

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Волгоградский государственный технический университет

На правах рукописи



Барикаева Нелли Сергеевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
ГОРОДОВ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛЬЮ**

05.23.19 Экологическая безопасность строительства
и городского хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Азаров Валерий Николаевич

Волгоград – 2017

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ГОРОДСКОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ.....	10
1.1. Пыль как один из основных видов вредных загрязняющих ве- ществ в воздухе городской среды. Источники пылевого загрязне- ния.....	10
1.2. Нормирование качества атмосферного воздуха городов по пыли...	20
1.3. Анализ существующей системы мониторинга качества атмосфер- ного воздуха городских территорий на примере г. Волгограда...	24
1.4. Выбор направления исследования.....	28
1.5 Выводы по главе 1.....	31
ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ГОРОДОВ	33
2.1. Исследование влияния промышленно-транспортного комплекса Волгограда на уровень запыленности городской среды.....	33
2.2. Анализ факторов, влияющих на концентрацию мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды и характер их влияния.....	37
2.3. Анализ существующих методов исследования содержания мелко- дисперсной пыли в воздушной среде.....	45
2.4. Методика, использованная для определения дисперсного состава пыли в воздухе городской среды.....	51
2.5. Сравнение методов определения дисперсного состава пыли.....	55
2.6 Выводы по главе 2.....	57
ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ....	59
3.1 Дисперсный анализ как случайная функция.....	59
3.2 Оценка среднего уровня превышений нормативов при монито- ринге пылевого загрязнения городской среды.....	61

3.3	Выбор расчетной модели для аппроксимационного представления интегральной функции распределения массы частиц по диаметрам пыли, отобранной в воздушной среде городов.....	66
3.3.1.	Метод аппроксимации с использованием двухзвенного сплайна.....	66
3.3.2.	Метод аппроксимации с использованием трехзвенного сплайна.....	71
3.4	Выводы по главе 3.....	74
ГЛАВА 4. ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ Г. ВОЛГОГРАДА)		75
4.1.	Методика и условия проведения опытных исследований.....	75
4.2.	Результаты натурных исследований содержания мелкодисперсной пыли.....	80
4.3	Анализ полученных результатов.....	86
4.3.1	Анализ результатов исследования общей запыленности.....	86
4.3.2	Анализ результатов исследования запыленности PM_{10} в воздухе городской среды	88
4.3.3	Анализ результатов исследования запыленности $PM_{2,5}$ в воздухе городской среды.....	89
4.3.4.	Анализ результатов исследования содержания мелкодисперсной пыли в течение суток воздухе городской среды.....	90
4.4	Пример расчета среднего уровня превышений нормативов при мониторинге пылевого загрязнения городской среды.....	92
4.5.	Исследование аэродинамических характеристик пыли.....	108
4.6.	Особенности рассеивания мелкодисперсной пыли вблизи автомобильных дорог	113
4.7	Выводы по главе 4.....	116
ГЛАВА 5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....		118
5.1.	Методика оценки содержания мелкодисперсной пыли вблизи ав-	

томобильных дорог с интенсивным движением транспорта.....	118
5.2. Предложения по совершенствованию мониторинга.....	120
5.3. Выбор мероприятий направленных на снижение содержания мелкодисперсной пыли в атмосферном воздухе городов.....	124
5.4 Выводы по главе 5.....	128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	130
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	132
ПРИЛОЖЕНИЕ А. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ПО 8 РАЙОНАМ Г. ВОЛГОГРАДА.....	148
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН....	152
ПРИЛОЖЕНИЕ В. СОПРОВОДИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ.....	156

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Дорожно-транспортная составляющая крупных промышленных центров вносит существенный вклад в общий выброс вредных веществ в атмосферу. Дороги являются линейными источниками выбросов загрязняющих веществ. Основными источниками загрязнения, наряду с отработавшими газами и не полностью сгоревшим топливом, являются антигололедная смесь, присутствующая на поверхности дороги в зимний период, а также продукты истирания органических вяжущих материалов, входящих в состав дорожной одежды и автомобильных шин. По ряду оценок выбросы от автомобильного транспорта в атмосферу городов составляют до 70%.

В настоящее время пыль становится одним из приоритетных загрязнителей, который необходимо учитывать при организации мониторинга окружающего воздуха. Атмосферный мониторинг пылевого загрязнения воздушной среды, являясь сложной современной задачей, позволяет определить фактические данные о качестве воздуха, концентрацию пыли и тенденции ее изменения, оценки степени вреда наносимого здоровью людей.

Для гигиенической оценки вредности пыли большое значение имеет определение размера ее частиц. Особое внимание следует уделить содержанию частиц малых размеров (менее 10 мкм). Такого рода пыль характерна для крупных городов, и ее образование происходит в результате работы промышленных предприятий (пылящие производства), строительства, выбросов автотранспорта. Поэтому, одним из приоритетных направлений на сегодняшний день должен стать учет загрязнения воздуха городской среды мелкодисперсными твердыми частицами. При этом важен комплексный подход к определению концентрации и дисперсного состава пыли в воздухе городской среды для чего необходимо определение мест забора воздуха, с учетом высо-

кой интенсивности автотранспорта; разработка способов определения уровня содержания мелкодисперсной пыли, а также методики возможного прогнозирования уровня запыленности в зависимости от различных факторов.

Степень разработанности темы исследования. Исследованию запыленности воздушной среды и оценке воздействия транспорта на экологическую безопасность посвящены работы: Ильичева В.А., Азарова В.Н., Сидоренко В.Ф., Ложкина В. Н., Ложкиной О.В., Колчунова В.И., Бакаевой Н.В., Чистякова С.Б. Луканина В.Н., Буслаева А. П., Трофименко Ю.В., Бондаренко Е.В., Корчагина В.А., Кузнецова Е.С., Ф. Хейта и многих других.

В настоящей диссертационной работе обобщены и проанализированы результаты предыдущих исследований в области экологической безопасности. Большинство из них при изучении запыленности воздуха городской среды вблизи автомобильных дорог рассматривают концентрацию взвешенных веществ без учета фракционного состава пыли.

Цель исследования: повышение надежности мониторинга пылевого загрязнения воздуха городской среды, в том числе и мониторинга загрязнения мелкодисперсной пылью.

Задачи исследования:

1. Провести анализ современного состояния системы экологического мониторинга атмосферного воздуха в городской среде и выявить основные проблемы запыленности урбанизированных территорий;
2. Усовершенствовать методику определения дисперсного состава пыли для проведения исследований в воздухе жилой зоны с учетом особенностей движения транспорта;
3. Провести опытные исследования загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной пылью и определить факторы, влияющие на концентрацию мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог.
4. Разработать математические модели для оценки и описания концентрации и дисперсного состава пыли в воздухе городской среды.

5. Для оценки содержания взвешенных частиц, PM_{10} и $PM_{2,5}$ на основании теоретических методов определить вероятность превышения гигиенических нормативов.

6. Разработать систему мониторинга загрязнения воздуха городской среды мелкодисперсной пылью.

Научная новизна:

1. Проведены и проанализированы натурные исследования содержания мелкодисперсной пыли PM_{10} и $PM_{2,5}$ в воздушной среде придорожных территорий г. Волгограда.

2. На основе теории стационарных случайных функций получена расчетная модель для нахождения среднего числа и длительности превышений концентрации пыли гигиенических нормативов, $ПДК_c$ и $ПДК_{PM_{10}}$.

3. Разработаны регрессионные математические модели зависимости уровня содержания мелкодисперсной пыли от климатологических факторов и факторов режима движения транспортных потоков;

4. Показано, что для описания дисперсного состава пыли в воздушной среде городов для зон, где основным загрязнителем является автомобильный транспорт, оптимальной аппроксимацией интегральной функции распределения массы частиц по диаметрам является трехзвенный сплайн.

Теоретическая и практическая значимость работы заключаются:

— в том, что возможно использовать для теоретического расчета вероятности превышения нормативных значений концентрации взвешенных веществ, PM_{10} и $PM_{2,5}$ теорию стационарных случайных функций;

— в адаптации формулы Райса для расчета среднего числа превышений концентрации пыли гигиенических нормативов, $ПДК_c$ и $ПДК_{PM_{10}}$ на основе результатов экспериментального исследования опытных параметров;

— в возможности контроля и оценки содержания мелкодисперсной пыли PM_{10} и $PM_{2,5}$ и определении вероятности превышения гигиенических нормативов концентраций пыли различных диаметров на основе метода

микроскопического анализа.

Методология и методы диссертационного исследования включали: аналитическое обобщение известных научных и технических результатов, натурные, теоретические и лабораторные исследования, математическую обработку экспериментальных данных методами математической статистики и анализа.

На защиту выносятся следующие основные научные положения:

- результаты исследований загрязнения воздуха городов мелкодисперсной пылью в жилой зоне, при воздействии выбросов автомобильного транспорта;
- теоретические и экспериментальные исследования дисперсного состава пыли, содержания PM_{10} и $PM_{2,5}$;
- экспериментальные зависимости, характеризующие изменения концентрации мелкодисперсной пыли в зависимости от метеорологических параметров и режимов движения транспортного потока;
- теоретическая и экспериментальная оценка превышений гигиенических нормативов фракционной концентрации пыли на основе формулы Райса;
- методика контроля и оценки дисперсного состава и концентрации пылевых частиц (PM_{10} и $PM_{2,5}$) в воздухе жилых зон, для мониторинга соответствия гигиеническим нормативам ГН 2.1.6.2604-10
- система подбора защитных мероприятий по снижению негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

Достоверность научных положений диссертационной работы обоснована использованием классических положений теоретического анализа, а также сопоставлением результатов экспериментальных исследований в лабораторных и натурных условиях с результатами теоретических обобщений и данными ранее проведенных исследований.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались и получили одобрение на Международной научно-

практической конференции «Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья» (г. Волгоград, 2010 г.), на Международной научно-практической интернет-конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития» (г. Одесса, 2011 г.), Всероссийском конкурсе экологических проектов молодых ученых и специалистов «Экологическая безопасность и природопользование: наука, инновации, управление» (г. Москва, 2012 г.), II Международных Академических чтениях РААСН «Биосферно-совместимые технологии в развитии регионов» (г. Курск, 2013 г.), Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях», на V международной научно-практической конференции «Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона» (г. Саратов, 2017), XIII международной заочной научно-технической конференции «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств» (г. Пенза, 2017), ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (Волгоград, 2010-2015).

Публикации. Основные результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 21 работе, в том числе 9 статьях, опубликованных в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, 1 патенте РФ на полезную модель, 1 статье, опубликованной в журнале, цитируемом в базе Web of Science.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ГОРОДСКОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

1.1 Пыль как один из основных видов вредных загрязняющих веществ в воздухе городской среды. Источники пылевого загрязнения

Воздух, которым дышат люди, составляет основу жизнедеятельности человека. Загрязнение атмосферного воздуха является результатом выбросов из различных источников загрязняющих веществ. Следует отметить, что из воздуха загрязняющие вещества попадают в воду, почву, через продукты питания - в организм человека.

В соответствии с концепцией защиты атмосферы, принятой в ряде стран, загрязнением атмосферы считается прямое или косвенное введение в нее любого вещества в количестве, которое воздействует на качество и состав наружного воздуха, нанося вред людям и природной среде [128].

В настоящее время одним из наиболее приоритетных загрязнителей является пыль. Пыль представляет собой мельчайшие твердые частицы, поднимающиеся ветром с земли, находящиеся в воздухе под воздействием воздушных течений и оседающие на поверхность земли под влиянием земного притяжения или вместе с осадками.

Взвесь твердых и жидких частиц в воздухе представляет собой дисперсную систему с газовой дисперсионной средой, жидкой или твердой дисперсной фазой – аэрозоли [91]. Атмосфере населенных пунктов присущи аэрозоли: антропогенного происхождения, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека (сжигания различных видов топлива, выбросы промышленных предприятий, автотранспорта, распыление пестицидов); природного происхождения вследствие выветривания горных пород и верхнего

слоя почвы, лесных пожаров, вулканических процессов, туманов, облаков и т. д.; биогенные аэрозоли [38].

В разное время были представлены классификации аэрозольных систем, в том числе и пылей, по дисперсности. Однако до настоящего времени не принято единой классификации аэрозолей.

На рисунке 1.1 представлена классификация пыли по основным признакам.



Рисунок 1.1 – Классификация пыли

1. Пыль по химическому составу может быть неорганической (металлической, минеральной), органической, животного происхождения, искусственных органических веществ (полимеры), смешанной.

2. По воздействию на организм человека различают фиброгенные пыли (действующие на органы дыхания); производственные пыли, представляющие собой производственную вредность; содержащие канцерогены, радиоактивные и токсические вещества; обладающие аллергенными свойствами.

Существует ряд показателей, определяющих воздействие пыли на организм человека: масса, растворимость и химический состав, дисперсность (размер частиц) и форма, электрический заряд.

3. Дисперсность пыли характеризует следующие показатели: пребывание частиц в воздухе, физико-химическую активность, возможность проникновения, отложения и накопления в органах дыхания человека [68].

Для характеристики величины взвешенных частиц используется такой параметр, как аэродинамический диаметр, под которым понимается диаметр частицы плотностью 1 г/см^3 , движущейся с той же скоростью при тех же условиях, что и рассматриваемая частица [91].

По дисперсности условно принята следующая классификация пыли:

- мелкая пыль - пылинками размером до 100 мк;
- средняя - до 200 мк;
- крупная - более 200 мк.

Различают следующие размерные фракции частиц: PM_{10} – используется для частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм; $\text{PM}_{2,5}$ – аэродинамический диаметр частиц менее 2,5 мкм; PM_1 – аэродинамический диаметр частиц менее 1,0 мкм; грубая фракция – размерная фракция между 2,5 и 10 мкм; наночастицы – аэродинамический диаметр менее 0,1 мкм.

