}$, $c_{р.з.3}$, $c_{р.з.4}$.

Концентрации пыли в уходящем потоке воздуха $c_{ух1}$, $c_{ух2}$, $c_{ух3}$ можно вычислить зная массу выделившейся пыли от оборудования, массу осевшей пыли, которые были определены ранее в работе в главе 2, и объем технологической площадки:

$$c_{уxi} = \frac{M_1 - M_{ос1}}{V_1} \quad (4.24)$$

Зная расходы приточного и аспирационного воздуха, а также площадь проема между площадками i и $(i+1)$ рассчитываем скорость воздуха в проеме:

$$v_{\text{при}} = \frac{\sum_1^i (L_i - L_{\text{аспи}})}{F_i} \quad (4.25)$$

Частицы пыли, имеющие скорость оседания ниже полученной скорости v_i , будут перетекать на вышестоящие технологические площадки. Тем самым по интегральным кривым распределения массы частиц пыли по диаметрам, построенным в главе 3, мы можем численно оценить долю пыли, которая подмешивается в рабочую зону из ствола воздуха - коэффициент $K_{\text{подми}}$.

Зная расстояние от источника пылевыведения до проема l_i , а так же скорость подвижности воздуха в производственном помещении ($w = 0,5 \text{ м/с} - 0,7 \text{ м/с}$), вычисляем время движения частицы пыли от источника пылевыведения до межэтажного проема τ :

$$\tau = \frac{l_i}{w} \quad (4.26)$$

По графику зависимости скорости оседания от эквивалентного диаметра частицы, полученного в ходе определения аэродинамических характеристик пыли в главе 3, и нормативному значению скорости движения воздуха в цеху ($w = 0,5 \text{ м/с} - 0,7 \text{ м/с}$) определим долю пыли, которая оседает на поверхности пола технологической площадки- коэффициент оседания пыли $K_{\text{оси}}$.

$$v_{\text{оси}} = \frac{h_i}{\tau} = \frac{h_i w_i}{l_i} \quad (4.27)$$

где

h_i - высота источник пылевыведения на технологической площадки.

Таким образом получаем, что содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны зависит от ряда факторов: расходов приточного и аспирационного воздуха, от значения массы пыли, выделяющейся из неплотностей оборудования, от коэффициента, описывающего изменение содержания пыли вне рабочей зоны, а также от коэффициентов, учитывающих долю подмешивания воздуха из ствола потока и долю пыли, которая находится во взвешенном состоянии в рабочей зоне.

Концентрация вредных веществ в переходящем потоке воздуха в свою очередь зависит от содержания вредных веществ в рабочей зоне, от расходов

воздуха приточного и аспирационного, от массы пыли, выбивающейся от оборудования и от коэффициента, учитывающего долю пыли, которая переходит во взвешенное состояние в рабочей зоне.

Таким образом, для выполнения расчета, показанного на блок-схеме (рисунок 4.3) необходимо выполнить следующие условия:

- обследовать архитектурно-планировочные решения в цеху и технологическое оборудование и определить источники пылевыведения,
- экспериментально определить интенсивность пылевыведения, массу выделяющейся пыли и степень их герметизации оборудования

Затем задаемся проектными (либо рассчитанными по укрупненным показателям) значениями воздухообмена и аспирируемого воздуха.

После необходимо провести ряд аэродинамических исследований пыли: определить размер частиц пыли и скорость их оседания, которые позволят, зная скорость воздуха движения в производственном помещении, определить коэффициенты $K_{\text{подм}i}$, $K_{\text{взм}i}$, $K_{\text{ос}i}$. Подставив найденные коэффициенты в уравнение баланса (4.4) найдем концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны на рассматриваемой технологической площадке. Полученное значение $c_{\text{р.з.}}$ сравниваем с ПДК, если $c_{\text{р.з.}} < \text{ПДК}_{\text{рз}}$, то расчет считается законченным и принятые значения воздухообмена оставляем. В противном случае, если $c_{\text{р.з.}} > \text{ПДК}_{\text{рз}}$, то необходимо увеличить значение воздухообмена на 0,1 ед. и повторить расчет. Расчет повторяется до тех пор, пока не будет соблюдено условие $c_{\text{р.з.}} < \text{ПДК}_{\text{рз}}$.

Кроме того, проведенный расчет по уравнениям баланса (4.4) позволит оценить долю пыли, которая перетекает с одного технологического яруса на другой, которая оседает на поверхности пола площадки и на оборудовании, а также которая остается витать в воздухе рабочей зоны.

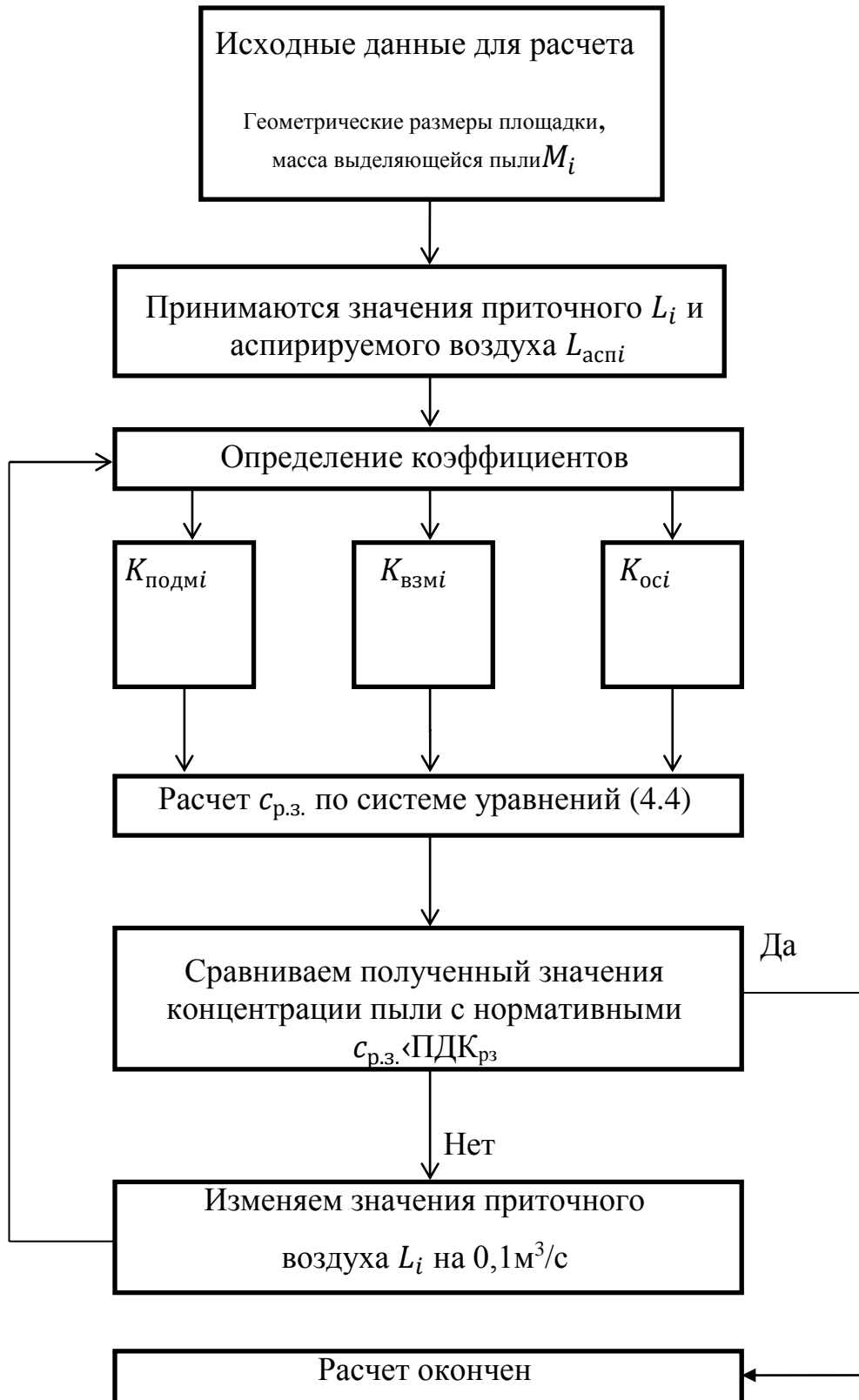


Рисунок 4.3 – Блок-схема расчета воздухообмена в бетоносмесительном отделении

4.3 Результаты обследования запыленности воздуха рабочей зоны бетоносмесительного отделения

В ходе работы было произведено исследование качества воздуха рабочей зоны в бетоносмесительном отделении.

На основании проведенных исследований и патентов [126, 6, 12, 14] предложены рекомендации по снижению запыленности воздуха рабочей зоны бетоносмесительного отделения: повышение герметизации оборудования, установка для улавливания и очистки газовых выбросов от технологического оборудования.

Для оценки эффективности мероприятий была проведена серия замеров концентраций пыли в воздухе рабочей зоны до внедрения мероприятий и после. Результаты замеров для каждого из видов пыли (цементной, щебня и песчаной) представлены в виде графиков (рисунок 4.4, 4.5).