Взвесь в воздухе твердых частиц размером 0,1–100 мкм, в зависимости от ее состава и концентрации оказывает различные виды неблагоприятного воздействия на организм человека [33].

Как показали отечественные и зарубежные исследования в глубокие дыхательные пути могут проникать пыль размером до 5 мкм и выше. Ее проникновению способствуют форма, плотность и электрозаряженность частиц. Вдыхаемая пыль способна оседать на слизистой оболочке носа, трахей, бронхов, альвеол и вызывать хронический бронхит, пневмокониозы, онкологические заболевания, аллергические реакции, отравления, радиационные поражения. При длительном воздействии пыли возникают гипертрофические и атрофические процессы, гибель клеток [103, 123].

4. Источники пыли очень разнообразны: выветривание почвы, извержение вулканов, океанские брызги, пыльные бури, деятельность человека. Основной источник пыли – почва. Пыльные бури переносят пыль на расстояние

3000 км и более. Так в результате пыльной бури, случившейся в западной части США в 1933 году, в северо-восточном районе Соединенных Штатов на каждый км² выпало 10 тонн пыли. А пыль во время бури в пустыне Сахаре долетела до Лондона и других городов Европы.

Каждый год в земную атмосферу по различным оценкам попадает от 300 миллионов до 10 миллиардов тонн различных солей, среди которых весомую часть составляют химические элементы, содержащиеся в океанской соли и остающиеся в воздухе в результате испарения воды.

Постоянно в атмосфере содержится большое количество пыли. По данным зарубежной статистики, на территорию США ежегодно оседает около 43 000 000 тонн пыли, причем более 1/3 (13 000 000 тонн), образованной в результате деятельности человека [73]. Над крупными городами образуются грязевые облака – смог. Одной из причин их возникновения является загрязнение воздуха пылью, создателями которой являются сами люди.

Пыль естественного происхождения не достигает концентрации, при которой она могла бы оказывать отрицательное воздействие на организм человека. Присутствие в воздухе естественной пыли, образованной вследствие вулканических извержений, лесных, степных и торфяных пожаров и т.д. создает для людей не вполне благоприятную гигиеническую обстановку. Существенно более вредным является загрязнение атмосферного воздуха пылью образованной в результате деятельности человека. Такого рода пыль представляет наибольшую опасность, так как содержит химические соединения и вещества, губительно действующие на окружающую среду и организм человека.

Пыль, образованная в результате антропогенного воздействия, засоряет слизистые оболочки дыхательных органов и глаз, раздражает кожные покровы человека, является переносчиком бактерий и вирусов, снижает освещенность улиц, заводских зданий, жилищ, вызывая перерасход электроэнергии. Сажа, являющаяся компонентом пыли и представляющая собой практически чистый атмосферный углерод, увеличивает заболеваемость раком легких.

Производственная деятельность человека во многих отраслях связана с пылеобразованием, что обусловлено такими технологическими процессами, как дробление, измельчение твердых материалов, шлифовка, очистка, транспортировка сыпучих материалов, взрывные работы. Основными источниками поступления взвешенных частиц в атмосферный воздух крупных городов являются: выбросы автотранспорта, предприятия черной и цветной металлургии, машиностроения, производство строительных материалов, процессы сжигания жидких топлив (дизельное топливо, масла), открытые места хранения строительных и сыпучих материалов (песок, соль и т.д.), станции перегрузки мусора, дробильно-сортировочные комплексы по переработке строительных отходов, строительные площадки, работы по сносу зданий, земельные работы, незадернованные участки почв.

Загрязнение городов и населенных пунктов в первую очередь связаны с чрезмерной концентрацией населения, транспорта и промышленных предприятий. В связи с развитием современных городов расширяются занимаемые городом территории, увеличивается количество транспортных магистралей, отмечается концентрация и интенсификация производственной и непроизводственной деятельности людей, что является причиной того, что окружающая среда многих городов России уже не в состоянии удовлетворять большинство биологических и социальных требований современного человека [1, 36]. Однако качество жизни населения во многом зависит от уровня развития промышленности и транспорта. Промышленно-транспортный комплекс является важнейшей составляющей экономики любой страны, необходимой для производства товаров и услуг. Но вместе с тем, его функционирование негативно влияет на природную сферу. Ежегодно в атмосферу от объектов промышленно-транспортного комплекса поступают десятки млн. т загрязняющих веществ. В среднем по территории страны 56% из них приходится на стационарные источники, а 44% на автомобильный транспорт [51, 52]. Долевое участие выбросов вредных веществ в атмосферу в результате

различных видов хозяйственной деятельности по г. Волгограду представлено на рисунке 1.2.

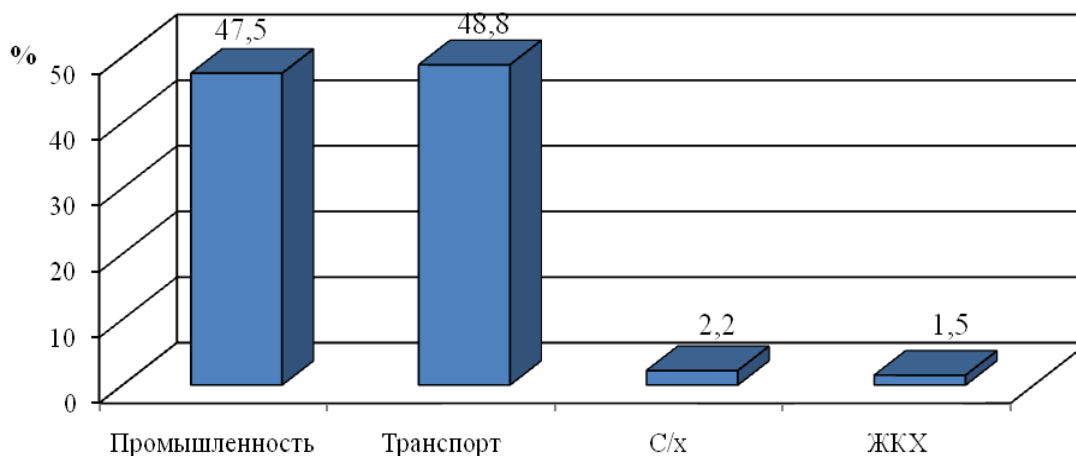


Рисунок 1.2 – Выбросы вредных веществ в атмосферу (в разрезе отраслей) по г. Волгограду.

Суммарная величина экологического ущерба от промышленно транспортного комплекса превышает 2 % ВВП, в том числе 40% составляет ущерб от стационарных объектов и 60% – от передвижных источников, в основном от автомобильного транспорта [39-43].

Значительное влияние на качество среды и проживание городского населения оказывает сеть железнодорожных и автомобильных дорог. Экологические проблемы урбанизированных территорий обостряются возрастанием массы выбросов вредных веществ от увеличивающегося потока транспорта и формированием очагов загрязнения воздушного бассейна. Масса выбросов вредных веществ от автотранспорта постоянно нарастает и достигает более половины общего объема выбросов [20, 95, 101].

Таким образом, одной из проблем крупных городов является вредное воздействие автотранспорта на окружающую среду. Ежегодный прирост автопарка, повышение уровня автомобилизации способствует еще большему выбросу вредных веществ в атмосферу.

Выбросы от автотранспортных средств вносят большой вклад в уровень загрязнения окружающей среды. Нефтепродукты, сыпучие и пылящие грузы,

продукты износа шин и тормозных накладок, антиобледенители дорожных покрытий загрязняют объекты, находящиеся вблизи дорог.

Интенсивный рост численности парка автомобилей, низкий уровень экологической безопасности конструкции транспортных средств, объектов автотранспортной и придорожной инфраструктуры, используемых материалов, техническое состояние автомобилей, несоблюдение регламентов и низкое качество проведения технического обслуживания и ремонта, приводят к обострению проблем воздействия автотранспорта на окружающую среду в городах и на автомобильных дорогах. Кроме того в составе пыли городов и пригородов, особенно вблизи придорожных территорий присутствуют очень мелкие частицы, отделяющиеся от шины при движении по асфальтобетонному покрытию.

По результатам исследований, проведенных российскими и зарубежными учеными около 60 % шинной пыли имеют размеры 10 мкм и менее (мелкодисперсная пыль), что позволяет ей проникать в легкие человека. Кроме того, пыль, попадающая в атмосферу в результате износа протектора шин, содержит канцерогенные полиароматические углеводороды, N – нитрозамины, диаксин, нитропроизводные полиароматических углеводородов и другие вредные для организма вещества (таблица 1.1) [110].

Интенсивность загрязнения воздушной среды шинной пылью на некоторых автомагистралях Европы достигает около 250 кг на каждый километр дороги, а почва в придорожных полосах содержит около 2% резиновых частиц [93].

Высокая экологическая опасность шин обусловлена:

- Токсическими свойствами используемых при их изготовлении материалов, а также содержащихся в них примесей.
- Свойствами около ста видов химических соединений, образующихся в процессе вулканизации резин и выделяющихся в окружающую среду при эксплуатации и выделяющихся в окружающую среду при эксплуатации, обслуживании и хранении шин.

Таблица 1.1 – Химические соединения выделяющиеся при эксплуатации шин

Соединения	Число соединений	Класс опасности
Бенз [a] пирены	14 – 15	1 – 3
N-нитрозамины	3 – 4	1 – 3
Амины алифатические и ароматические	5 – 8	2 – 3
Углеводороды алкилароматические	20 – 25	2 – 3
Углеводороды серосодержащие	5 – 8	2 – 3
Углеводороды галогеносодержащие	3 – 5	2 – 3
Фенолы	1 – 3	2
Альдегиды и кетоны алифатические	10 – 15	2 – 4
Спирты и кислоты алифатические	3 – 6	2 – 4
Эфиры алкилароматические	3 – 6	2 – 4
Олигомеры	1 – 3	2 – 4
Углеводороды циклоалифатические	15 – 20	3 – 4
Углеводороды алифатические непредельные	15 – 18	3 – 4
Углеводороды алифатические предельные	25 – 30	4
Другие соединения	5 – 10	2 – 4

Исследование воздуха вблизи автомагистрали с умеренным движением показали присутствие до 6000 отдельных фрагментов шин в каждом м³ воздуха, более 58,5 % из них способны проникать в легкие человека и вызывать аллергические и онкологические заболевания [123]. Кроме того, большое количество пыли от различных источников оседает на поверхности магистралей и придорожных зон и пагубно влияет на здоровье населения.

К пыли образованной от автотранспорта также относится сажевая пыль, которая является одним из компонентов отработавших газов. Сажа является

адсорбентом канцерогенных веществ (ПАУ до 2%). Ее наличие способствует усилению влияния других токсических веществ. В таблице 1.2. представлено содержание вредных химических веществ в отработавших газах дизельных и бензиновых двигателей [109].

На городских магистралях в уличной пыли присутствуют также примеси свинца, кадмия, кальция, хрома, меди, цинка, железа. Наличие перечисленных примесей определяется функционированием автомобильного транспорта и обработкой магистралей антиобледенительными составами.

Таблица 1.2 – Содержание вредных веществ в отработавших газах

Вредное вещество ОГ	Содержание в ОГ ДВС	
	Дизели	Бензиновые
Оксид углерода	0,005-0,5 об. %	0,25-10 об. %
Оксиды азота в пересчете на азот	0,004-0,5 об. %	0,01-0,8 об. %
Сернистый ангидрид	0,003-0,05 об. %	-
Углеводороды в пересчете на углерод	0,01-0,5 об. %	0,27-0,3 %
Бенз(а)пирен	До 10 мкг/м ³	До 20 мкг/м ³
Сажа	До 1,1 г/м ³	До 0,4 г/м ³
Соединения свинца	-	Выбрасывается до 85 % соединений свинца (от количества введенного в бензин с ТЭС)

Увеличивают выбросы пыли шины, оснащенные шипами. При их использовании износ дорожного покрытия составляет 2 - 4 мм за зимний период [92]. В ряде стран использование шипованных шин запрещено, за исключением ограниченного числа автомобилей специального назначения. Химический состав и количество такой пыли зависят от состояния и материалов дорожного покрытия.

Выделяют следующие типы дорожного покрытия:

- цементобетонные,
- асфальтобетонные,
- щебеночные или гравийные,
- обработанные органическими вяжущими,
- из необработанного щебня или гравия,
- мостовые булыжные и из грубоколотой шашки,
- грунтовые дороги.

Наибольшее количество пыли образуется на грунтовых и гравийных дорогах. Пыль, образованная при движении по дорогам с покрытием из зернистых материалов (гравийные), состоит, в основном, из диоксида кремния. На грунтовых дорогах пыль состоит из кварцевых частиц на 90 %, остальную долю составляют оксиды железа, алюминия, кальция и др. Валовый выброс пыли на автомобильных дорогах без капитального покрытия (гравийных, грунтовых общего пользования, щебеночных) составляет около 56 тыс. т. в год. На дорогах с асфальтобетонным покрытием в состав пыли входят продукты износа вяжущих битумсодержащих материалов, частицы краски или пластмассы от линий дорожной разметки.

Кроме того в дорожном строительстве используются отходы различных производств, в том числе вяжущие материалы. Широко применяемые асфальтобетонные покрытия изнашиваются за год эксплуатации дороги в 10 раз меньше, чем цементобетонные. В отечественной практике при изготовлении дорожных покрытий из асфальтобетонов применяют асбестовые отходы, что ведет к образованию асбестовой пыли. Такая пыль, а также частицы вяжущих материалов из каменноугольных смол и дегтей канцерогенны. Также, при движении транспорта по асфальтобетонным покрытиям в окружающую среду поступает кадмий. На асфальтобетонных покрытиях шины (источник кадмия) изнашиваются быстрее, чем на бетонных.