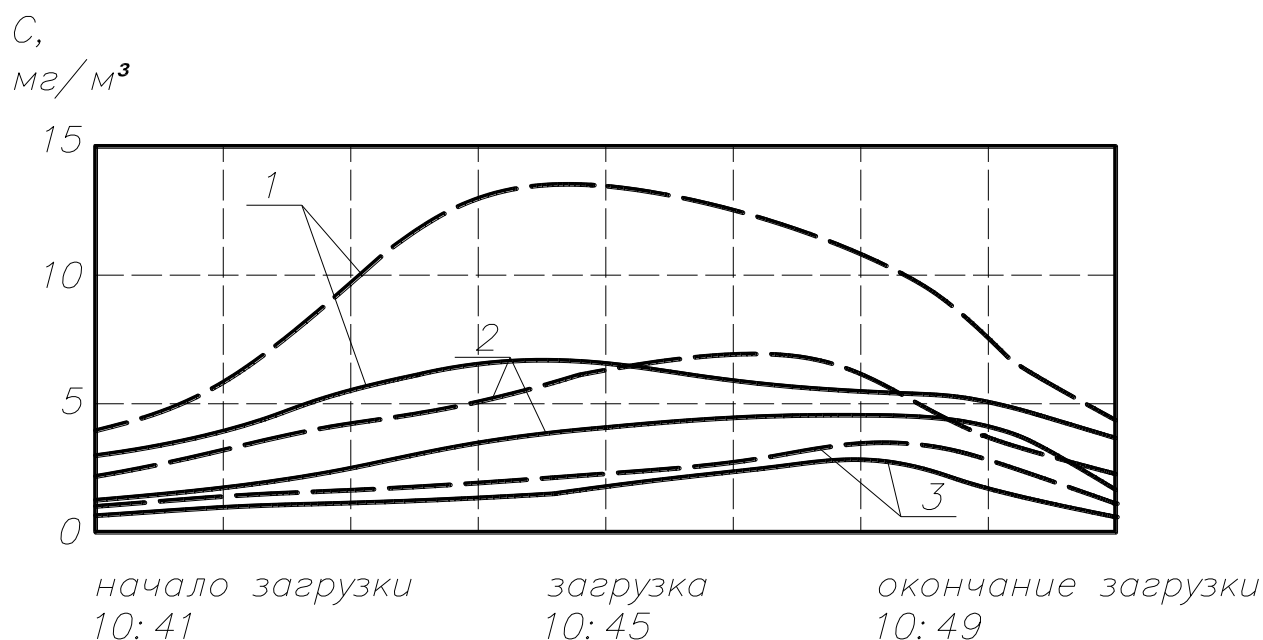


Рисунок 4.4 – Концентрации пыли щебня: 1 – площадка 4-го этажа; 2 – площадка 2-го этажа; 3 – площадка 1-го этажа; — — — — — до проведения мероприятий; — — — — — после проведения мероприятий

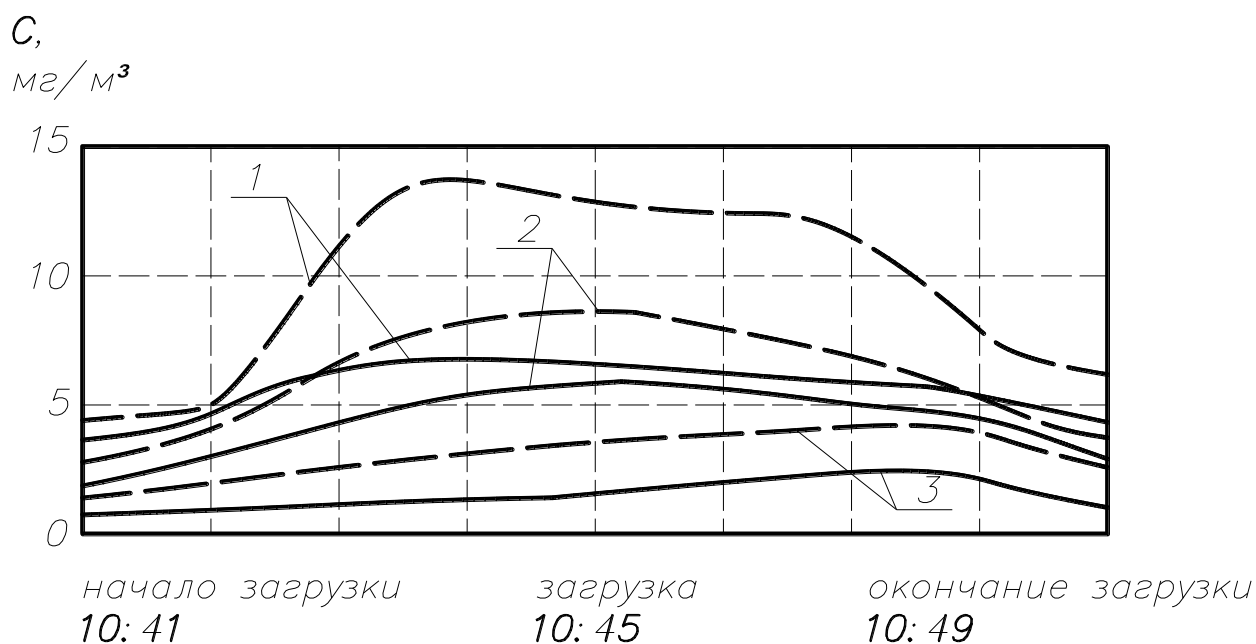


Рисунок 4.5 – Концентрации песчаной пыли: 1 – площадка 4-го этажа; 2 – площадка 2-го этажа; 3 – площадка 1-го этажа — — до проведения мероприятий; — — — после проведения мероприятий

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что мероприятия по снижению запыленности воздуха рабочей зоны бетоносмесительного отделения позволили уменьшить концентрацию цементной пыли с $13,0 \text{ мг/м}^3$ до $6,0 \text{ мг/м}^3$; пыли щебня с $14,0 \text{ мг/м}^3$ до $5,7 \text{ мг/м}^3$; песчаной пыли с $14,3 \text{ мг/м}^3$ до $6,0 \text{ мг/м}^3$

4.4 Разработка учебной модели движения воздушных масс в этажерочных цехах

Ввиду конструктивных особенностей цехов с многоярусными технологическими площадками выявление и оценка областей с наибольшей концентрацией пыли в воздухе рабочей зоны затруднена. Для моделирования процессов перетекания конвективных потоков воздуха в объеме помещения разработана учебная модель [103].

Данная модель представляет собой замкнутый корпус, одна стена которого выполнена из прозрачного материала, систему воздуховодов для подачи приточного воздуха источники тепла и источники электрического тока (рисунок 4.6).

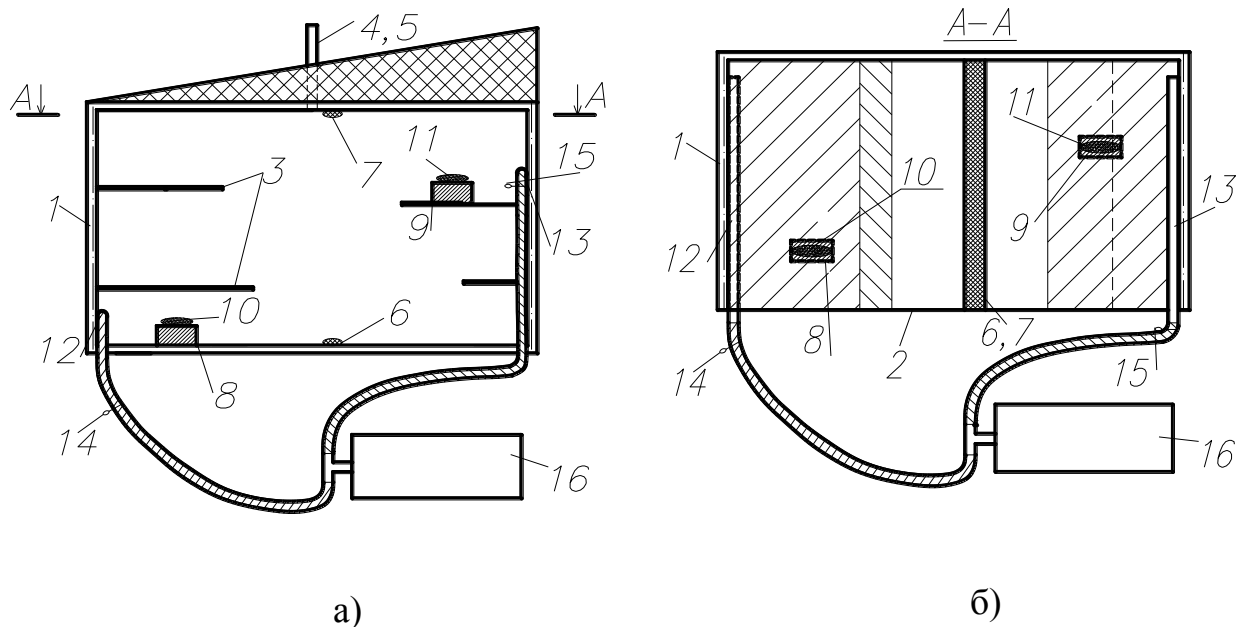


Рисунок 4.6 – Схема экспериментальной установки: а) профильный вид; б) вид сверху. 1,2-корпус модели цеха; 3-полки; 4,5 – вытяжка; 6,7 – ультрафиолетовые лампы; 8,9 - тепловентиляторы; 10,11 – порция пыли; 12,13 – перфорированные приточные воздуховоды; 14, 15 – заслонка; 16 – воздуходувка

Работа данной полезной модели заключается в том, что в корпусе 1 на различных уровнях 4 установлены тепловентиляторы 2 и 3, на которых помещены источники пыли 5 и 6. При помощи воздуходувки 9 через перфорированные воздуховоды 11 и 12 в объем модели подается чистый воздух. Приточные воздуховоды имеют шиберы 10 и 15. Загрязненный воздух удаляется через вытяжные отверстия (трубки) 13 и 14. Процесс витания частиц пыли наблюдается через прозрачную стенку корпуса, благодаря свечению ультрафиолетовых ламп 7 и 8.

В процессе испытания снимаются показатели параметров воздуха (скорость и температура), затем эти величины переводят на натуру.

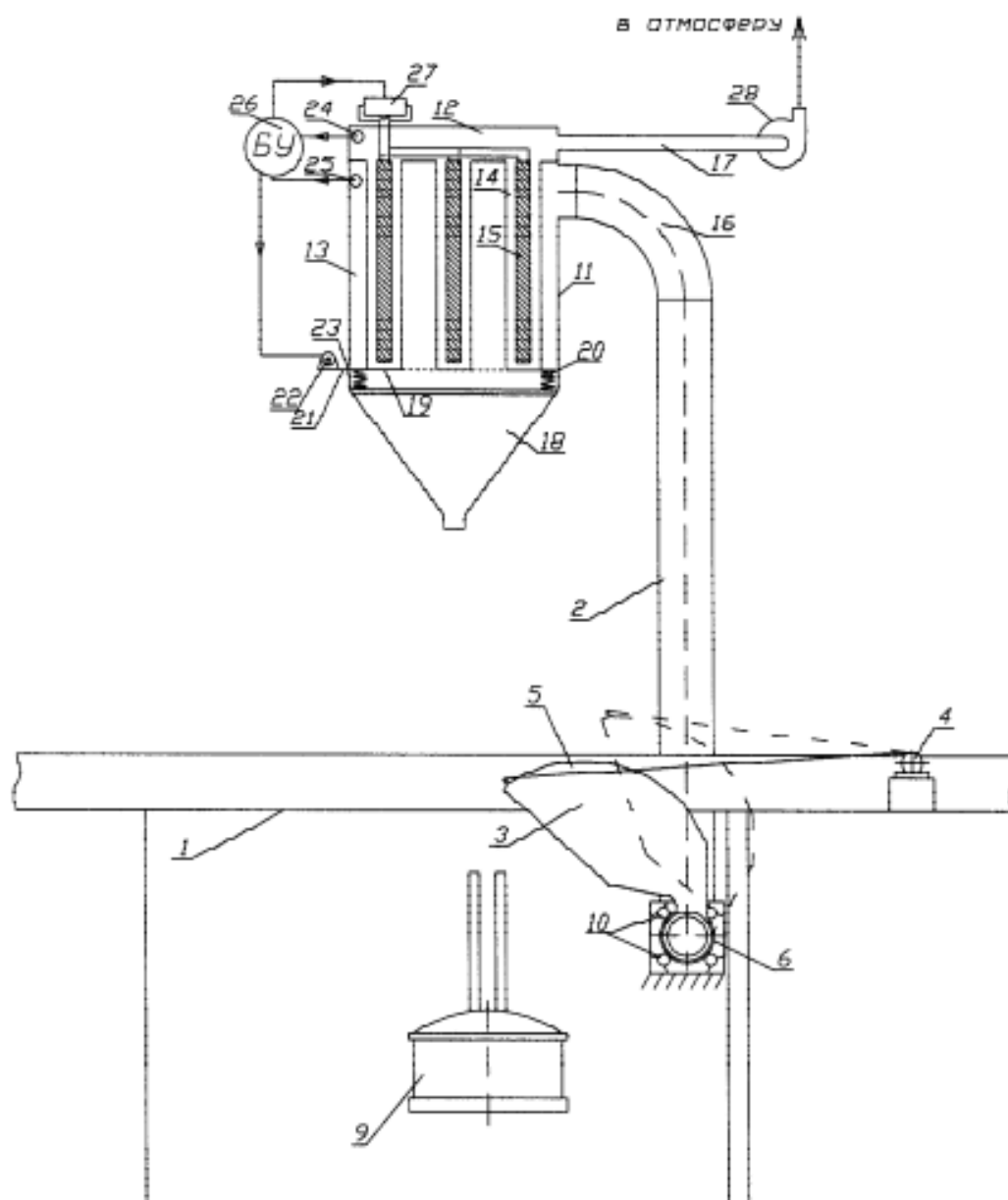
4.5 Разработка способа улавливания и очистки газовых выбросов от технологического оборудования

При анализе технологического оборудования как источника выделения пыли в воздух рабочей зоны выявлено, что наибольшая концентрация пыли наблюдается в надбункерном отделении при пересыпке щебня.

Для локализации выделяющейся пыли, возможно, использовать установку для улавливания и очистки газовых выбросов от технологического оборудования [105] рис 4.7.

Аспирация пыли происходит от источника 9 поворотным зонтом 3, передвижение которого осуществляется при помощи роликов 10 и привода 4. Выбросы, которые поступают через выходной патрубок 16 рукавного фильтра 11 в камеру загрязненного газа 13 и поступают в межкукавное пространство. Затем газ проходит через фильтровальные рукава 14 и выходит в камеру очищенного газа 12, после чего через патрубок 17 при помощи вентилятора 28 удаляется фильтра.

Преимуществом данной установки является относительная несложность конструкции, повышенная эффективность удаления и очистки пылевых выбросов от технологического оборудования и надёжность регенерации рукавного фильтра. Кроме того, ввиду планировочных особенностей надбункерного отделения установка передвижного устройства для улавливания и очистки выбросов является наиболее оптимальным.



Рисунок

4.7 – Установка для улавливания и очистки газовых выбросов от технологического оборудования: 1 – подкрановая балка; 2 – газоход; 3 – поворотный зонт; 4 – канатный привод; 5 – канат; 6 – переходной участок; 7 – заглушенный торец; 8 – продольный паз; 9 – технологическое оборудование; 10 – ролики; 11 – корпус рукавного фильтра; 12 – камера очищенного газа; 13 – камера загрязненного газа; 14 – фильтровальные рукава; 15 – электромагнитные катушки; 16 – входной патрубок; 17 – выходной патрубок; 18 – пылевой бункер; 19 – металлическая перфорированная пластина; 20 – пружины; 21 – площадка; 22 – вибратор; 23 – резиновая вставка; 24, 25 – датчики давления; 26 – блок управления; 27 – источник питания; 28 – вытяжной вентилятор

4.6 Разработка способа локализации и очистки пылевых выбросов

Для улучшения качества воздушной среды в производственных помещениях предлагается реконструкция системы аспирации с использованием патента на полезную модель [104].

Данная полезная модель представляет собой системы аспирации, содержащую местный аспирационный отсос от технологического оборудования, пылеулавливающее устройство в виде двух – первого и второго инерционных вихревых пылеуловителей, вентилятор и тканевый фильтр (рисунок 4.8).

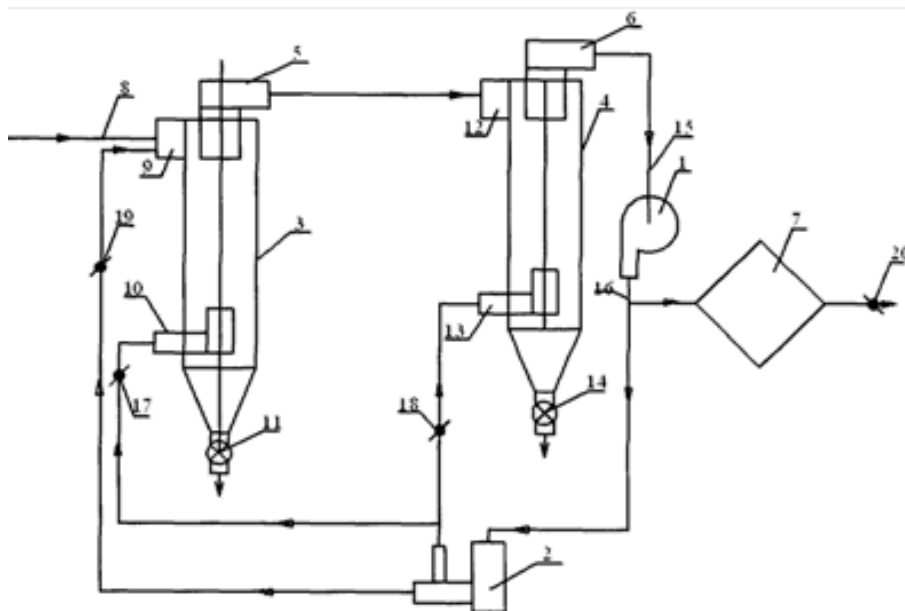


Рисунок 4.8 – Система аспирации: 1 – вентилятор; 2 – разделитель-концентратор; 3,4 – вихревые инерционные пылеуловители; 5,6 – раскручиватели потока; 7 – тканевый фильтр; 8 – воздуховод; 9 – верхний вход; 10 – нижний вход; 11 – шлюзовой затвор; 12 – верхний вход; 13 – нижний вход; 14 – шлюзовой затвор; 15 – всасывающий вход; 16 – выходной патрубок вентилятора; 17, 18, 19, 20 – регулирующие заслонки

Особенностью данной установки является содержание дополнительно первого и второго раскручивателя потока, которые устанавливаются на верхних выходах пылеуловителей. При этом, выход первого раскручивателя потока

подключен к верхнему вводу второго пылеуловителя, выход вентилятора подключен через тканевый фильтр и дополнительную регулируемую заслонку к воздуховоду для выхода очищенного воздуха в атмосферу.

Заявленная система позволяет эффективно очистить воздух перед выбросом в атмосферу. Тканевый фильтр обеспечивает тонкую очистку воздуха, выбрасываемого в атмосферу, защищен от перегрузки по пыли вследствие установки инерционных пылеуловителей. Тем самым данная система аспирации имеет высокую надежность работы.