Подводя итоги вышесказанного, следует отметить, что необходимо создание системы управления экологической безопасностью промышленно-

транспортного комплекса, в том числе отдельных объектов промышленности и транспорта, функционирующих на конкретной территории. Такая система должна оперативно реагировать на текущие изменения, как в самом объекте, так и во внешней среде. Этапы управления должны включать в себя: наблюдение, контроль за состоянием экологической безопасности объектов промышленно-транспортного комплекса, принятие управленческих решений, разработка мероприятий по предотвращению и снижению вредных выбросов в атмосферу на рассматриваемой территории.

1.2 Нормирование качества атмосферного воздуха городов по пыли

Предприятия, выделяющие вредные выбросы, даже при высокой эффективности очистных установок существенно влияют на состояние атмосферного воздуха городов. Анализ источников выбросов частиц пыли мелких фракций показал, что наибольший вклад в загрязнение воздуха вносит угольная, целлюлозная и бумажная промышленность, цветная металлургия, производство стали, лесная промышленность, карьерные разработки и транспорт.

За последнее время среди жителей крупных мегаполисов участились заболевания присущие работникам строительной отрасли. Такими профессиональными заболеваниями являются: бронхит, пневмокониоз, асбестоз (добыча, обогащении и переработке асбеста); кохлеарный неврит (цементное производство); дерматозы (при контакте с химическими соединениями, цементом, содержащим соединения хрома, никеля, кобальта) [5].

Причиной сложившейся ситуации можно считать отсутствие контроля за запыленностью селитебных зон населенных пунктов. Если на самих предприятиях для защиты рабочих предусмотрено использование средств защиты от воздействия пыли и осуществляется контроль качества воздуха рабочей

зоны, то на территории жилой застройки подобной мониторинг проводится не регулярно.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) взвешенные частицы, а именно частицы размером менее 10 мкм (PM_{10}), относит к приоритетным загрязняющим атмосферу веществам по уровню влияния на здоровье населения [7]. В настоящее время во многих странах проводятся исследования влияния загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух городов, на состояние здоровья населения. Изучаются заболевания, которые особенно часто возникают под влиянием веществ, попавших в окружающую среду, число случаев смертности среди населения, связанных с загрязнением, что привело к написанию большого количества работ, выполняемых во всем мире, в большинстве которых отмечается рост экологических проблем и необходимость исследований в области изучения влияния антропогенного загрязнения атмосферы на здоровье населения промышленных городов.

В исследованиях воздействия атмосферных загрязнений необходимо учитывать все химические и физические характеристики выбросов, их трансформацию и перенос в атмосфере.

ВОЗ в 2005 году установила рекомендуемые критерии качества воздуха некоторыми веществами для городов (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Критерии качества воздуха, рекомендованные ВОЗ

Вещество	Средние за год, мкг/м ³	Средние за сутки, мкг/м ³
PM_{10}	50	20 (99% квантиль)
$PM_{2,5}$	25	10 (99% квантиль)
Озон	100 за 8 часов	
NO_2	40	200

В мае 2008 году была принята Директива 2008/50/ЕС «О качестве атмосферного воздуха и о более чистом воздухе для Европы» (Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe) [121]. В ней представлены значения

предельных концентраций загрязняющих веществ, а также мелкодисперсной пыли (PM_{10} , $PM_{2,5}$), с целью сокращения или предотвращения негативного воздействия на состояние окружающей среды и на здоровье человека. Эти нормативы достигаются в определенные периоды времени, затем необходимо поддерживать качество воздушной среды на достигнутом уровне. В соответствии с данными требованиями предельные среднегодовые концентрации PM_{10} не должны превышать 50 мкг/м, а 24-часовые концентрации PM_{10} не должны превышать 50 мкг/м³ более 35 дней в календарном году.

В отношении взвешенных частиц размером менее 2,5 мкм Директива 2008/50/ЕС ставит целью последовательное сокращение среднегодовой концентрации частиц $PM_{2,5}$ в воздухе.

Основным отличием подходов Российской Федерации было отсутствие в перечне контролируемых загрязнителей взвешенных веществ, классифицируемых по размерам (PM_{10} - частицы размером менее 10 мкм, $PM_{2,5}$ - частицы размером менее 2,5 мкм). В РФ нормативы на содержание взвешенных веществ в атмосферном воздухе были установлены только для совокупности частиц с размером до 500 мкм. При этом, взвешенные вещества дифференцировались по химическому составу (цементная пыль, табачная пыль, мучная пыль и т.д.) без учета размера частиц.

В 2010 г. введены в действие гигиенические нормативы ГН 2.1.6.2604-10, которые устанавливают ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в мг/м³ для взвешенных веществ частиц размером менее 10 мкм (PM_{10}) и для частиц размером менее 2,5 мкм ($PM_{2,5}$) [37]. Так для частиц PM_{10} максимальная разовая концентрация составляет 0,3 мг/м³, а среднесуточная 0,06 мг/м³. Для $PM_{2,5}$ – 0,16 мг/м³ и 0,035 мг/м³ соответственно

Для мелкодисперсных частиц установлены следующие предельно допустимые среднегодовые концентрации:

- взвешенные частицы PM_{10} - 0,04 мг/м³;
- взвешенные частицы $PM_{2,5}$ - 0,025 мг/м³.

Для разных стран характерны различные подходы к установлению ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе, к определению целевых показателей качества воздуха и других нормативов. Но, несмотря на различные подходы для многих веществ численные значения показателей достаточно близки (таблица 1.4) [37, 124]. Это, в частности, является результатом недавних соглашений, направленных на уточнение ряда как предельно допустимых концентраций в России, так и концентраций, установленных рекомендациями ВОЗ по качеству воздуха в Европе.

Таблица 1.4. – Нормативы качества атмосферного воздуха: РФ, ЕС, ВОЗ

Загрязняющее вещество	Период осреднения или характер норматива	Концентрации, мкг/м ³		
		РФ	ЕС	ВОЗ
Взвешенные вещества, частицы размером < 10 мкм (PM ₁₀)	24 часа	60	50	50
	Год	40	40	20
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	—	—

В проведенных на сегодняшний день исследованиях не удалось определить пороговый уровень загрязнения воздуха мелкодисперсной пылью, ниже которого PM₁₀ не оказывают воздействия на здоровье. Однако, после подробного изучения новейших научных данных рабочая группа ВОЗ пришла к вы-

воду, что пороговая концентрация PM_{10} располагается в нижней части диапазона наблюдаемых в настоящее время концентраций PM_{10} в Европейском регионе. Снижение концентрации PM_{10} до установленных ЕС уровней является важнейшей мерой для улучшения здоровья населения, но этого не достаточно, чтобы устранить все существенные последствия воздействия PM_{10} [129]. Это указывает на огромную важность снижения уровней загрязнения PM_{10} даже в большей степени, чем это предусматривается законодательством различных стран. Для выполнения этой задачи в странах Европы уже имеются экономически эффективные методы [10, 23].

1.3 Анализ существующей системы мониторинга качества атмосферного воздуха городских территорий на примере г. Волгограда

Мониторинг качества окружающей среды включает следующие основные направления деятельности:

- наблюдения за факторами, воздействующими на окружающую природную среду и за ее состоянием;
- оценку фактического состояния природной среды;
- прогноз развития состояния природной среды и оценку этого развития.

Мониторинг также позволяет получать ценные исходные данные для эпидемиологических исследований, которым принадлежит жизненно важная роль при выявлении зависимости между последствиями для здоровья и концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [53].

Наблюдения осуществляются на постах, которые располагаются в заранее выбранных местах. Существуют 3 категории постов:

1. Стационарный пост предназначен для обеспечения регулярного отбора проб воздуха и непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ с последующим анализом.

2. Маршрутный пост служит для регулярного отбора проб воздуха при необходимости более детально изучить состояние загрязнения воздуха в отдельных районах, например в новых жилых районах.

3. Передвижной (подфакельный) пост используют для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника промышленных выбросов.

Маршрутный и стационарный посты устанавливаются в местах, где предварительно проведено исследование загрязнения воздушной среды промышленными предприятиями, автомобильным транспортом и другими источниками с обязательным учетом метеорологических параметров, характерных для рассматриваемого населенного пункта [106].

Решение экологических проблем невозможно без оперативной, достоверной и исчерпывающей информации о состоянии окружающей среды, то есть о качестве воздуха. Контроль качества окружающей среды должен проводиться в таком объеме и с такой периодичностью, чтобы обеспечивалась возможность оценки динамических процессов в окружающей среде, вызванных техногенными или природными факторами [72]. Кроме того, эта информация должна обеспечивать также и возможность анализа причинно-следственных зависимостей между параметрами окружающей среды и состоянием здоровья населения. Существующая в Волгограде сеть наблюдений Росгидромета не отвечает этим требованиям и должна быть дополнена другими средствами контроля. Размещение стационарных постов наблюдения на территории г. Волгограда представлено на рисунке 1.3 [39-43].

Наряду с контролем за уровнем загрязнения природных сред, весьма важным, с практической точки зрения, представляется мониторинг передвижных источников загрязнения.

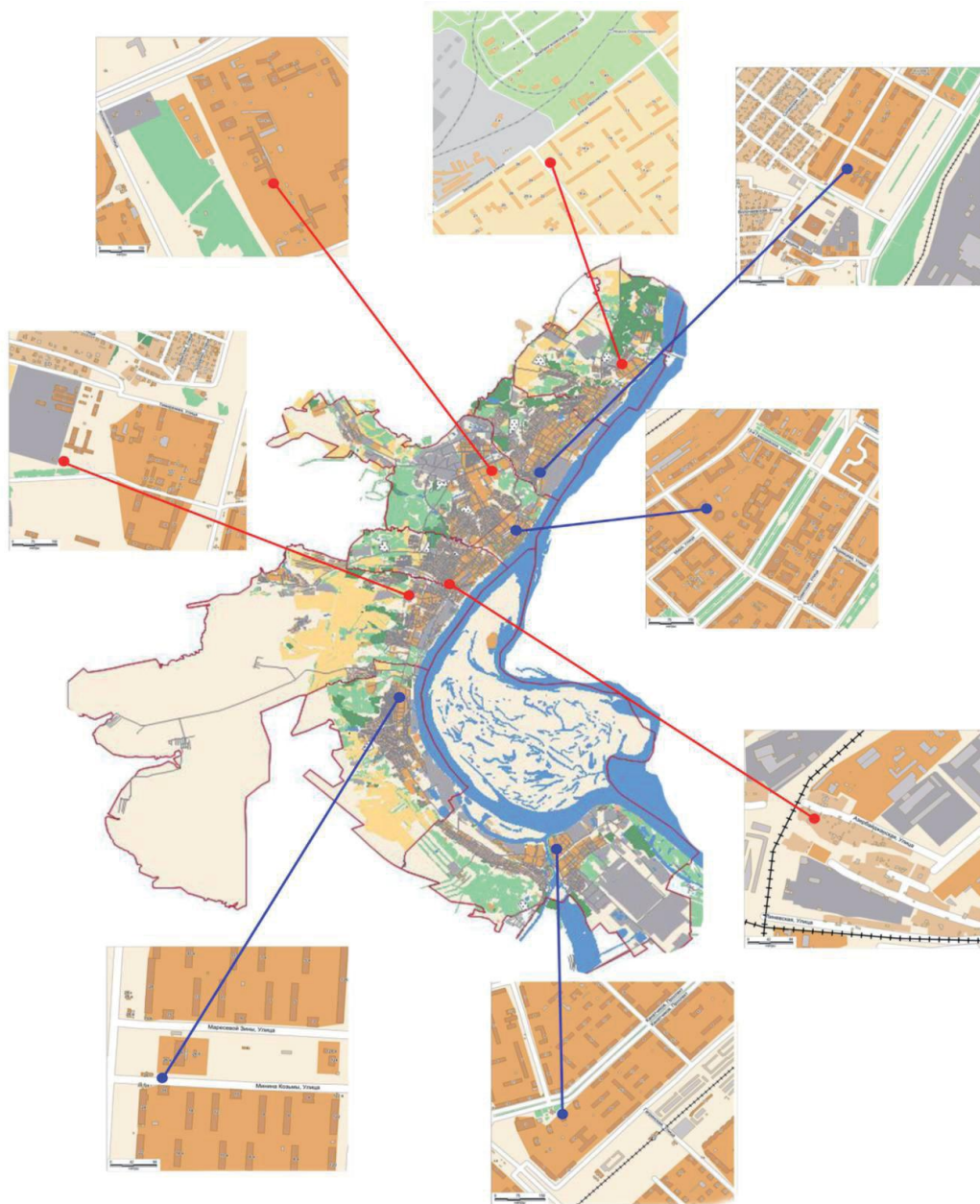


Рисунок 1.3 – Размещение стационарных постов наблюдения на территории Волгограда.

Образование мелкодисперсной пыли можно отнести к чрезвычайной экологической ситуации. Однако в настоящее время не существует контроля качества воздуха городской среды по содержанию частиц именно мелких фракций, поэтому в данной работе предлагается система мониторинга содержания мелкодисперсной пыли в атмосферном воздухе городской среды. Для обнаружения такого рода чрезвычайных экологических ситуаций на ав-

томагистральных города обоснована необходимость проведения контроля за состоянием атмосферного воздуха на улично-дорожной сети города.

Репрезентативность наблюдений за состоянием загрязнения атмосферы в городе, и на перекрестках в частности, зависит от правильного расположения инструментальных средств мониторинга на обследуемой территории. При выборе места для размещения инструментальных средств измерения экологических параметров, прежде всего, учитываются зоны максимальных концентраций примеси, связанных с выбросами рассматриваемого источника.