4.7 Выводы по четвертой главе

1. Разработана методика оценки пылевого фактора по расчету концентрации пыли на рабочих местах, а также методика для определения воздушного баланса помещения по пыли в бетоносмесительном отделении.
2. Проведенное исследование запыленности воздуха рабочей зоны бетоносмесительного отделения показало необходимость применения мер по снижению концентрации пыли.
3. Результаты анализа пылевой обстановки после принятия мероприятий по снижению запыленности воздуха рабочей зоны показали целесообразность их использования и их влияние на улучшение качества воздушной среды цеха.
4. Разработана учебная модель для моделирования процессов перетекания конвективных потоков воздуха в объеме помещения разработана.
5. Для локализации выделяющейся пыли в бетоносмесительном отделении рекомендовано использование установки для улавливания и очистки газовых выбросов от технологического оборудования

6. Для улучшения качества воздушной среды в производственных помещениях предлагается реконструкция системы аспирации с использованием патента на полезную модель

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе рассмотрены вопросы, посвященные исследованию пылевого фактора вредного воздействия на работников в бетоносмесительном отделении производств железобетонных изделий. На основании результатов выполненных исследований сформулированы основные **выводы** по работе:

1. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования аэродинамических характеристик пыли показали, что около 75% всего выделяющегося количества пыли будет перетекать на нижние этажи и осаждаться на поверхности технологического оборудования, пола, а около 25% - витать в воздухе рабочей зоны помещения. На основе результатов исследований по оценке пылевой обстановки в бетоносмесительном отделении было выявлено, что запыленность воздуха рабочей зоны превышает норматив ПДК в среднем в 3-4 раза, при осуществлении загрузки материала – в 10 и более раз. Проведенное исследование запыленности воздуха рабочей зоны бетоносмесительного отделения показало необходимость применения мер по снижению концентрации пыли.
2. По результатам дисперсного состава пыли, выделяющейся в ходе технологического процесса в бетоносмесительном отделении, установлено, что более 50% выделяющейся пыли является мелкодисперсной PM_{10} . Содержание частиц пыли PM_{10} в воздухе рабочей зоны в бетоносмесительном отделении колеблется от 59% до 99,5%, количество частиц пыли с размером $PM_{2,5}$ составляет 1,1% - 7,5%.
3. Исследование интенсивности пылеоседания позволило адаптировать методику Богуславского-Азарова оценке интенсивности пылеоседания для бетоносмесительных отделений, а также оценить герметичность технологического оборудования, оценить мощность и направление распространения пыли от каждого источника пылевыведения.

4. Проведенные экспериментальные исследования аэродинамических характеристик пыли показали, что около 75% всего выделяющегося количества пыли будет перетекать на нижние этажи и осаждаться на поверхности технологического оборудования, пола, а около 25% - витать в воздухе рабочей зоны помещения.
5. Определены теоретические зависимости скорости оседания частиц пыли на основании критериев Лященко Lu и Рейнольдса Re для каждого материала, применяемого в технологическом процессе. На основании теоретических расчетов следует, что перетекать на нижние технологические площадки будут только частицы щебня, цемента и песка с размером более 72 мкм, а частицы с размером до 71 мкм с будут витать в воздухе по всему объему помещения и частично уноситься восходящим потоком на верхние технологические площадки.
6. На основании экспериментальных аэродинамических исследований влияния организации воздухообмена на пылевую обстановку в рабочей зоне цеха можно сделать вывод, что наиболее оптимальной является максимальное значения расхода приточного воздуха, подаваемого на каждую технологическую площадку.
7. Предложены мероприятия по снижению запыленности воздуха рабочей зоны, которые позволили уменьшить значение концентраций пыли в воздушной среде помещения на 30%. Разработана методика оценки пылевого фактора по расчету концентрации пыли на рабочих местах, а также методика для определения воздушного баланса помещения по пыли в бетоносмесительном отделении.
8. Рекомендации внедрены и использованы на ОАО «Промстройконструкция» в бетоносмесительном отделении по снижению запыленности воздуха рабочей зоны бетоносмесительного отделения при реконструкции системы подачи сыпучих материалов; а также по расчету концентрации мелкодисперсной пыли (в том числе PM_{10} и $PM_{2,5}$) при разработке ПДВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович, Г. Н. Прикладная газовая динамика [Текст] / Г. Н. Абрамович. – Москва : Наука, 1976. – 308 с.
2. Азаров, В. Н. Методика определения интенсивности пылевыведений от технологического оборудования [Текст] / В. Н. Азаров ; Волгогр. гос. арх.-строит. акад. - Волгоград, 2002. - 8 с. : ил. - Деп. в ВИНТИ 15.07.2002, № 1332.
3. Азаров, В. Н. О расчете воздухообмена производственных помещений с теплоизбытками [Текст] / В. Н. Азаров, В. Д. Кононенко // Инженерные методы решения практических задач в санитарной технике. – Волгоград, 1977. – Вып. IV. – С. 22.
4. Азаров, В. Н. Обеспыливание воздушной среды производственных помещений при производстве и использовании технического углерода : [Текст] : автореф. ... дис. канд. техн. наук : 05.26.01 / Азаров В. Н. - Ростов-на-Дону, 1997.
5. Азаров, В. Н. Применение экспериментальной методики оценки пылевыведений от технологического оборудования для коксовой пыли [Текст] / В. Н. Азаров, Е. О. Черевиченко // Междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы охраны производственной и окружающей среды». - Волгоград, 2001. – С. 143-145.
6. Азаров, В. Н. Распространение пыли при производстве асфальтобетонных смесей [Текст] / В. Н. Азаров, Е. И. Богуславский, В. Н. Учаев // Строительные материалы. – 2002. – № 8. - С. 18.
7. Азаров, В. Н. Расчет вентиляции нефтехимических производств с технологическими площадками [Текст] / В. Н. Азаров // Областной семинар «Пути совершенствования очистки вентиляционных выбросов предприятий в целях охраны окружающей среды». – Пенза, 1984. – С. 40-41.

8. Азаров, В. Н. Системы пылеулавливания с инерционными аппаратами в производстве строительных материалов [Текст] / В. Н. Азаров, Н. М. Сергина // Строительные материалы. – 2003. - № 8. – С. 14–15.
9. Айрапетова, Л. А. Исследование закономерности распределения концентраций «теплых» паров и газов по высоте помещения [Текст] / Л. А. Айрапетова, Т. А. Халилова // Водоснабжение и санитарная техника. – 1977. - № 8. – С. 28-29.
10. Артамонова В.Г. Профессиональные болезни / В.Г. Артамонова, Н.Н.Шабалов М.: Медицина, 1982. - 416 с.
11. Ахназарова, С. Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии [Текст] : учеб. пособие / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высш. шк., 1985. – 327с. : ил.
12. Балтренас, П. Б. Обеспыливание воздуха на предприятиях стройматериалов [Текст] / П. Б. Балтренас. – Москва : Стройиздат, 1990. – 180 с.
13. Басин, Г. Л. Улучшенная система вентиляции стеллажного капустохранилища [Текст] / Г. Л. Басин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1964. – № 7. – С. 31–33.
14. Батурин, В. В. Основы промышленной вентиляции [Текст] / В. В. Батурин. – Москва : Профиздат, 1990. – 450 с. : ил.
15. Белов, С. В. Оздоровление воздушной среды [Текст] / С. В. Белов, И. В. Переездчиков, А. А. Строков. – Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1987.
16. Берлянд, М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы [Текст] / М. Е. Берлянд. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.
17. Бобровников, Н. А. Охрана воздушной среды от пыли на предприятиях строительной индустрии [Текст] / Н. А. Бобровников. – Москва : Стройиздат, 1981. - 99 с.

18. Богуславский, Е. И. Анализ результатов фракционного состава пыли в воздушной среде производственных помещений предприятий строительной индустрии [Текст] / Е. И. Богуславский, В. Н. Азаров, А. М. Жемчужный // Науч.-практ. сем. «Безопасность, экология, энергосбережение». – Ростов-на-Дону, 2001. – С. 14–17.
19. Богуславский, Е. И. Аппараты со встречными закрученными потоками в производственных помещениях [Текст] / Е. И. Богуславский, С. Л. Пушенко, В. Н. Азаров // Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону : РИЦ Ростов. гос. строит. ун-т, 1997. – С. 49.
20. Богуславский, Е. И. Вероятностно-стохастический подход для расчета эффективности массопереноса в аппаратах обеспыливания при различном направлении движения дисперсного материала [Текст] / Е. И. Богуславский, Х. Д. Газгиреев // Междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы охраны производственной и окружающей среды». Секция II : Проблемы пыле- и газоулавливания. – Волгоград, 1997. – С. 60–63.
21. Богуславский, Е. И. Вероятностно-стохастический подход к проблемам охраны окружающей среды. Кн. 1. Основы подхода [Текст] / Е. И. Богуславский. – Ростов-на-Дону, 1997. – 207 с. : ил.
22. Богуславский, Е. И. Выбор способа прогнозирования общей эффективности пылеулавливающих аппаратов систем пневмотранспорта [Текст] / Е. И. Богуславский, В. А. Харченко // Междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы охраны производственной и окружающей среды». Секция II: Проблемы пыле- и газоулавливания. – Волгоград, 1997. – С. 57–60.
23. Богуславский, Е. И. Жизнеобеспечение в окружающей среде [Текст] : учеб. пособие / Е. И. Богуславский ; Рост.-на-Дону гос. акад. стр.-ва. – Ростов-на-Дону, 1992. – 111 с. : ил.
24. Богуславский, Е. И. Оценка математического описания процессов массопереноса в газоочистных аппаратах [Текст] / Е. И. Богуславский, В. Г. Диденко // Науч.-техн. конф. «Достижения в

- теории и практике теплогазоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха и охраны воздушного бассейна». – Санкт-Петербург, 1997. – С. 39–43.
25. Богуславский, Е. И. Оценка процесса выделения и накопления пыли в производственных помещениях [Текст] / Е. И. Богуславский, В. Н. Азаров // Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону : РИЦ Ростов. гос. строит. ун-т, 1997. – С. 49–50.
 26. Богуславский, Е. И. Повышение надежности прогноза общей эффективности пылеулавливающих аппаратов [Текст] / Е. И. Богуславский, С. Г. Тяглов, В. А. Харченко // Междунар. науч.-техн. конф. «Надежность машин и технологического оборудования». – Ростов-на-Дону : Донск. гос. техн. ун-т, 1994. – С. 218.
 27. Богуславский, Е. И. Прогнозирование пылевой обстановки в производственных помещениях [Текст] / Е. И. Богуславский // Исследования дисперсных систем при решении вопросов охраны окружающей среды. – Караганда : Караганд. ун-т. – С. 82–91.
 28. Богуславский, Е. И. Физико-математическая модель и алгоритм расчета фракционной эффективности работы циклонных аппаратов систем пневмотранспорта [Текст] / Е. И. Богуславский, В. А. Харченко // Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону : РИЦ Ростов. гос. строит. ун-т, 1997. – С. 47.
 29. Богуславский, Е. И. Эффективность массопереноса в центробежном поле пылеулавливающих аппаратов с учетом ударных взаимодействий частиц [Текст] / Е. И. Богуславский // Изв. вузов. Сер.: Стр-во. – 1996. - № 5. – С. 76–80.
 30. Бондарь, А. Г. Планирование эксперимента в химической технологии [Текст] : учеб. пособие / А. Г. Бондарь, Г. А. Статюха. – Киев : Вища школа, 1976. – 184 с. : ил.
 31. Борьба с пылевыведением в шахтах [Текст] / Б. Ф. Кирич, В. П.

- Журавлев, Л. И. Рыжих. – Москва : Недра, 1983. – 213 с.
32. Бретшнайдер, Б. Охрана воздушного бассейна от загрязнений: технология и контроль [Текст] / Б. Бретшнайдер, К. Курфюст ; пер. с англ. Ф. Туболкин. – Ленинград : Химия, 1989. – 288 с.
 33. Вальдберг, А. Ю. Технология пылеулавливания [Текст] / А. Ю. Вальдберг. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985.
 34. Величковский, Б. Т. О физико-химических свойствах кремнезема, обуславливающих развитие силикоза [Текст] / Б. Т. Величковский // Патогенез пневмокониозов. – Свердловск, 1970. – С. 213–218.
 35. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных предприятий [Текст] / М. И. Гримитлин [и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1993. – 288 с.
 36. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей [Текст] / Е. С. Вентцель. – 8-е изд. – Москва : Высш. шк., 2002. – 575 с. : ил.
 37. Водяник, В. И. Взрывозащитное технологическое оборудование [Текст] / В. И. Водяник. – Москва : Химия, 1991. – 262 с.
 38. Вознесенский, В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико – экономических исследованиях [Текст] / В. А. Вознесенский. - Москва : Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
 39. Вредные вещества в промышленности : в 3 т. Т. 3. Неорганические и элементоорганические соединения [Текст] / под ред. Н. В. Лазарева, И. Д. Гадаскиной. – Ленинград, 1977.
 40. Вредные вещества в промышленности : справ. для химиков, инженеров и врачей : в 3 т. Т. III. Неорганические и элементоорганические соединения [Текст] / под ред. засл. деят. науки проф. Н. В. Лазарева, д-ра биол. наук проф. И. Д. Гадаскиной. – Ленинград : Изд-во «Химия», 1977. - 608 с.
 41. Гадаборшева, Т. Б. Совершенствование оценки качества воздушной среды цехов с многоуровневым расположением рабочих зон [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.26.01 : 05.23.03 / Гадаборшева, Т. Б. -

Волгоград, 2012 . - 141, [4] л.

42. ГОСТ 1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [Текст].
43. ГОСТ 12.1.005-1988. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования [Текст].
44. ГОСТ 12.1.005-88* ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. [Текст]. – Введ. 1989-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989.
45. Гримитлин, М. И Распределение воздуха в помещениях [Текст] / М. И Гримитлин. – изд. 3-е, доп. и испр. – Санкт-Петербург : Изд-во «Авок северо-запад», 2004.
46. Гримитлин, М. И. Организация воздухообмена в цехах с пылевыведениями [Текст] / М. И. Гримитлин, Ю. Г. Грачев, С. Н. Знаменский // Тр. ЛДНТП. – Ленинград, 1982. – С. 68–71.
47. Гримитлин, М. И. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха производственных объектов [Текст] / М. И. Гримитлин, Л. В. Павлухин. – Москва : ВЦНИИОТ, 1987. – 59 с.
48. Грушко, А. В., Латышевская Н.И. Состояние воздушной среды на рабочих местах на предприятиях мукомольной промышленности // Материалы международной научно-технической конференции "Проблемы охраны производственной и окружающей среды". - Волгоград, 1997. - с.27.
49. Грушко, А. В. Гигиена труда и оценка риска воздействия производственных факторов на здоровье работников мукомольных предприятий [Текст] : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.07 / Грушко А. В. – Волгоград, 2000.
50. Движков, П. П. Пневмокониозы [Текст] / П. П. Движков. – Москва : Изд-во «Медицина», 1965. - 423 с.
51. Дерюгин, В. В. Метод расчета аэрации в цехах с сосредоточенными источниками теплоты [Текст] / В. В. Дерюгин // Межвузовский сб. тр.

- Ленингр. инж.-строит. ин-та «Исследования в области отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха». – Ленинград, 1988. – С. 6-13.
52. Диденко, В. Г. Локализация и очистка вентиляционных выбросов вихревыми устройствами [Текст] : учеб. пособие / В. Г. Диденко, Е. И. Богуславский, Т. В. Малахова ; Волгоград. гос. арх.-строит. акад. – Волгоград, 1998. – 112 с. : ил.
 53. Дмитриева, Л. С. Планирование эксперимента в вентиляции и кондиционировании воздуха [Текст] / Л. С. Дмитриева, Л. В. Кузьмина, Л. М. Мошкарёв. - Иркутск : Иркут. ун-т, 1984. – 209 с.
 54. Доклад о состоянии окружающей природной среды г. Волгограда в 1998 г. [Текст] / под общ. ред С. В. Косенковой. – Волгоград : Волжск. поли-граф. комб., 1999. – 319 с.
 55. Доклад о состоянии окружающей природной среды г. Волгограда в 1998 г. [Текст] / под общ. ред. С. В. Косенковой. – Волгоград : Волжск. поли-граф. комбинат, 1999. – 319 с.
 56. Ефремов, Г. И. Пылеочистка [Текст] / Г. И. Ефремов. – Москва : Химия, 1990. - 67 с.
 57. Жукова, Т. В. Гигиенические вопросы диагностики индивидуального здоровья [Текст] / Т. В. Жукова // Тр. Ростов. гос. мед. ун-та. – 2000. – С. 58.
 58. Жукова, Т. В. Комплексный индивидуальный показатель уровня здоровья [Текст] / Т. В. Жукова // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности. – Санкт-Петербург : СПбГУ. – 1998. – Т. 3. - С. 96–97.
 59. Зажигаев, Л. С. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента [Текст] / Л. С. Зажигаев, А. А. Кишьян, Ю. И. Романиков. – Москва : Атомиздат, 1978. – 232 с. : ил.
 60. Зазымкин, С. И. Вентиляция цеха выделения и очистки стирола на заводе синтетического каучука [Текст] / С. И. Зазымкин //

Водоснабжение и санитарная техника. – 1973. – № 9. – С. 29–31.

61. Зигуненко, С. Охота за пылью [Текст] / С. Зигуненко // Техника молодежи. – 2002. – № 8. – С. 54.
62. Ильичева, С. И. Охрана окружающей среды в промышленности строительных материалов СССР и за рубежом [Текст] : аналит. справка / С. И. Ильичева, А. А. Василькова. – Москва : ВНИИЭСМ, 1991. – 132 с. : ил.
63. Исследование различных способов воздухообмена в производственных помещениях [Текст] / под ред. М. И. Гримитлина. – Москва : ВЦНИИОТ, 1975. – 108 с.
64. Карапата, А. П. Профессиональные пылевые болезни легких [Текст] / А. П. Карапата, А. М. Шевченко. – Киев, 1980. – 182 с.
65. Карпис, Е. Е. Основные направления совершенствования вентиляции предприятий химической промышленности [Текст] / Е. Е. Карпис, И. Н. Лейкин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1975. – № 7. – С. 2–3.
66. Кауфман, И. А. Повышение надежности и эффективности вентиляционных систем в бетоносмесительных цехах [Текст] / И. А. Кауфман, В. Р. Шуман // Всесоюз. науч. конф. «Очистка вентиляционных выбросов и защита воздушного бассейна от загрязнения». – Ростов-на-Дону, 1977. – С. 233–294.
67. Кафаров, В. В. Системный анализ химической технологии. Процессы измельчения и смешивания сыпучих материалов [Текст] / В. В. Кафаров., И. Н. Дорохов, С. Ю. Арутюнов. – Москва : Наука, 1985. – 440 с.
68. Козлов, Д. Н. Дисперсный состав пыли как критерий патогенности аэрозольного загрязнения воздуха [Текст] / Д. Н. Козлов, А. Н. Кузнецов, И. И. Турковский // Гигиена труда. – 2003. – № 1. – С. 45–47.
69. Кононенко, В. Д. Вентиляция и аспирация оборудования

предприятий, производящих и потребляющих технический углерод [Текст] : обзорн. информ. / В. Д. Кононенко, В. Н. Азаров. – Москва : ЦНИИТЭНефтехим, 1989. – Вып. 4. – 80 с. – (Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность. Серия «Охрана окружающей среды»).