Располагать инструментальные средства измерения экологических параметров необходимо в местах, выбранных на основе обязательного предварительного исследования загрязнений воздушной среды города, изучения метеорологических условий рассеивания примесей путем эпизодических наблюдений, расчетов полей максимальных концентраций примесей, и в тех жилых районах, где возможны наибольшие средние уровни загрязнения. К числу наиболее загрязненных районов относятся зоны, где наблюдаются наибольшие уровни максимальных разовых и среднесуточных концентраций, создаваемые выбросами в атмосферный воздух загрязняющих веществ.

Учитывая, что время рассеивания выбросов в воздухе составляет десятки минут предпочтительно использовать автоматизированные методы мониторинга [47].

Определение концентрации пыли различного размера (общей, PM_{10} , $PM_{2,5}$) необходимо для получения фактических данных о качестве воздуха, выявления основных тенденций ее изменений, оценки вреда, наносимого здоровью в результате пылевого загрязнения [22].

Атмосферный мониторинг пыли - это сложная современная задача, требующая определенных знаний и надежных приборов. Как правило, методы определения массовой концентрации, положенные в основу измерителей пыли, делят на гравиметрические (взвешивание массы собранных на фильтре частиц) и непрерывные (непосредственное измерение в процессе мониторинга). При этом во всех приборах атмосферный воздух

забирается через входное (воздухозаборное) устройство специальной конструкции, которое в зависимости от параметров пропускает частицы только определенной фракции.

1.4 Выбор направления исследования

Проблема снижения негативного воздействия промышленно-транспортного комплекса, в частности запыленности территорий крупных промышленных городов, являются одной из основных экологических проблем. Ее решение предполагает осуществление экологического мониторинга, как комплексной системы наблюдения за качеством городской воздушной среды, оценку и прогноз техногенных изменений в природе и обществе, разработка, обеспечение реализации и анализ эффективности мероприятий по предотвращению или снижению негативного воздействия на окружающую природную среду, информирование органов государственной власти, органов местного самоуправления, предприятий-природопользователей, населения об изменениях состояния окружающей природной среды, межведомственное взаимодействие в сфере экологического мониторинга.

Для достижения цели и решения задач настоящего исследования выбраны следующие направления (рисунок 1.4):

1. Изучение результатов ранее проведенных исследований уровня запыленности;
2. Натурный эксперимент;
3. Математическое и компьютерное моделирование для решения задач прогнозирования уровня запыленности;
4. Выявление мест с уровнем запыленности превышающем ПДК;
5. Анализ результатов исследования;

6. Разработка и обоснование мероприятий по снижению негативного воздействия пыли.



Рисунок 1.4 – Основные направления исследований.

Документальное изучение представляет собой работу с материалом без непосредственного выезда на объект исследования. Как правило, это статистические данные, собранные в предшествующие периоды с их последующим анализом. Для изучения результатов ранее проведенных исследований уровня запыленности по городу Волгограду были использованы данные Комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации Волгоградской области, полученные в процессе наблюдения за состоянием атмосферного воздуха г. Волгограда. Оценка качества воздушной среды осуществляется на стационарных постах в каждом районе города по следующим загрязнителям: взвешенные вещества, оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, сероводород, озон, формальдегид. Эти данные позволяют проследить динамику запыленности по годам и определить зависимость изменения концентрации пыли от различных факторов.

Для проведения натурных замеров показателей качества воздушной среды используются следующие методы:

инструментальный, основанный на применении автоматических приборов, измеряющих в режиме реального времени интересующие показатели;

инструментально-лабораторный, основанный на отборе проб компонентов природной среды с последующим их анализом в лаборатории.

индикаторный, основанный на использовании определенных индикаторных элементов, изменяющих свои свойства в зависимости от концентрации загрязнений в отбираемой пробе.

В качестве натурального эксперимента использовалась методика измерения дисперсионного состава (в %) и концентрации пыли по фракциям в атмосферном воздухе, основанная на отборе проб пыли на аналитический фильтр, определении массы отобранной пыли гравиметрическим методом и приготовлении образцов для микроскопического анализа.

Изменения уровня запыленности является случайным процессом [3, 4]. Для изучения динамики таких процессов используется математическое и компьютерное моделирование. В последнее время при изучении случайных процессов используется имитационное моделирование, являющееся частью математического моделирования, в основе которого положены основы теории вероятности, математической статистики, теории массового обслуживания.

Методы моделирования, как правило, применяются в случае, когда эксперимент в реальных условиях затруднен или вообще не возможен, а так же при прогнозировании динамики развития случайных процессов [87]. В настоящем исследовании метод моделирования использован для определения уровня запыленности в определенные моменты времени при воздействии различных факторов.

На рисунке 1.5 представлена блок-схема алгоритма исследования содержания пыли в воздушной среде, ее дисперсного состава и разработки мероприятий по снижению запыленности городской среды.

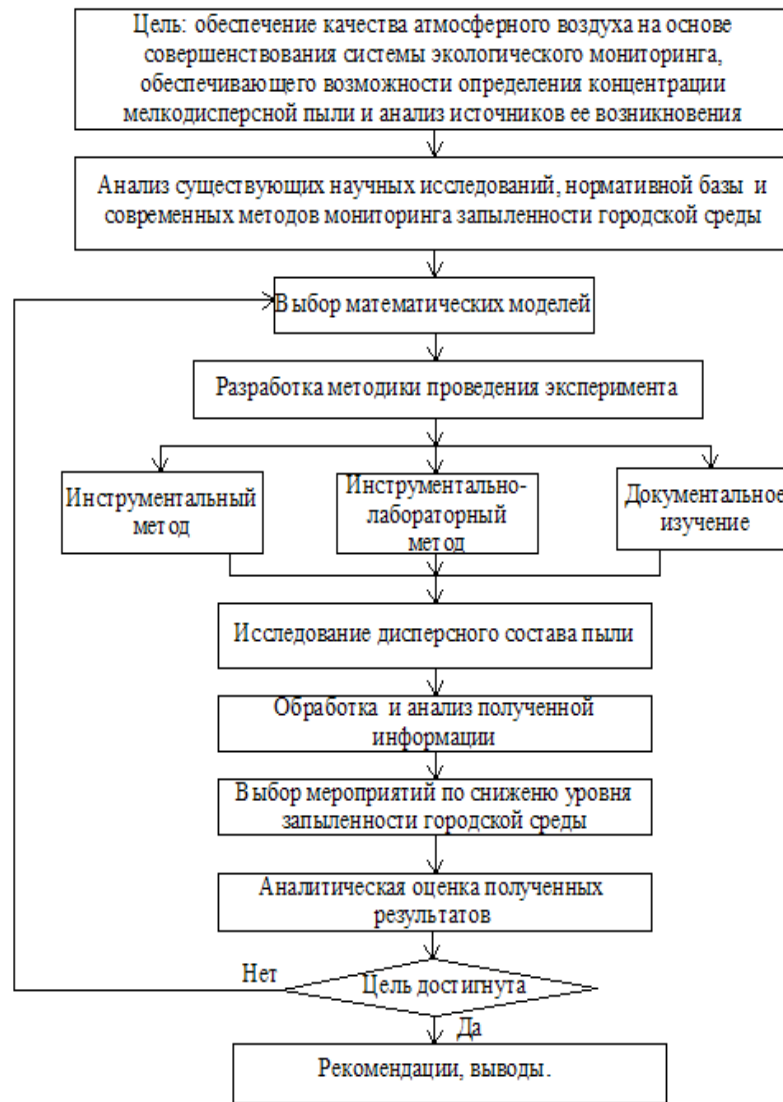


Рисунок 1.5 – Блок-схема алгоритма исследования

1.5 Выводы по главе 1

1. Проведен анализ источников пылевого загрязнения в воздухе городской среды. Основными источниками пылевыделений, помимо естественных источников являются промышленность, строительство и транспорт. Ежегодно в атмосферу от объектов промышленно-транспортного комплекса поступают десятки млн. т загрязняющих веществ. В среднем по территории страны 56% из них приходится на стационарные источники, а 44% на авто-

мобильный транспорт. Особое внимание следует уделить автомобильному транспорту, так как его количество постоянно увеличивается, а соответственно будут возрастать и выбросы загрязняющих веществ.

2. Анализ современного подхода к нормированию качества атмосферного воздуха по содержанию взвешенных частиц показал, что в ряде стран (в России введена с 21 июня 2010 г.) применяется классификация по размерам взвешенных частиц.

3. В настоящее время практически отсутствует система контроля и оценки содержания мелкодисперсной пыли, поступающей в воздух городской среды. Мониторинг качества атмосферного воздуха, применяемый в настоящее время, не дает возможности определять содержание мелкодисперсной пыли в жилой зоне. Таким образом, обоснована необходимость составления системы мониторинга, учитывающей особенности образования мелкодисперсной пыли.

4. Выбор направления исследования обоснован необходимостью снижения содержания мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды, за счет проведения мониторинга воздуха городской среды с учетом движения автомобильного транспорта.

ГЛАВА 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ГОРОДОВ

2.1 Исследование влияния промышленно-транспортного комплекса Волгограда на уровень запыленности городской среды

Административно Волгоград разделен на 8 районов: Тракторозоводской, Краснооктябрьский, Дзержинский, Центральный, Ворошиловский, Советский, Кировский и Красноармейский.

Промышленный комплекс города представлен преимущественно тяжелыми отраслями производства, которые оказывают значительное влияние на экологическую обстановку в городе.

В настоящее время население города составляет 1020000 человек.

В Волгограде, крупном промышленном мегаполисе, выбросы автотранспорта соизмеримы по объему с выбросами предприятий. Как правило, выбросы промышленных предприятий проходят стадию очистки и поступают в атмосферу через жерла высоких труб, и, как следствие, способствует рассеиванию примесей, что снижает их концентрацию в приземном слое. Выбросы загрязняющих веществ от автомобилей поступают непосредственно в приземный слой воздуха, как правило, без всякой предварительной очистки. В результате автомобильные дороги Волгограда становятся распределенными источниками загрязнения атмосферы. Рост негативного воздействия автомобильного парка на экологическую ситуацию в городе за последние несколько лет в несколько раз превысил все положительные результаты проводимых экологических мероприятий на всех промышленных предприятиях города. Доля загрязнения окружающей природной среды от автотранспорта составляет в настоящее время 49% от общего количества источников загрязнения

[93]. Определяющими факторами такого влияния транспорта на загрязнение окружающей природной среды Волгограда, как и России в целом, являются, в отдельных случаях, несоответствие экологических характеристик автотранспортных средств достигнутому мировому уровню, низкий уровень их технической эксплуатации, неудовлетворительное состояние дорог.

Динамика по отраслям производства и автотранспорта характеризуется данными, представленными в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Вклад отраслей промышленности и автотранспорта в формирование уровня загрязнения атмосферы Волгограда

Отрасль	Выбросы загрязняющих веществ, тыс. т/год							
	2010 г.		2011 г.		2012 г.		2013 г.	
	т/Г	%	т/Г	%	т/Г	%	т/Г	%
Автотранспорт	100,9	48,9	102,2	50,1	105,9	50,4	108,2	50,6
Промышленность	105,2	51,1	101,8	49,9	104,2	49,6	105,8	49,4
Всего:	206,1		204,0		210,1		214,0	

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод о существенном вкладе выброса автотранспортного комплекса в общий валовой выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух Волгограда. Несомненное увеличение выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух передвижными источниками напрямую связано со значительным увеличением парка автотранспортных средств.

Динамика роста количества автотранспортных средств в Волгограде с 2010 по 2015 гг. представлена на рисунке 2.1. Общее число автомобилей с 2010 года увеличилось в среднем на 27,5 %, причем как видно из таблицы 2.2. на 38,5% увеличилось количество легковых автомобилей.

Таблица 2.2 – Динамика роста количества автотранспортных средств в Волгограде с 2009 по 2013 гг.

Тип транспортных средств	Года					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Легковые автомобили	552741	598608	625382	686258	781757	899559
Грузовые автомобили	93573	95483	97017	97425	104514	84426
Автобусы	17903	18379	18901	18690	21407	19738
Всего транспортных средств	728018	773489	801260	843414	907678	1003723

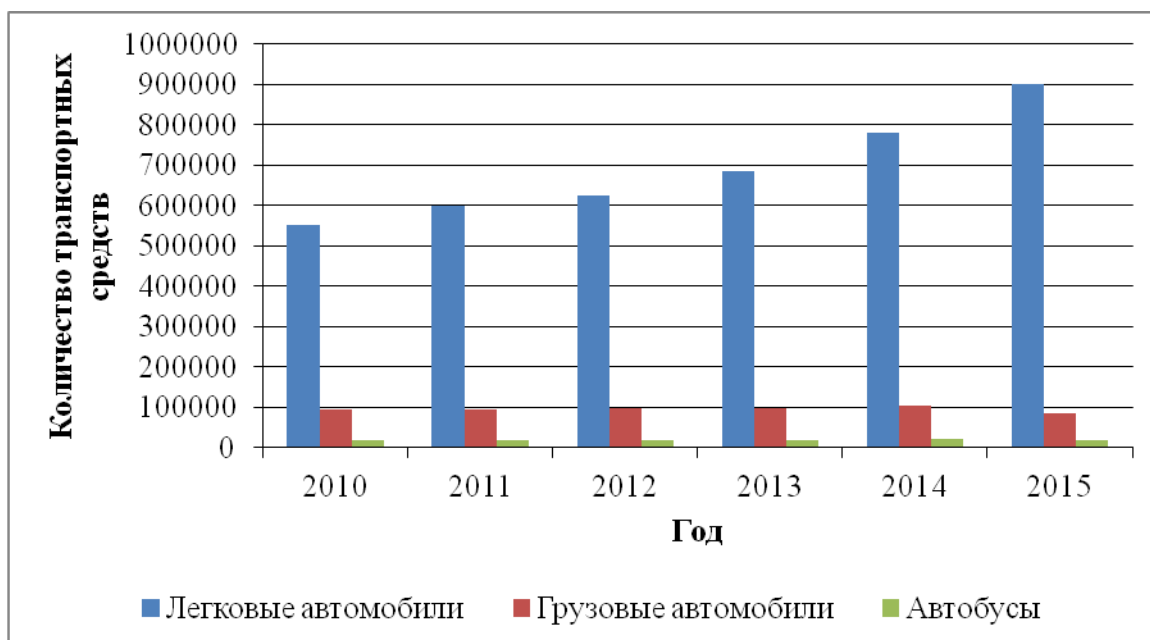


Рисунок 2.1 – Динамика роста численности автотранспортных средств по г. Волгограду с 2010 по 2015 гг.

В основном парк легковых автомобилей в городе пополняется поддержанными автомобилями, в отработавших газах которых содержание токсичных компонентов превышено из-за истощения ресурса работы двигателя и других частей автомобилей (таблица 2.3). В свою очередь, это является причиной увеличения выбросов и, как следствие, приводит к ухудшению экологической обстановки на городской территории [11].

Таблица 2.3 – Данные по уровню загрязнения атмосферного воздуха от автотранспорта на магистралях г. Волгограда

Наименование загрязняющего вещества	Средний уровень загрязнения в долях ПДК	Максимальный уровень загрязнения в долях ПДК
Диоксид азота	1,0	1,8
Оксид углерода	1,4	4,1
Пыль	1,2	4,2
Углеводороды	0,2	0,6
Хлористый водород	0,5	0,7

Таким образом, главные направления действий в целях повышения качества приземного слоя воздуха крупного промышленного города, каковым является Волгоград, должны быть ориентированы также и на автотранспортный комплекс.

Был проведен анализ запыленности вблизи наиболее загруженных магистралей города в 8 районах города. Необходимо отметить, что в среднем концентрация пыли по всем районам близка к предельно допустимым значениям (рисунок 2.2).

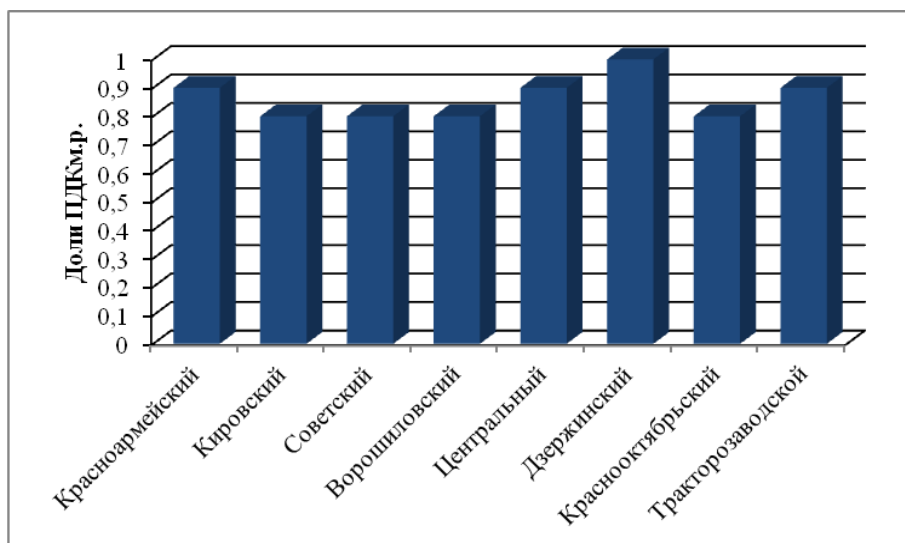


Рисунок 2.2 – Средний уровень запыленности атмосферного воздуха вдоль автомагистралей по районам г. Волгограда

2.2 Анализ факторов, влияющих на концентрацию мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды и характер их влияния

Концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе зависит от множества факторов, таких как климатологические, факторы режима движения транспортных потоков, наличие стационарных источников выбросов загрязняющих веществ и удаленность от них, уровня химической активности загрязняющих веществ.

Уровень приземной концентрации загрязняющих веществ в атмосфере от подвижных и стационарных при одном и том же массовом выбросе может существенно меняться в зависимости от природно-климатических и техногенных факторов [65].

К техногенным факторам относятся интенсивность и объем выброса загрязняющих веществ; высота расположения источника выбросов от поверхности земли; размер загрязняемой территории; уровень техногенного освоения региона.

При анализе факторов влияющих на запыленность воздуха следует учитывать наличие промышленных предприятий в черте города. Источниками пыли являются производство строительных материалов и предприятия различных отраслей. Предприятия строительной индустрии вносят в загрязнение атмосферы сравнительно небольшой вклад, около 7 %, однако, как правило, такие источники выбросов, расположены вблизи селитебной зоны, что увеличивает их влияние на качество атмосферного воздуха и жизнедеятельность людей.

Кроме предприятий стройиндустрии, огромное количество пыли и золы выбрасывают в окружающую среду предприятия металлургической, машиностроительной, химической, нефтехимической и других отраслей промышленности. На долю металлургических предприятий приходится около 40 % валовых выбросов вредных веществ по России, из них по твердым веществам

около 26 %. Предприятия черной металлургии – основные загрязнители окружающей среды в тех городах и регионах, в которых они расположены.

Выделяют следующие природно-климатические факторы:

- термическая устойчивость атмосферы;
- температурный режим, влажность воздуха, атмосферное давление;
- скорость ветра, частота застоев воздуха и слабых ветров (0–1 м/с);
- рельеф местности, продолжительность туманов, геологическое строение района;
- почвенно-растительные условия (тип почв, водопроницаемость, пористость, гранулометрический состав почв, эродированность почвенного покрова и т.д.).

В воздушной среде города постоянно меняются такие показатели, как температура воздуха, скорость, сила и направление ветра, поэтому распространение загрязняющих веществ постоянно изменяется. Высокая температура в дневное время у поверхности земли способствует поднятию воздушных масс вверх и приводит к дополнительной турбулентности. Ночью температура у поверхности земли снижается, следовательно турбулентность уменьшается.

Способность поверхности земли излучать или поглощать теплоту приводит к температурной инверсии. Увеличение температуры воздуха с высотой приводит к тому, что вредные выбросы не поднимаются выше определенного уровня. В инверсионных условиях ослабляется турбулентный обмен, условия рассеивания вредных выбросов в приземном слое атмосферы ухудшаются.

Сочетание природных факторов, определяющих возможный уровень загрязнения атмосферы, характеризуется климатическим и метеорологическим потенциалом загрязнения атмосферы, а также высотой слоя перемешивания, повторяемостью приземных и приподнятых инверсий, их интенсивностью, мощностью, повторяемостью застоев воздуха, штилевых слоев до различных высот. Поэтому от погоды зависит характер застойных зон, особенности ми-

грации токсичных веществ, их концентрационные пределы, а, следовательно, и воздействие на живые организмы, включая человека.

Основным параметром, влияющим на распространение загрязняющих веществ в атмосфере, является ветер, его скорость и направление. Основная закономерность заключается в том, что чем больше скорость ветра, тем больше турбулентность и как следствие быстрее и полнее происходит рассеивание атмосферных загрязнителей.

Большое значение по вопросам загрязнения атмосферы в зависимости от метеорологических параметров приобретают исследования закономерностей распространения атмосферных примесей и особенностей их пространственно-временного распределения [31, 34, 80]. Такие закономерности являются важной составляющей объективной оценки состояния воздушного бассейна и тенденции изменений загрязнения, а также дают возможность разработки мероприятий по обеспечению чистоты атмосферы.

Очень важными факторами являются топография местности, расположение на ней источников загрязнений и объектов их воздействия. Следует отметить, однако, что замкнутость пространства не является обязательным условием для создания чрезвычайного уровня атмосферных загрязнений, если в этом пространстве имеется достаточно интенсивный источник загрязнения.

Следует учитывать и специфику подвижных источников загрязнения. Она проявляется в следующем [86]:

- высокие темпы роста численности автомобилей по сравнению с ростом количества стационарных источников;
- автомобили распределяются по территории и создают общий повышенный фон загрязнения;
- непосредственная близость к жилым районам;
- более высокая токсичность выбросов автотранспорта;
- сложность технической реализации средств защиты от загрязнения автотранспортом;

- низкое расположение источника загрязнения от земной поверхности, в результате этого отработанные газы автомобилей скапливаются в зоне дыхания людей, слабее рассеиваются ветром по сравнению с промышленными выбросами, которые, как правило, имеют дымовые и вентиляционные трубы значительной высоты.

На запыленность воздушной среды оказывает влияние интенсивность движения автомобильного транспорта, состав транспортного потока, режим движения автотранспорта. Режимы движения, а следовательно загрязнение воздушного бассейна города определяются геометрическими характеристиками улично-дорожной сети, параметрами транспортного потока и качеством регулирования дорожным движением. Наблюдения показали, что концентрация вредных веществ на перекрестке в 2,5-4 раза выше, чем на перегоне. Зона влияния перекрестка (зона повышенных концентраций вредных веществ) достигает 200 м. При постоянном разгоне или торможении происходит истирание шин и дорожного покрытия, резко увеличивается выброс вредных веществ.

Кроме того загрязнение зависит от условий эксплуатации автотранспортных средств. В зимний период интенсивность движения транспортных средств уменьшается, но увеличивается расход топлива, увеличивается износ трущихся поверхностей, происходит износ шипов автомобильных шин, что значительно влияет на увеличение запыленности прилегающих территорий. В летний период происходит увеличение интенсивности движения транспортного потока, одновременно увеличивается радиус рассеивания загрязняющих веществ.

Дорожные условия также влияют на содержание пыли в воздушной среде. Шероховатость покрытия, отсутствие качественного оборудования для уборки улиц, наличие противогололедных смесей в зимнее время способствуют увеличению концентрации пыли в воздухе.

Перечисленные особенности передвижных источников приводят к тому, что автотранспорт создает в городах обширные зоны с устойчивым превышением санитарно-гигиенических нормативов загрязнения воздуха.

Анализировались следующие природно-климатологические факторы:

- скорость ветра в различные промежутки времени;
- относительная влажность воздуха.

Одним из основных факторов, влияющих на концентрацию пыли в воздушной среде является скорость ветра, при которой частицы способны подниматься в воздух. В Волгограде и области значительно преобладают ветра, т.к. географическое расположение относится к степной зоне. Содержание пыли в воздухе городской среды напрямую зависит от скорости и направления ветра. Концентрация мелкодисперсной пыли возрастает при увеличении скорости ветра.

Получена зависимость концентрации пыли и PM_{10} от скорости ветра (рисунок 2.3), которые описывается уравнением (2.1, 2.2):

$$C_{\Pi} = 0,0849 \ln(V_{\text{в}}) + 0,3226, \quad (2.1)$$

$$PM_{10} = 0,0999 \ln(V_{\text{в}}) + 0,1174 \quad (2.2)$$

где C_{Π} – концентрация пыли в атмосферном воздухе, мг/м³;

PM_{10} – концентрация частиц менее 10 мкм, мг/м³;

$V_{\text{в}}$ – скорость ветра, м/с.

При этом $R^2=0,8368$ и $0,9653$ для пыли и PM_{10} соответственно, что свидетельствует о достаточно высокой степени тесноты связей.

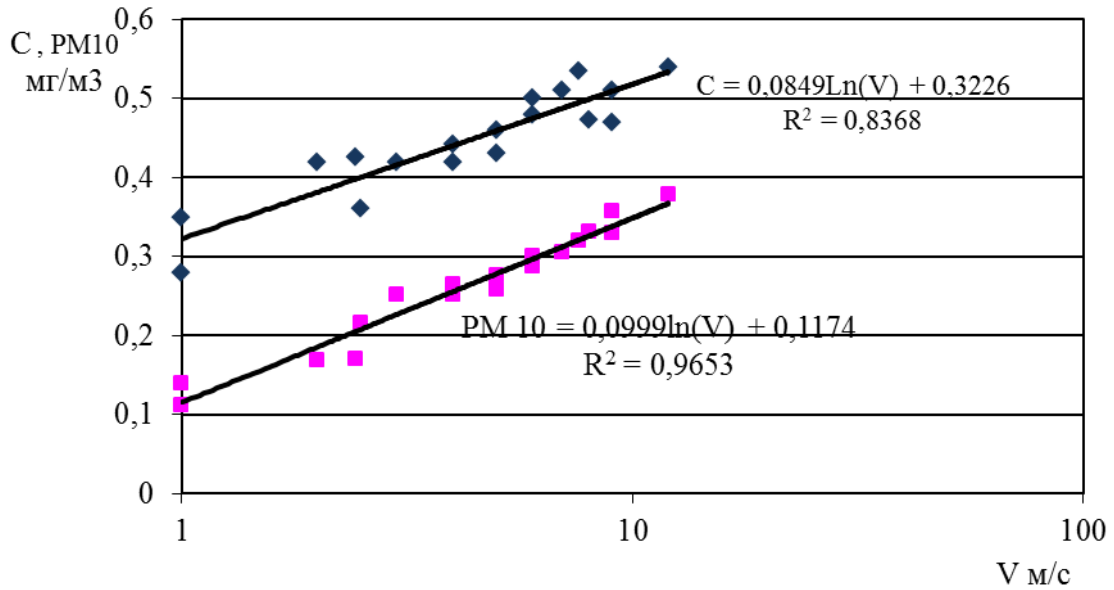


Рисунок 2.3 – Зависимость концентрации пыли и PM_{10} вблизи магистралей от скорости ветра

Наибольшее влияние на запыленность оказывает относительная влажность воздуха. Она способствует коагуляции мелких частиц, их утяжелению и последующему быстрому оседанию [26]. Соответственно в засушливую погоду концентрация пыли выше. Зависимость концентрации пыли от влажности представлена на рисунке 2.4 описывается уравнением 2.3, 2.4. Кроме того необходимо отметить, что данная зависимость определяется высокой теснотой связи и для концентрации пыли в целом и конкретно для PM_{10} – $R^2=0,8179$ и $0,8166$ соответственно.

$$C_{II} = -0,0032\varphi + 0,9812 \quad (2.3)$$

$$PM_{10} = -0,002\varphi + 0,4532 \quad (2.4)$$

где C_{II} – концентрация пыли в атмосферном воздухе, мг/м³;
 PM_{10} – концентрация частиц менее 10 мкм, мг/м³;
 φ – влажность атмосферного воздуха, %.