70. Кононенко, В. Д. О методе оценки эффективности реконструируемых систем вытяжной вентиляции и аспирации [Текст] / В. Д. Кононенко, В. Н. Азаров // Областная научно–практическая конференция молодых ученых и специалистов "Совершенствование условий труда и организации производства на предприятиях Волгоградской области". – Волгоград, 1982. – С. 24-27.
71. Кононенко, В. Д. Совершенствование пылеулавливающих аппаратов в промышленности технического углерода [Текст] / В. Д. Кононенко // Москва : ЦНИИТЭНефтехим, 1985. – 78 с.
72. Коптев, Д. В. Обеспыливание на электродных и электроугольных заводах [Текст] / Д. В. Коптев. – Москва : Металлургия, 1980. - 128 с.
73. Коузов, П. А. Методы определения физико–химических свойств промышленных пылей [Текст] / П. А. Коузов, Л. Я. Скрыбина. – Ленинград : Химия, Ленингр. отд–ние, 1983. – 142 с.
74. Коузов, П. А. Методы расчета эффективности пылеуловителей и научно-методические задачи в этой области [Текст] / П. А. Коузов // Всесоюз. науч. конф. «Очистка вентиляционных выбросов и защита воздушного бассейна от загрязнения». – Ростов-на-Дону, 1977. – С. 3–5.
75. Коузов, П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельчённых материалов [Текст] / П. А. Коузов. - 3-е изд., перераб. – Ленинград : Химия, 1987. – 264 с. : ил.
76. Кудрявцев, В. В. Моделирование вентиляционных систем [Текст] / В. В. Кудрявцев. – Москва ; Ленинград : Госстройиздат, 1950. – 192 с.
77. Кутепов, А. М. Вихревые процессы для модификации дисперсных систем [Текст] / А. М. Кутепов, А. С. Латкин. – Москва : Наука, 1999.

- 272 с.

78. Лангава, З. В. Разработка высокоэффективных пылеуловителей со встречными закрученными потоками для очистки от пыли промышленных выбросов [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08 / Лангава З. В. – Ташкент, 1985.
79. Ландау, Л. Д. Гидродинамика [Текст] / Л. Д. Ландау, Е. М. Лившиц. – Москва : Наука, 1986. – 736 с. : ил.
80. Латкин, А. С. Перспективные процессы переработки дисперсного сырья [Текст] / А. С. Латкин. – Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2005. – 126 с.
81. Левин, Г. Т. Повышение взрывобезопасности пылеприготовительных установок [Текст] / Г. Т. Левин // Теплоэнергетика. – 2002. – № 12. – С. 45-48.
82. Ливчак, И. Ф. Опыт вентиляции производственных помещений с загрязненным воздухом [Текст] / И. Ф. Ливчак, А. Г. Петухов, В. В. Быков // Водоснабжение и санитарная техника. – 1975. – № 7. – С. 16–20.
83. Максимов, Г. А. Движение воздуха при работе систем вентиляции и отопления [Текст] / Г. А. Максимов, В. В. Дерюгин. – Ленинград : Стройиздат, 1972. – 97 с.
84. Марчук, Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды [Текст] / Г. И. Марчук. – Москва : Наука, 1982. – 320 с.
85. Медников, Е. П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей [Текст] / Е. П. Медников. – Москва : Наука, 1981. – 176 с.
86. Методика определения концентрации пыли в промышленных выбросах (Эмиссия) [Текст]. – Москва : НИИ ОГАЗ, 1970. – 32 с. : ил.
87. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для асфальтобетонных заводов (расчетным методом) [Текст] : утв. М-вом транспорта РФ 28.10.98. – Москва : М-

во транспорта РФ, 1998. – 30 с.

88. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ (пыли) в атмосферу при складировании и перегрузке сыпучих материалов на предприятиях речного транспорта [Текст] : утв. М-вом охраны окружающ. природн. среды и природн. ресурсов РФ 13.01.93, Департаментом речн. транспорта Минтранса РФ 06.01.93. – Москва : ЦБНТИ речн. транспорта, 1993. – 37 с.
89. Механика многофазных сред [Текст] / А. Н. Крайко [и др.] // Итоги науки. Гидромеханика. – Москва : ВИНТИ. – 1972. – Т. 6. – С. 93–176.
90. Минко, В. А. Комплексное обеспыливание производственных помещений при транспортировке и механической переработке сыпучего минерального сырья [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.26.02 / Минко В. А. - Москва, 1989. - 32 с.
91. Молчанов, Б. С. Проектирование промышленной вентиляции [Текст] / Б. С. Молчанов. – Ленинград. 1970. - 174 с.
92. Налимов, В. В. Логические основания планирования эксперимента [Текст] / В. В. Налимов, Т. И. Голикова. - Москва : Металлургия, 1976. – 150 с.
93. Налимов, В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов [Текст] / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – Москва : Наука, 1965. – 338 с.
94. Нигматулин, Р. И. Динамика многофазных сред [Текст] : в 2 ч. / Р. И. Нигматулин. – Москва : Наука, 1987. – Ч. 1. – 464 с.
95. Нигматулин, Р. И. Основы механики гетерогенных систем [Текст] / Р. И. Нигматулин. – Москва : Наука, 1978. – 336 с.
96. Никитин, В. С. Расчет концентраций вредных примесей на промышленных площадках от линейных источников [Текст] / В. С. Никитин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1975. – № 7. – С. 10–13.

97. О достоверности результатов исследований тепловоздушного и пылегазового балансов промышленных зданий [Текст] / П. Ф. Аликин [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 1975. – № 7. – С. 20–22.
98. Об усовершенствовании методов расчета загрязнения атмосферы [Текст] / М. Е. Берлянд [и др.] // Тр. Гл. геофизич. обсерватории им. А. И. Воейкова. – Москва, 1987. – Вып. 51. – С. 3–23.
99. Обеспыливание в литейных цехах машиностроительных предприятий [Текст] / В. А. Минко [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1987. – 224 с.
100. Основы электрогазодинамики дисперсных систем [Текст] / И. П. Верещагин [и др.]. – Москва : Энергия, 1974. – 480 с.
101. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст] : учеб. пособие / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – Ленинград : Химия, 1964. – 576 с.
102. Павлухин, Л. В. Зоны условий производственного микроклимата в теплый период года и их практическое использование в инженерных расчетах [Текст] / Л. В. Павлухин, В. Н. Тетереvников // Водоснабжение и санитарная техника. – 1978. – № 6. – С. 21–25.
103. Пат. РФ № 128657. Испытательная модель промышленного цеха [Текст] / Азаров В. Н. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ООО "Проектно-технологическое бюро Волгоградгражданстрой". - № 2012121649/03 ; заявл. 25.05.12 ; опубл. 27.05.13.
104. Пат. РФ № 144460. Система аспирации [Текст] / Сергина Н. М. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ООО "Проектно-технологическое бюро Волгоградгражданстрой". –№ 2013106749/05 ; заявл.. 18.02.13 ; опубл. 17.07.14, Бюл. № 23.
105. Пат. РФ № 2416651. Установка для улавливания и очистки газовых выбросов от технологического оборудования [Текст] / Теличенко В. И. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ООО "Проектно-технологическое бюро проектно-строительного объединения

Волгоградгражданстрой". - № 2009132227/02 ; заявл. 26.08.09 ; опубл. 20.04.11, Бюл. № 11.

106. Перепелица, Е. Г. Коэффициент "m" для помещений с тепловлаговыведениями людей при различных схемах подачи и удаления воздуха [Текст] / Е. Г. Перепелица // Водоснабжение и санитарная техника. – 1964. – № 11. – С. 23–24.
107. Планирование эксперимента [Текст] / Ю. П. Адлер [и др.] ; отв.ред. Г. К. Круг ; Моск. Энергетический ин-т. – Москва : Наука, 1966. – 423 с. : ил.
108. Платов, В. Д. Исследование сухого пылеуловителя с прямоточным пылеконцентратором [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Платов В. Д. – Киев, 1980. – 195 с.
109. Повышение эффективности обеспыливания и газоочистки на предприятиях промышленности строительных материалов [Текст] : тр. / Науч.-исслед. и проект. ин-т по газоочистным сооружениям, технике безопасности и охране труда в пром-ти строит. Материалов ; [редкол.: В. В. Дуров (отв. ред.) и др.]. – Новороссийск : НИПИОТстром, 1987. - 158, [1] с. : ил. ; 20 см.
110. Поздняков, Г. А. Борьба с пылью, профилактика пневмокониозов и контроль запыленности воздуха в угольных шахтах [Текст] / Г. А. Поздняков, С. Б. Романченко, Ф. И. Иванов // Безопасность жизнедеятельности. – 2002. – № 11. - С. 36-38.
111. Позин, Г. М. Принципы аналитического определения коэффициента эффективности воздухообмена. Исследование различных способов воздухообмена в производственных помещениях [Текст] / Г. М. Позин // Москва : ВЦНИИОТ, 1975. – С. 43–53.
112. Позин, Г. М. Принципы разработки приближенной математической модели тепловоздушных процессов в вентилируемых помещениях [Текст] / Г. М. Позин // Изв. вузов. Сер.: Стр-во и архитектура. - 1980.- № 11. - С. 122-127.
113. Позин, Г. М. Совершенствование организации воздухообмена в