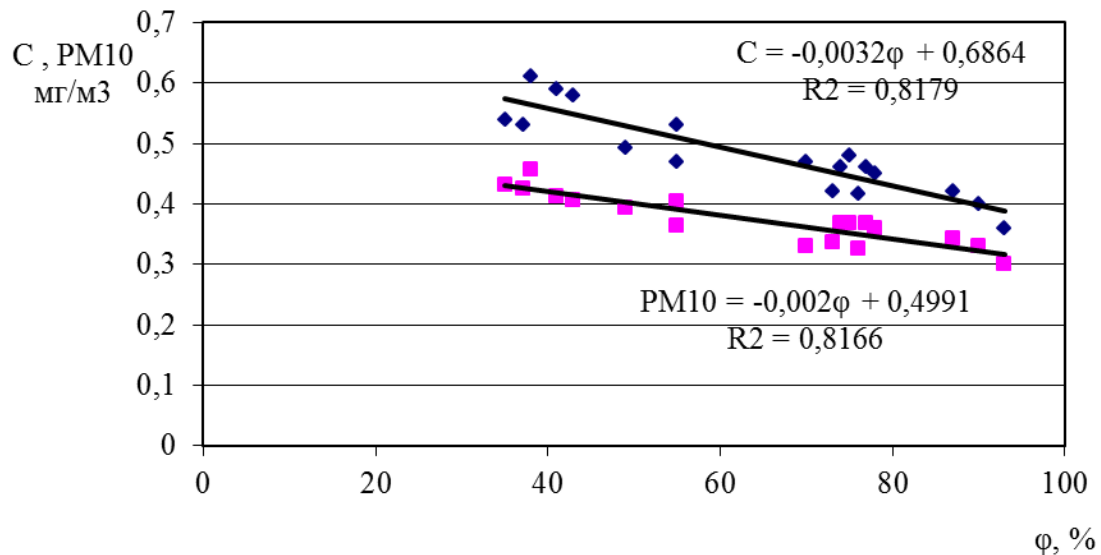


Рисунок 2.4 – Зависимость концентрации пыли и PM_{10} вблизи магистралей от влажности атмосферного воздуха

Параметры режима транспортных потоков являются одними из наиболее существенных факторов, влияющих на содержание пыли в атмосферном воздухе городских улиц. Необходимо отметить, что работа автомобильного транспорта, особенно в городских условиях, характеризуется частой сменой скоростных и нагрузочных режимов. Это существенно влияет на загрязнение воздуха вблизи автомобильных дорог.

Поскольку речь идет о запыленности примагистральных территорий, одним из значимых факторов является интенсивность и состав движения. В результате исследований были получены данные по концентрации пыли в атмосферном воздухе при различных значениях интенсивности. Эта информация была использована при анализе взаимосвязи концентрации пыли и интенсивности транспортного потока (рис.2.5). В результате чего были получены стохастические зависимости, которые представляет собой линейные уравнения [6, 24]:

$$C_{\Pi} = 0,0004N - 0,7612, \quad (2.5)$$

$$PM_{10} = 0,0002N - 0,4092 \quad (2.6)$$

где $C_{\text{п}}$ – концентрация пыли в атмосферном воздухе, мг/м³;
 PM_{10} – концентрация частиц менее 10 мкм, мг/м³;
 N – интенсивность движения транспорта по автомагистрали, авт./ч.

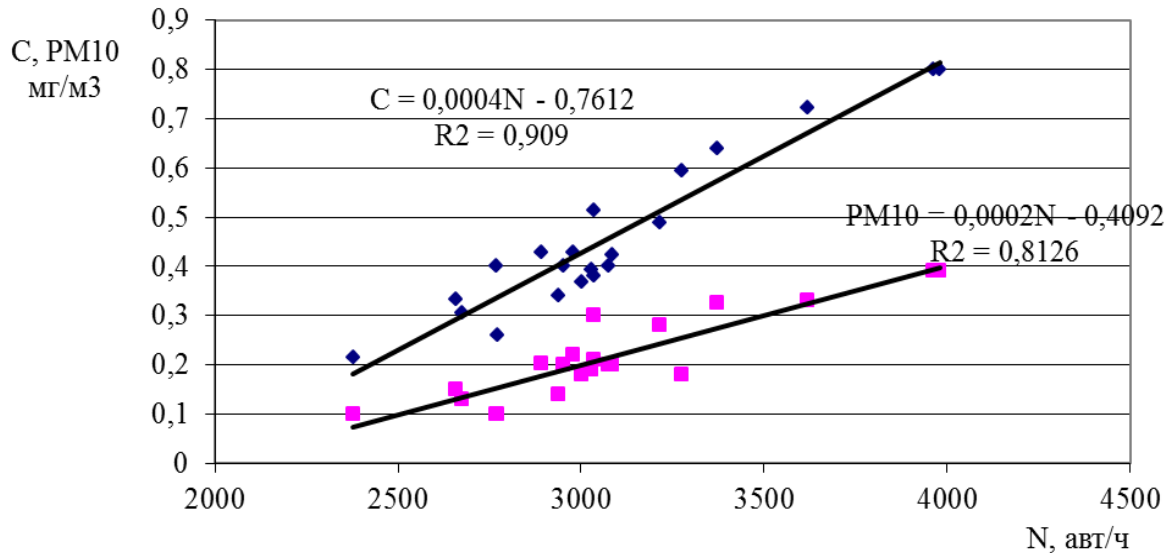


Рисунок 2.5 – Зависимость концентрации пыли и PM_{10} вблизи магистралей от интенсивности движения автотранспорта.

Для полной оценки влияния всех рассмотренных факторов на концентрацию взвешенных частиц и PM_{10} в атмосферном воздухе обследованных перекрестков было проведено обработку данных в рамках линейной регрессионной модели [56, 100].

Полученные корреляционные уравнения для концентрации взвешенных веществ и PM_{10} имеют вид:

$$C_{\text{п}} = 0,169 + 0,006V - 0,0018\varphi + 0,00012N \quad (2.7)$$

$$\text{PM}_{10} = 0,103 + 0,0084V - 0,00098\varphi + 0,00014N \quad (2.8)$$

При этом коэффициент множественной корреляции для представленных уравнений равен 0,937 и 0,952 соответственно, что говорит о высокой тесноте связи факторов, а стандартная ошибка вычисления для каждого уравнения составит: 0,021 и 0,0136.

2.3 Анализ существующих методов исследования содержания мелкодисперсной пыли в воздушной среде

На сегодняшний день проведено достаточно большое количество исследований, посвященных проблемам образования пыли, исследования уровня запыленности в различных отраслях народного хозяйства (областях деятельности людей), воздействия пыли на организм человека.

Однако вопросы исследования содержания пыли, ее дисперсного и химического состава и организации мониторинга уровня запыленности в воздушной среде городских примагистральных территорий изучены недостаточно.

Чтобы оценить дисперсный состав пыли в рабочей и производственной зонах предприятий, необходимо отобрать большое количество проб пыли, исследование которой может быть проведено различными методами [2, 3, 61, 90, 107]:

- ситовыми;
- седиментометрическими;
- гидроаэродинамическими;
- метод с помощью импактора;
- микроскопическими.

Ситовый метод применяется для определения дисперсного состава пыли размером более 20 мкм. Его достоинством является простота конструкции, которая позволяет массовое содержание любого количества заданных фракций пыли (рисунок 2.6). Однако данный метод не приемлем для определения содержания мелкодисперсной пыли размером менее 10 мкм.

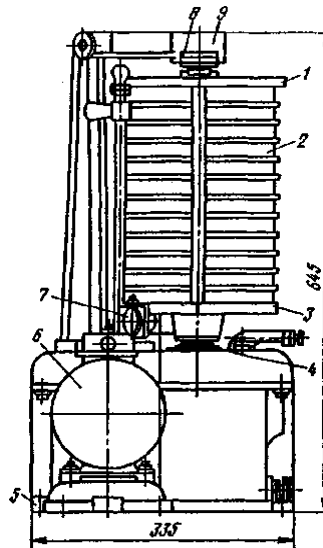


Рисунок 2.6 – Механический ситовый анализатор модели 029М: 1 — крышка; 2 — набор сит; 3 — столик; 4 — эксцентриковый вал; 5 — станина прибора; 6 — электродвигатель; 7 — кулиса; 8 — винты; 9 — рычаг

Сидементометрический метод применяется для определения дисперсного состава пыли, уловленной в аппаратах пылеочистки. Недостатком этого метода являются: невозможность определения дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны предприятия и отсутствие возможности определения влияния фактора формы на полученные результаты.

Динамические методы предназначены для определения дисперсного состава пыли, отобранной из газового потока, обладают широким аппаратным оформлением, определением и позволяет определить содержания частиц заданных фракций пыли.

Метод с помощью импактора основан на принципе разделения частиц по размерам при прохождении запылённого воздуха, через ряд последовательно установленных сопел с расположенными под ними осадительными поверхностями. Схема импактора представлена на рисунке 2.7. Недостатком импакторов каскадного типа является значительное количество частиц, оседающих вне поверхности подложек.

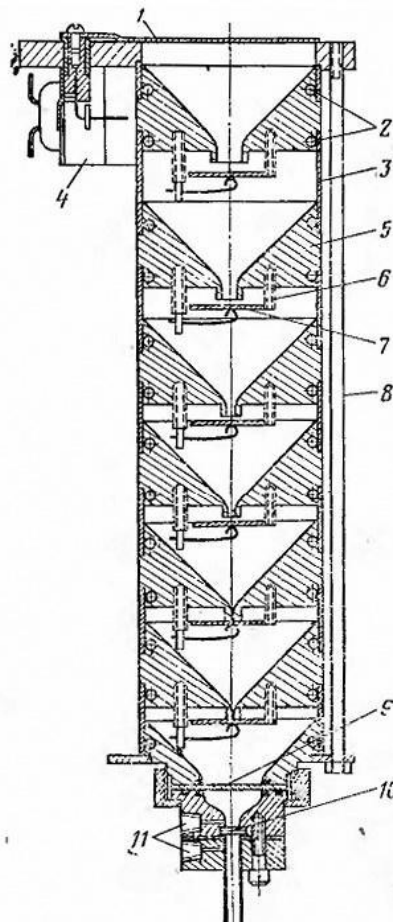


Рисунок 2.7. – Схема шестиступенчатого каскадного импактора Баттеля: 1 – крышка; 2 – уплотнительные кольца; 3 – стенка стальная; 4 – соленоид; 5 – мундштук из моннель-металла; 6 – опоры отбойника; 7 – стеклянный отбойник (3,8 мм); 8 – крепящие стержни; 9 – фильтр (стекло Гурлбата); 10 – измерительная диафрагма; 11 – отводы для измерения давления.

Микроскопический метод обладает высокой точностью результата и позволяет проводить не только исследование размеров частиц, но также исследование их числа и формы. Недостатком данного метода является существенное влияние человеческого фактора на результаты анализа дисперсного состава пыли [67].

Следует отметить, что все перечисленные методы используются для определения дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны промышленных предприятий, в то время как единой методики измерения дисперсного состава пыли в воздухе жилых зон в нашей стране не существует.

Как было отмечено, методы определения массовой концентрации в атмосферном воздухе, положенные в основу измерителей пыли, делят на гравиметрические (взвешивание массы собранных на фильтре частиц) и непрерывные (непосредственное измерение в процессе мониторинга). При этом во всех приборах атмосферный воздух забирается через входное (воздухозаборное) устройство специальной конструкции, которое в зависимости от параметров пропускает частицы только определенной фракции.

Отбор проб на гравиметрию обычно осуществляется с помощью аспираторов или иных пробоотбирающих устройств, для которых требуется ручная замена фильтров. Однако, в последнее время на рынке появились приборы с автоматической сменой фильтров в ходе мониторинга [82].

Сравнительный анализ результатов измерений, полученных на одних и тех же участках территории, показал, что замеры, проведенные с помощью автоматических анализаторов, не совпадают измерениями, выполненными с помощью гравиметрического метода. Решением этой проблемы является отбор проб воздуха на основе гравиметрического метода параллельно с непрерывным автоматическим мониторингом в различные периоды года. Таким способом получают «локальный поправочный коэффициент», который зависит от места мониторинга, времени года и типа прибора. Однако общий поправочный коэффициент определить не представляется возможным.

Для непрерывных измерений используются автоматические анализаторы, принцип действия которых основан на методах нефелометрии, бета-затухания, колеблющегося микробаланса конического элемента, а также пьезоэлектрических методах.

В таблице 2.4 представлены приборы, которые используются для оценки качества воздушной среды.