- машинных залах компрессорных станций магистрального газопровода [Текст] / Г. М. Позин, С. В. Дубенков. – Изв. вузов. Стр-во. - 1996. - № 5. - С. 72-75.
114. Полосин, И. И. Влияние расположения междуэтажных проемов на эффективность вентиляции химических цехов [Текст] / И. И. Полосин // Изв. вузов. Сер.: Стр-во и архитектура". – 1971. – № 12.
115. Полосин, И. И. Воздухообмен в химических цехах [Текст] / И. И. Полосин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1975. – N 3. – С. 15–17.
116. Полосин, И. И. Натурные исследования распределения вредностей в химических цехах с проемами в междуэтажных перекрытиях [Текст] / И. И. Полосин // Изв. вузов. Сер.: Стр-во и архитектура. – 1971. – № 1. - С. 96-103.
117. Поцелуев, А. П. Исследование оседания пыли в горной выработке [Текст] / А. П. Поцелуев, В. И. Усков, А. З. Нигматулин // Борьба с силикозом. – Москва : Наука, 1986. – Т. XII. – С. 156–164.
118. Примак, А. В. Защита окружающей среды на предприятиях стройиндустрии [Текст] / А. В. Примак, П. Б. Балтренас. – Киев : Будивельник, 1991. - 152 с.
119. Проветривание промышленных площадок и прилегающих к ним территорий [Текст] / В. С. Никитин [и др.]. – Москва, 1980. – 120 с.
120. Прогрессивные методы пылеулавливания [Текст] / УкрНИИНТИ ; сост. В. М. Товстохатко. – Киев, 1982. – 41 с. : ил.
121. Производственные здания : СНиП 31-03-2001 [Текст] : утв. Госстроем России 19.03.01: ввод в действие с 01.01.02.
122. Прудников, А. П. Интегралы и ряды. Дополнительные главы [Текст] / А. П. Прудников Ю. А. Брычков, О. И. Маричев. – Москва : Наука, 1986. – 800 с.
123. Разумов, И. М. Пневмо – и гидротранспорт в химической промышленности [Текст] / И. М. Разумов. – Москва : Химия, 1979. -

248 с.

124. Рекомендации по приведению санитарно-гигиенических условий труда предприятий стройиндустрии в соответствие с требованиями ССБТ [Текст] / Е. И. Богуславский [и др.]. – Москва : Госагропром РСФСР. - 1987. – Кн. 2. - 97 с. : ил.
125. Рекомендации по приведению технологического оборудования предприятий стройиндустрии в соответствие с требованиями ССБТ [Текст] / Е. И. Богуславский [и др.] - Москва : Госагропром РСФСР, 1987. - Кн. 2. – 97 с.
126. Ретиев, В. М. Основные вопросы гигиены труда при изготовлении бетонов, искусственных пористых заполнителей бетонов и некоторых строительных изделия на их основе [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Ретиев В. М. - Ленинград, 1965.
127. Руководство Р2.2.755-99 Гигиена труда. Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса [Текст] : утв. Гл. гос. врачом РФ 23.04.1999. - Москва, 1999. – 48 с.
128. Рымкевич, А. А. Комплексный подход к оценке методов воздухораспределения. Организация воздухообмена в производственных помещениях [Текст] / А. А. Рымкевич, М. И. Гримитлин. - Ленинград : ЛДНТП, 1978. – С. 13–17.
129. Рымкевич, А. А. Системный анализ оптимизации общеобменной вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] / А. А. Рымкевич. – Москва : Стройиздат, 1991. – 299 с.
130. Сборник законодательных, нормативных и методических документов для экспертизы природоохранных мероприятий [Текст] / Госкомгидромет ; сост.: Р. Н. Кузнецов [и др.]. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1986. – 317 с.
131. Светлицкий, В. А. Статистическая механика и теория надежности [Текст] / В. А. Светлицкий. – Москва : Изд-во МГТУ им. И. Э.

Баумана, 2002. – 504 с.

132. Селиванов, Г. Г. Прогнозирование дисперсного состава пыли в аспиринуемом воздухе перегрузочных узлов сыпучих материалов [Текст] / Г. Г. Селиванов, А. А. Панков, Н. Г. Абрамкин // Всесоюз. науч. конф. “Очистка вентиляционных выбросов и защита воздушного бассейна от загрязнения”. – Ростов-на-Дону, 1977. – С. 212–213.
133. Старк, С. Б. Газоочистные аппарата и установки в металлургическом производстве [Текст] / С. Б. Старк. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва : Металлургия, 1990. – 396 с. : ил.
134. Страус, В. Промышленная очистка газов [Текст] / В. Страус. – Москва, 1981. – 616 с.
135. Страхова, Н. А. Выбор инженерных решений по защите воздуха производственных помещений и приземного слоя атмосферы [Текст] / Н. А. Страхова. – Ростов-на-Дону : Ростов. гос. строит. ун-т, 1997. – 131 с.
136. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей [Текст] : справ. пособие / под ред. В. В. Налимова. – Москва : Металлургия, 1982, – 750 с.
137. Талиев, В. Н. Движение воздуха в ограниченном пространстве [Текст] / В. Н. Талиев // Водоснабжение и санитарная техника. – 1966. – № 5. – С. 19–22.
138. Тертычный-Даури, В. Ю. Стохастическая механика [Текст] / В. Ю. Тертычный-Даури. – Москва : Изд-во «Факториал-Пресс», 2001. – 464 с.
139. Тихонов, В. И. Марковские процессы [Текст] / В. И. Тихонов, М. А. Миронов. – Москва : Сов. радио, 1977. – 488 с.
140. Уорк, К. Загрязнение воздуха. Источники и контроль [Текст] : пер. с англ. / К. Уорк, С. Уорнер. – Москва : Мир, 1980. – 539 с.
141. Финни, Д. Введение в теорию планирования эксперимента [Текст] :

- пер. с англ. / Д. Финни ; под ред. Ю. В. Линника. – Москва : Наука, 1970. – 287. – с. : ил.
142. Фукс, Н. А. Механика аэрозолей [Текст] / Н. А. Фукс. – Москва : Изд-во АН СССР, 1955. – 351 с.
 143. Хартман, К. Планирование экспериментов в исследовании технологических процессов [Текст] / К. Хартман [и др.]. – Москва : Мир, 1977. – 552 с.
 144. Чернин, А. Б. К вопросу образования температурных зон в горячих цехах [Текст] / А. Б. Чернин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1963. – № 10. – С. 10–12.
 145. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента [Текст] / Х. Шенк. – Москва : Мир, 1972. – 381 с.
 146. Шепелев, И. А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении [Текст] / И. А. Шепелев. – Москва : Стройиздат, 1978. – 145 с.
 147. Шургальский, Э. Ф. Исследование и методика расчета аппаратов со встречными закрученными потоками [Текст] / Э. Ф. Шургальский, В. Л. Коленков, Н. Х. Еникеев // Всесоюз. науч.-техн. семинар «Унификация и перспективы разработки и освоения сухих пылеуловителей-циклонов». – Москва, 1986.
 148. Шургальский, Э. Ф. О сепарации частиц в вихревых пылеулавливающих аппаратах [Текст] / Э. Ф. Шургальский., Н. Х. Еникеев // Процессы и аппараты для микробиологических производств «Биотехника – 86». – Грозный, 1986.
 149. Allen T. Particle Size Measurement [Text] / T. Allen. – London, 2001. – 454 p.
 150. Mermann H., Fragen zur Luftung und Klimatisierung in Industriebetrieben [Text] / H. Mermann // Wärme-Technik. – 1962 – N 10.

151. National Fire Protection Association (NFPA) [Text] / Standard Nos. 68, 69, 91, 654/
152. Room air distribution [Text] // Air condition, Heat and Ventil. – 1960. – Vol. 57, N 11. – P. 69–85.
153. Soo, S. L. Fluid Dynamics of Multi-Phase Systems [Text] / S. L. Soo // A.J.ch. E Conference, Dallas, Texas, 1967. – P. 35.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А Акты внедрения и справки



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ПРОМСТРОЙКОНСТРУКЦИЯ»



✉ г. Волгоград 400080, ул. 40 лет ВЛКСМ 76 ☎ 49-37-62 ☎ ф 40-27-17, 40-27-27
р/счет №40702810210300000023 кор/счет №30101810300000000999 Филиал ОАО
Банк ВТБ в г.Ростове-на-Дону, БИК 046015999 ИНН 3448009820 КПП 344801001
ОКПО 22362962 ОКВЭД 26.61

<http://WWW.PSK-GBK.RU>

[e-mail: PSK-FEO@MAIL.RU](mailto:PSK-FEO@MAIL.RU)

Сертифицировано
Русским Регистром

АКТ

о внедрении результатов исследований

Комиссия в составе:

Председатель комиссии: Гуцин К.Н. – Главный инженер

Члены комиссии: Июнина Л.Я. – Главный технолог;

Тюменева Е.В. – Инженер по охране окружающей среды

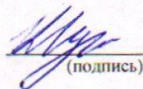
составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Старцевой Юлии Владимировны на тему «Исследование пылевого фактора вредного воздействия на работников в бетоносмесительном отделении производств железобетонных изделий» использованы ОАО «Промстройконструкция» в бетоносмесительном отделении:

1. при реконструкции системы подачи сыпучих материалов в бетоносмесительном отделении использованы рекомендации по снижению запыленности воздуха рабочей зоны в бетоносмесительном отделении;
2. при разработке проекта ПДВ для бетоносмесительного отделения использованы рекомендации по расчету концентрации мелкодисперсной пыли (в том числе PM_{10} и $PM_{2,5}$) в бетоносмесительном отделении.

Председатель комиссии:

Главный инженер

(должность)


(подпись)

Гуцин К.Н.

(Фамилия И.О.)

Члены комиссии:

Главный технолог

(должность)

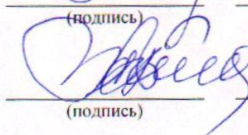

(подпись)

Июнина Л.Я.

(Фамилия И.О.)

Инженер по охране окружающей среды

(должность)


(подпись)

Тюменева Е.В.

(Фамилия И.О.)