Таблица 2.4 – Перечень приборов для отбора проб воздуха, используемых в городской среде

Наименование прибора	Принцип действия	Результаты исследования, диапазон полученных измерений, мкм	Примечание
«ДАСТ»	радиоизотопный, основан на поглощении пылевым осадком бета-частиц, испускаемых закрытым источником мягкого бета-излучения	подходит только для измерения концентрации пыли от 0,1 мг/м ³ , но не для определения дисперсного состава пыли	радиоизотопный метод вносит достаточно большую погрешность при улавливании частиц, имеющих форму далеко от сферической
ПУ АИП-01Д	осаждение частиц на подложках пятикаскадного импактора	от 1,0 мкм	в виду больших габаритов и массы не всегда предоставляется возможность добраться точек замеров
ОМПН	регистрация рассеянного излучения оптическим датчиком	при отборе на фильтр в режиме аспиратора результаты показали частицы с размером от 0,5 мкм	высокая погрешность оптического считывания частиц из проходящего

По данным Европейского центра ВОЗ на основании сравнительного анализа приборов, проведенного в последнее время, был рекомендован целый ряд пробоотборников, которые рассчитаны на отбор проб с большим и средним объемом. Данные приборы эквивалентны эталонному пробоотборнику аэрозоля с широким диапазоном объема отбираемых проб. Кроме того, при проведении эпидемиологических исследований и оценке экспозиции повсеместно использовался гарвардский малообъемный импактор. К его достоин-

ствам относится простота в работе и техническом обслуживании, а также способность одновременного отбора проб на содержание PM_{10} и $PM_{2,5}$. Однако применение большинства автоматических пробоотборников имеет и недостаток: дорогостоящее использование.

В пробоотборниках предусмотрено осаждение взвешенных частиц на фильтре путем прокачки пробы воздуха в большом объеме (около 100 м³/ч) или в малом объеме (около 1 м³/ч). Вес частиц аэрозоля, осажденных на фильтре, используется для расчета суточной осредненной концентрации по массе. Специально сконструированные аэродинамические импакторы являются важнейшим условием для надлежащего разделения частиц определенного размера.

Правильное обращение с фильтром также играет важную роль при получении достоверных данных. Такие фильтры должны выдерживаться в контролируемых по влажности и температуре условиях внешней среды – обычно при 20°C и относительной влажности 50% – как минимум в течение 24 часов до и после экспозиции. Затем фильтры тщательно взвешивают на соответствующих микровесах, которые прошли калибровку по аккредитованному методу.

В работе сетей мониторинга качества атмосферного воздуха также используются автоматические анализаторы взвешенных частиц [27]. Функционирование таких приборов основано на следующих принципах действия:

- осцилляционные микровесы с конусообразным элементом
- бета-лучевые абсорбционные анализаторы
- системы рассеяния света.

Для обеспечения экологической безопасности городской среды необходима организация комплексного всестороннего и более углубленного мониторинга запыленности, включающего теоретические и экспериментальные исследования, методы статистического и компьютерного моделирования, системного подхода и системного анализа, с целью разработки мероприятий по улучшению качества атмосферного воздуха.

2.4 Методика, использованная для определения дисперсного состава пыли в воздухе городской среды

Метод, использующийся в диссертационной работе, основан на отборе проб пыли на фильтр АФА-ВП, гравиметрическим методом, с помощью электроасpirатора ЭА-1А и определении массы отобранной пыли (рисунок 2.8). Продолжительность отбора проб воздуха для определения разовых концентраций 20 минут в соответствии ГОСТ 17.2.3.02-78.

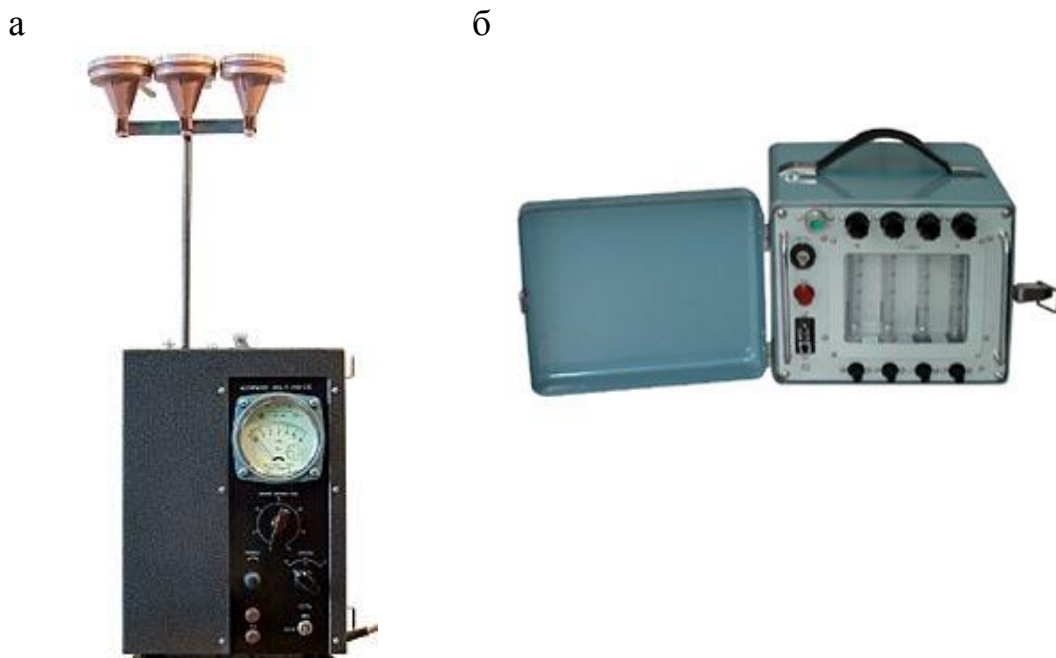


Рисунок 2.8 – Аспираторы: а) аспиратор АВА 3; б) аспиратор М 822

При подготовке к отбору проб фильтры выдерживают в открытых пакетах в течение суток в эксикаторе с осушителем (хлоридом кальция). Затем фильтр извлекают из пакета пинцетом, взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,1 мг, снова упаковывают в бумажный пакет и на пакете записывают номер и массу фильтра. Подготовленные фильтры хранят в сухом помещении при комнатной температуре в условиях, исключающих их загрязнения. Взвешенный до постоянного веса фильтр устанавливают в филь-

родержатель. Для измерения запыленности атмосферного воздуха используют открытый фильтродержатель.

Доставленные в лабораторию фильтры перед взвешиванием выдерживают в течение суток в помещении, где проводится взвешивание. После просушки фильтры взвешивают 2-3 раза до постоянного веса. Концентрацию пыли определяют по формуле:

$$C = \frac{m}{V_0}, \quad (2.9)$$

где m - масса пыли, задержанной на фильтре, определенный гравиметрическим методом как разность весов запыленного после отбора пробы и чистого до отбора пробы фильтра, мг:

V_0 - объем пробы воздуха (газа), прошедшего через фильтр, мЗ.

Объем каждой отобранной пробы необходимо привести к нормальным условиям и рассчитать по формуле:

$$V_0 = \frac{V_l \cdot 273 \cdot (P_i \pm \Delta P_{ac})}{(273 + t) \cdot 101,325}, \quad (2.10)$$

где V_0 - объем отобранной пробы газовых выбросов, мЗ;

P_i - атмосферное давление во время пробоотбора, кПа.;

t - температура газа у аспиратора во время отбора пробы, °С;

V_l - объём отобранной пробы, мЗ:

ΔP_{ac} - разрежение у аспиратора, кПа.

После отбора проб и взвешивания фильтры с отобранной пылью готовят для микроскопического анализа. Анализ проводят посредством снятия изображения, с помощью фотоприставки с последующей обработкой с помощью любого графического пакета.

С помощью компьютерной программы «SPOTEXPLORER», позволяющей производить цифровую обработку черно-белых изображений, по объему пылевидной частицы, рассчитывается её эквивалентный диаметр, и определяется количество частиц различного размера.

Графический способ оформления результатов предусматривает 3 вида построения:

- дифференциальные кривые распределения по размерам (по оси абсцисс откладывают значения $d_{\text{ч}}$, а по оси ординат плотность распределения частиц соответствующего размера в процентах;
- интегральные кривые, каждая точка которых показывает процентное содержание частиц пыли, большего или меньшего размеров;
- гистограмма (по оси абсцисс откладывают размер частиц, а по оси ординат долю частиц, соответствующих данному интервалу, в процентах или относительных единицах).

На рисунке 2.9. представлены интегральные функции распределения массы частиц по диаметру для пыли отобранной в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог [70].

Дисперсный состав пыли описывается с помощью теоретических и экспериментальных зависимостей [8, 9].

Теоретические зависимости получены на базе представлений о закономерностях распределения размеров пылевых частиц. К ним можно отнести: логарифмически-нормальное распределение, формулы Ромашова, Загистина, Гриффиста. К экспериментальным зависимостям, полученные на основе описания результатов анализа дисперсного состава пыли, можно отнести формулы Мартина-Андреасена, Годэна, Розина, Рамблера, Свенсона-Авддеева, Шифрина, Петрояля. Достаточно полный обзор существующих теоретических и экспериментальных распределений фракционного состава промышленных пыли и порошков представлены в работах П.А. Коузова и В.А. Харченко.

Исследования показали, что дисперсный анализ пыли содержащейся в воздушной среде городов подчиняется логарифмически-нормальному распределению. Академик А.Н. Колмогоров, исходя из простых предположений о характере процесса дробления твердых частиц, показал, что в процессе из-

мельчения распределение частиц асимптотически стремится к логнормальному распределению.

Функция прохода $D(d)$ и плотности $\omega(d)$ логарифмически-нормального распределения массы дисперсного материала по диаметра частиц представляется в виде

$$D(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \lg \sigma}} \int_{-\infty}^{\lg d} \exp \left[-\frac{(\lg d - \lg d_{50})^2}{2 \lg^2 \sigma} \right] d \lg d, \quad (2.11)$$

где d_{50} - медиана распределения;

$\lg d$ - стандартное отклонение логарифмов диаметров.

В диссертации был применен вероятностный подход к определению дисперсного состава пыли, поступающей в атмосферный воздух, были проведены исследования направленные на определение постоянства дисперсного состава пыли, выделяющейся при движении транспорта на наиболее загруженных улицах города (рисунок 2.9). В зависимости от целей проведения анализа дисперсного состава пыли подбирается граничный диаметр частиц пыли для разделения их генеральной совокупности на мелкие и крупные.

Расчет концентрации пыли по фракционному составу $CD(d)$ (мг/м³) рассчитывается по формуле:

$$C_{D(d)} = \frac{C}{D(d_q)}, \quad (2.12)$$

где $D(d_q)$ - содержание частиц пыли (%) в определяемом дисперсионном диапазоне, установленном по размеру (диаметру) пылевидных частиц (d_q).

Если $D(d_q)$ выражено в %, то формула имеет следующий вид:

$$C_{D(d)} = \frac{C \cdot D(d)}{100}, \quad (2.13)$$

где C - концентрация пыли (запыленность) в воздухе (газе), мг/м³.

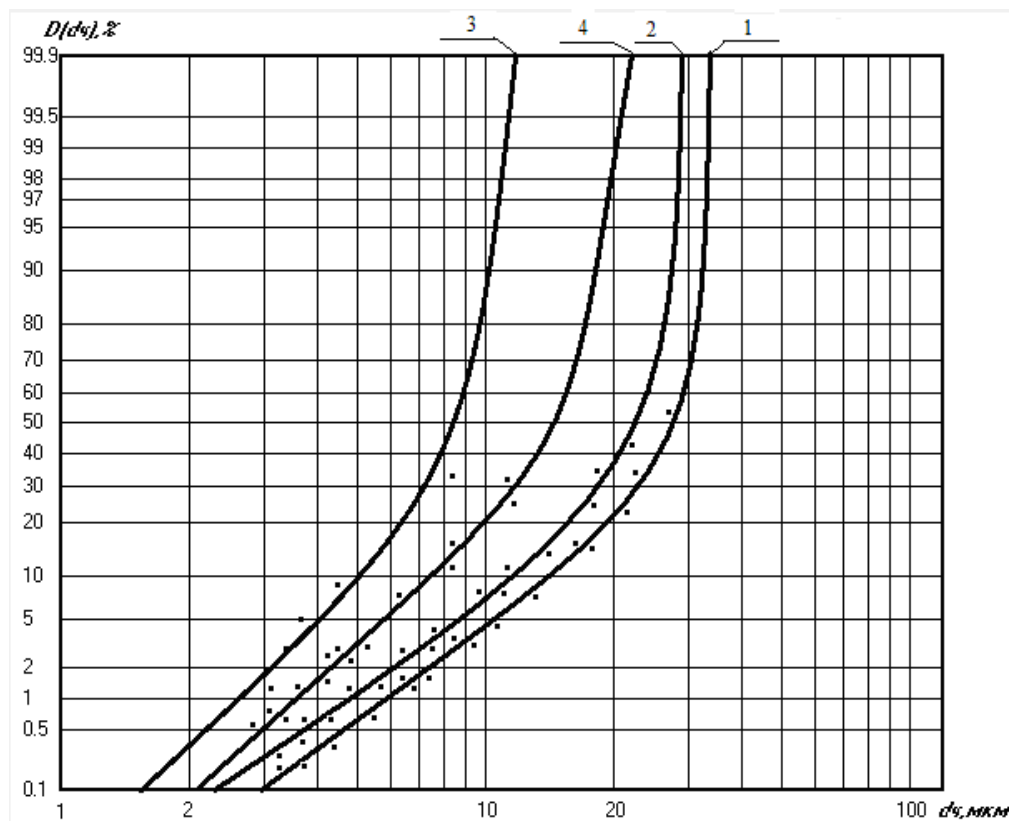


Рисунок 2.9 – Интегральные функции распределения массы частиц $D(d_p)$ по диаметрам пыли в воздухе Центрального района г. Волгограда, отобранной в часы пиковой активности автотранспорта: 1– 8.00; 2 – 12.00; 3 – 16.00; 4 – 20.00.