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ПРОМСТРОЙКОНСТРУКЦИЯ»



✉ г. Волгоград 400080, ул. 40 лет ВЛКСМ 76 ☎ 49-37-62 ☎ ф 40-27-17, 40-27-27
р/счет №40702810210300000023 кор/счет №30101810300000000999 Филиал ОАО
Банк ВТБ в г. Ростове-на-Дону, БИК 046015999 ИНН 3448009820 КПП 344801001
ОКПО 22362962 ОКВЭД 26.61

<http://WWW.PSK-GBK.RU>

e-mail: PSK-FEO@MAIL.RU

Сертифицировано
Русским Регистром

Акт передачи

Настоящий акт составлен в том, что Разработчик, в лице Ю.В. Старцевой, Н.М. Сергиной, Ю.А. Старцева передали, а Пользователь, в лице ООО «Промстройконструкция», принял следующие материалы:

- результаты исследования оборудования бетоносмесительного отделения как источника пылевыведений;
- результаты теоретического и экспериментального исследования запыленности (в том числе мелкодисперсной пылью PM_{10} и $PM_{2,5}$) во всех рабочих зонах бетоносмесительного отделения;
- рекомендации по снижению запыленности воздуха рабочей зоны в бетоносмесительном отделении.

Генеральный директор



Торопков П.М.



ООО «Ассоциация Экотехмониторинг»

Юридический адрес: 400 087, г. Волгоград, ул. Новороссийская, 10
 р/с 40702810311280100177 Волгоградское ОСБ №8621 г.Волгоград
 БИК 041806647 к/с 30101810100000000647

ОГРН 1023403452731
 ИНН 3444057420
 КПП 344401001
 тел./факс: (8442) 37-97-01, 37-82-15
 Email: ecomonitoring@list.ru

Акт передачи

Настоящий акт составлен в том, что Разработчик, в лице аспиранта Ю.В. Старцевой, передал, а ООО «Ассоциация Экотехмониторинг» (Пользователь), в лице Генерального директора А.С. Лукьянкова, принял «Рекомендации по расчету концентрации мелкодисперсной пыли (в том числе PM_{10} и $PM_{2,5}$) в бетоносмесительном отделении» для использования при расчетах концентраций пыли в производственных помещениях с многоярусными технологическими площадками.

Разработчик

Старцева Ю.В.

Пользователь



Генеральный директор

ООО «Ассоциация Экотехмониторинг»

Лукьянков А.С.

Приложение Б Патенты

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2416651

УСТАНОВКА ДЛЯ УЛАВЛИВАНИЯ И ОЧИСТКИ
ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ

Патентообладатель(ли): *Общество с ограниченной
ответственностью "Проектно-технологическое бюро
проектно-строительного объединения
Волгоградгражданстрой" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2009132227

Приоритет изобретения 26 августа 2009 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации 20 апреля 2011 г.

Срок действия патента истекает 26 августа 2029 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам



Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 416 651** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК
C21C 5/38 (2006.01)
F27B 3/10 (2006.01)
F27D 17/00 (2006.01)

(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21)(22) Заявка: 2009132227/02, 26.08.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.08.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.08.2009

(45) Опубликовано: 20.04.2011 Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2282667 C1, 27.08.2006. RU 96117662 A,
20.11.1998. SU 1691398 A1, 15.11.1991. US
4253644 A, 03.03.1981. US 4294432 A,
13.10.1981.

Адрес для переписки:

400131, г.Волгоград, ул. Донецкая, 16, оф.531,
ООО "ПТБ ПСО Волгоградгражданстрой"

(72) Автор(ы):

Теличенко Валерий Иванович (RU),
Коротков Евгений Александрович (RU),
Грачев Владимир Александрович (RU),
Азаров Валерий Николаевич (RU),
Гутенев Владимир Владимирович (RU),
Сергина Наталия Михайловна (RU),
Ажгиревич Артем Иванович (RU),
Кораблина Юлия Владимировна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной
ответственностью "Проектно-
технологическое бюро проектно-
строительного объединения
Волгоградгражданстрой" (RU)

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ УЛАВЛИВАНИЯ И ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**(57) Формула изобретения**

Установка для улавливания и очистки газовых выбросов, содержащая расположенный над технологическим оборудованием зонт с канатным приводом, сообщенный с закрепленным на подкрановой балке газоходом, рукавный фильтр и вентилятор, отличающаяся тем, что зонт выполнен поворотным и установлен на роликах на горизонтально расположенном переходном участке, выполненном в виде отрезка трубы, имеющей по крайней мере один продольный паз, один конец которой заглушен, а другой соединен с газоходом, причем диаметр переходного участка больше диаметра газохода, при этом центр тяжести зонта смещен от оси переходного участка в сторону, противоположную стороне, на которой размещен канатный привод, один конец каната которого жестко закреплен на зонте, а рукавный фильтр содержит корпус с входным и выходным патрубками, разделенный на камеры загрязненного и очищенного газа, пылевой бункер и фильтровальные рукава, верхние открытые концы которых неподвижно закреплены в корпусе и сообщены с камерой очищенного газа, а нижние закрытые концы прикреплены к металлической перфорированной пластине, установленной подвижно на пружинах в нижней части камеры загрязненного газа, причем пластина соединена с размещенной снаружи корпуса площадкой, на которой расположен вибратор, по оси фильтровальных рукавов размещены электромагнитные катушки, а в камерах загрязненного и

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 128657

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕХА

Патентообладатель(ли): *Общество с ограниченной ответственностью "Проектно-технологическое бюро Волгоградгражданстрой" (RU)*

Автор(ы): *с.м. на обороте*

Заявка № 2012121649

Приоритет полезной модели **25 мая 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **27 мая 2013 г.**

Срок действия патента истекает **25 мая 2022 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

128 657 (13) U1

(51) МПК

E21F 1/02 (2006.01)

E04H 5/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012121649/03, 25.05.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.05.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.05.2012

(45) Опубликовано: 27.05.2013 Бюл. № 15

Адрес для переписки:

400131, Волгоградская обл., г.Волгоград, ул.
Донецкая, 16, оф.511, ООО "ПТБ
Волгоградгражданстрой"

(72) Автор(ы):

Азаров Виктор Николаевич (RU),
Гадаборшева Тамара Бимбулатовна (RU),
Набокова Наталья Анатольевна (RU),
Азаров Артем Викторович (RU),
Старцева Юлия Владимировна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной
ответственностью "Проектно-
технологическое бюро
Волгоградгражданстрой" (RU)

(54) ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕХА

(57) Формула полезной модели

Испытательная модель промышленного цеха, содержащая замкнутый объемный корпус, в котором, по крайней мере, одна стена выполнена из прозрачного материала, например из органического стекла, источник электрического тока, источник тепла и систему вентиляции, отличающаяся тем, что в качестве источников тепла использованы два тепловентилятора, которые подключены к источнику электрического тока и расположены в корпусе один на полу, а другой на одной из полок, которые имеют возможность установки на боковых стенках внутри корпуса на различных уровнях, к тепловентиляторам прикреплены источники пыли, внутри корпуса на полу и потолке установлены две ультрафиолетовые лампы, которые подключены к источнику электрического тока, к которому подключена воздуходувка системы вентиляции, приточные воздуховоды которой введены внутрь корпуса, выполнены перфорированными и с шиберами на концах и имеют возможность установки на боковых стенках корпуса на различных уровнях, в потолке корпуса установлены две вытяжки для удаления использованного излишнего воздуха.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 144460

СИСТЕМА АСПИРАЦИИ

Патентообладатель(ли): **Общество с ограниченной ответственностью "Проектно-технологическое бюро Волгоградгражданстрой" (RU)**

Автор(ы): **см. на обороте**

Заявка № **2013106749**

Приоритет полезной модели **18 февраля 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **17 июля 2014 г.**

Срок действия патента истекает **18 февраля 2023 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) RU (11)

144 460 (13) U1

(51) МПК

B01D 50/00 (2006.01)

B04C 9/00 (2006.01)

B08B 15/00 (2006.01)

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013106749/05, 18.02.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.02.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.02.2013

(45) Опубликовано: 20.08.2014 Бюл. № 23

Адрес для переписки:

400074, г.Волгоград, ул. Баррикадная, 1. ООО
"ПТБ Волгоградгражданстрой"

(72) Автор(ы):

Сергина Наталья Михайловна (RU),
Семенова Елена Анатольевна (RU),
Старцева Юлия Владимировна (RU),
Азаров Денис Валерьевич (RU),
Азаров Артем Викторович (RU),
Шибakov Владимир Аркадьевич (RU),
Пономарева Наталья Сергеевна (RU),
Боровков Дмитрий Павлович (RU),
Шульга Сергей Владимирович (RU),
Николенко Максим Александрович (RU),
Лаврентьева Любовь Михайловна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
"Проектно-технологическое бюро
Волгоградгражданстрой" (RU)

(54) СИСТЕМА АСПИРАЦИИ

(57) Формула полезной модели

Система аспирации, содержащая местный аспирационный отсос от технологического оборудования, пылеулавливающее устройство в виде двух - первого и второго инерционных вихревых пылеуловителей, вентилятор и тканевый фильтр,

Отличающаяся тем, что она дополнительно содержит первый и второй раскручиватели потока, установленные на верхних выходах пылеуловителей, разделитель-концентратор, вход которого через вентилятор подключен к выходу второго раскручивателя потока, и его выход через дополнительные регулировочные заслонки подключен соответственно к верхнему входу первого вихревого инерционного пылеуловителя и к нижним вводам первого и второго пылеуловителей, при этом выход первого раскручивателя потока подключен к верхнему вводу второго пылеуловителя, выход вентилятора подключен через тканевый фильтр и дополнительную регулировочную заслонку к воздуховоду для выхода очищенного воздуха в атмосферу.