2.5 Сравнение методов определения дисперсного состава пыли

Для выбора наиболее точной методики определения дисперсного состава был проведен сравнительный анализ дисперсного состава пыли тремя методами: с помощью лазерного анализатора размеров частиц MASTERSIZER в газовой среде, жидкостной среде, и микроскопическим методом.

Метод лазерного измерения в жидкой среде проводился с использованием прибора SALD-2101 Laser Diffraction Particle Size Analyzer (SHIMADZU). Измерения проводились в кварцевой кювете, в которую помещаются растворитель (дистиллированная вода) и определенное количество анализируемой

суспензии. Результаты измерения обрабатываются в программном приложении WingSALD-2101 и представлены в виде интегрального распределения частиц по размерам [107].

Для лазерного метода дисперсного состава пыли в газовой среде, применяется с анализатор размеров частиц MASTERSIZER модификации Micro, 2000, 2000E. Принцип его действия основан на регистрации оптического излучения, рассеянного частицами, находящимися в измерительной кювете анализатора. В качестве источника света в модификациях 2000E и Micro используется He-Ne лазер с длиной волны 632,8 нм, а в модификации 2000-He-Ne лазер и источник синего света. По измеренной зависимости интенсивности рассеянного излучения от угла рассеяния осуществляется расчет распределения частиц по размерам. Рассеянное лазерное излучение регистрируется под разными углами с помощью высокочувствительных многоэлементных детекторов-фотодиодных матриц [107].

На рисунок 2.10 представлены результаты исследования дисперсного состава пыли, полученные микроскопическим и лазерным методом. Анализ полученных графиков показал, что совпадение экспериментальных значений с достаточной степенью точности наблюдается для частиц с диаметром до 20 мкм. Для пыли диаметром более 20 мкм отклонение результатов становится существенным, и позволяет сделать вывод о большей точности стандартной методики [70] исследования дисперсного состава пыли для величин PM_{10} , $PM_{2,5}$.

В настоящем исследовании применена методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли. Она применяется для определения дисперсности пыли, которая образуется как от организованных, так и неорганизованных технологических процессов при производстве, хранении и транспортировке сухих сыпучих материалов, порошков с высокой степенью дисперсности. Это особенно актуально для производств источники, которых выбрасывают в атмосферу пыль, состоящую из мелкодисперсных аэрозолей.

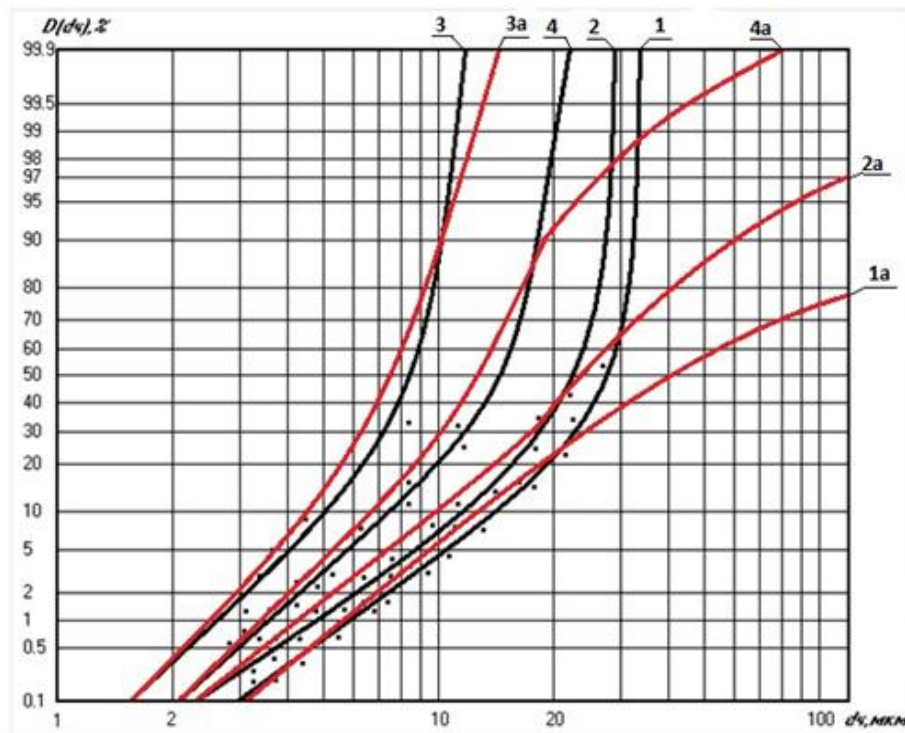


Рисунок 2.10 – Интегральные функции распределения массы частиц $D(d_q)$ по диаметрам пыли в воздухе Центрального района г. Волгограда, отобранной в часы пиковой активности автотранспорта: 1, 1a – 8.00; 2, 2a – 12.00; 3, 3a – 16.00; 4, 4a – 20.00; 1, 2, 3, 4 –микроскопический метод; 1a, 2a, 3a, 4a – лазерный метод в газовой среде.

2.6 Выводы по главе 2

1. Проведен анализ состояния промышленно-транспортного комплекса г. Волгограда, который показал значительное увеличение вклада транспорта в загрязнение окружающей среды, что связано с ростом количества автотранспортных средств и неудовлетворительным состоянием автомобильных дорог. Выделены участки дорог по районам города с наибольшей интенсивностью движения, а также проведен анализ запыленности по районам города вблизи наиболее загруженных автомобильных дорог.

2. Рассмотрены факторы, влияющие на содержание пыли в воздухе городской среды. Концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе зависит от множества факторов, таких как климатологические, факторы режима движения транспортных потоков, наличие стационарных источников выбросов загрязняющих веществ и удаленность от них, уровня химической активности загрязняющих веществ. Исследовано влияние ряда факторов на концентрацию пыли и PM_{10} в воздухе. Получены зависимости изменения содержания пыли от скорости движения воздуха, относительной влажности и интенсивности движения транспорта.

3. Анализ существующих методов определения дисперсного состава пыли показал, что они предназначены для исследований содержания пыли в рабочей зоне. Единой методики измерения дисперсного состава пыли в воздухе жилых зон вблизи автомобильных дорог в нашей стране не существует.

4. Для определения содержания мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды использован микроскопический метод. Данный метод позволяет определить наличие в воздушной среде частиц до 0,1 мкм.

5. Проведено сравнение методов анализа дисперсного состава пыли с помощью лазерного анализатора размеров частиц MASTERSIZER в газовой среде, жидкостной среде, и микроскопическим методом. Наиболее приемлемыми методами являются те, которые основаны либо на прямом микроскопическом измерении частиц, либо на рассеянии лазерного луча на частицах пыли в газовой фазе.

ГЛАВА 3 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

3.1 Дисперсный анализ как случайная функция

Исследования, проведенные в воздушной среде вблизи городских автомобильных дорог, показали, что в результате изменений режимов движения транспорта и метеорологических параметров в ряде случаев колебания дисперсного состава пыли будут значительно выше, чем погрешность методов измерений. В этом случае разброс значений функции прохода следует отнести не к разряду ошибок, а к особенностям случайного процесса, который в силу влияния различных факторов (интенсивность и скорость движения транспорта) и изменяющихся в определенных пределах параметров воздушной среды (влажность и скорость ветра и т. п.) определяет фракционный состав пыли. Поэтому представляется целесообразным рассматривать функции, описывающие дисперсный состав взвешенных частиц в воздушной среде городов не как детерминированные, а как случайные [3, 4].

На рисунке 3.1 представлены результаты исследования дисперсного состава пыли. Рассмотрим эти функции как случайные, которые принимают вид $D(d_q)$ и изменяются в интервале $\Delta=[d_{\min}, d_{\max}]$. В каждом конкретном случае измерений D является детерминированной функцией параметра d_q , которую можно назвать траекторией или реализацией случайной функции $D(d_q)$.

На основании обработки результатов измерений, представленных на рисунке 3.1 для пыли, отобранной в воздушной среде, вблизи автомобильных дорог, в часы пиковой активности транспорта получены случайные функции плотности распределения значений случайных величин в сечениях случай-

ной функции прохода для наиболее характерных размеров частиц: PM_{10} и $PM_{2,5}$ (рисунок 3.1.)

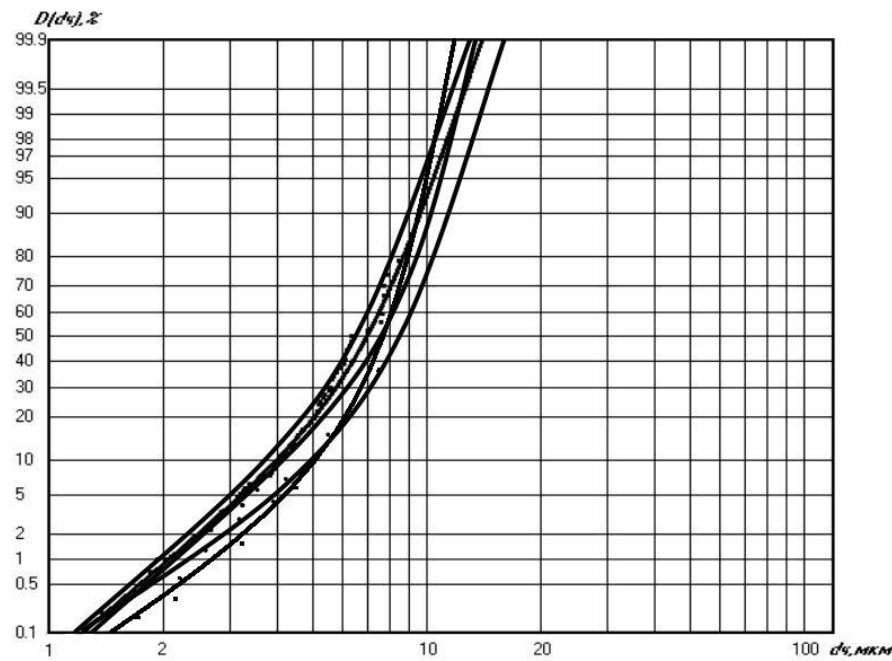


Рисунок 3.1 – Интегральная функция распределения массы по диаметрам частиц для пыли, отобранной в воздухе вблизи городских автомобильных дорог при интенсивности в часы пиковой активности автомобильного транспорта

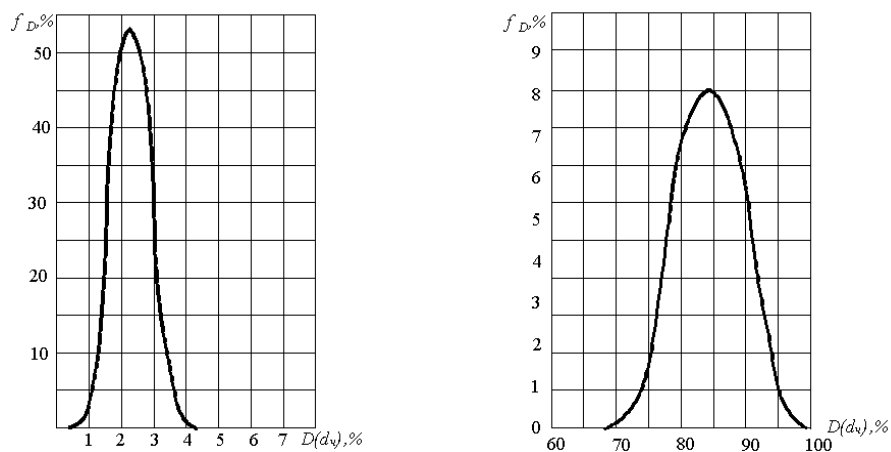


Рисунок 3.2 – Функции плотности распределения пыли, отобранной в воздухе вблизи городских автомобильных дорог при интенсивности в утренние часы пиковой активности автомобильного транспорта для частиц пыли PM_{10} и $PM_{2,5}$

Значения этих функций могут быть использованы для расчета вероятности превышения нормативных значений PM_{10} и $PM_{2,5}$

3.2 Оценка среднего уровня превышений нормативов при мониторинге пылевого загрязнения городской среды

Одной из характерных особенностей движения транспорта в городской среде является его нестационарность, связанная с неравномерностью скорости движения, неоднородностью состава транспортного потока, с изменяющейся интенсивностью движения и др. В результате содержание пыли в воздушной среде вблизи автомобильных дорог может изменяться в некотором диапазоне. В свою очередь, это обуславливает колебания значений концентраций, включая возрастание до уровня, превосходящего установленные нормативы.

Большинство статистических наблюдений, проводится посредством процедуры квантования, и это приводит к тому, что во многих случаях экстремумы становятся менее выраженными. Однако имеются достаточно полные (асимптотические) теории для экстремумов, которые могут быть применены для целей описания или предсказания.

При этом очень важно, чтобы по результатам экспериментальных данных не были отмечены выходы за уровень $C_{норм}$ в течение двух или более соседних дней, т.е. отсутствуют группы превышений. Вторым условием является то, что период между превышениями должен быть также достаточно велик, и поэтому возможна независимость между максимумами на соседних интервалах. Для таких случаев пуассоновское распределение превышений или выходов за высокий уровень дает приемлемое согласие с наблюдаемым распределением.

Другой важнейшей характеристикой пылевой обстановки в воздушной среде можем считать интегральную концентрацию $C(dч)$ пыли в воздухе городской среды, соответствующую массовой концентрации всех частиц с

размерами до $d_{\text{ч}}$, которую также можно рассматривать как случайную функцию (рисунок 3.3).

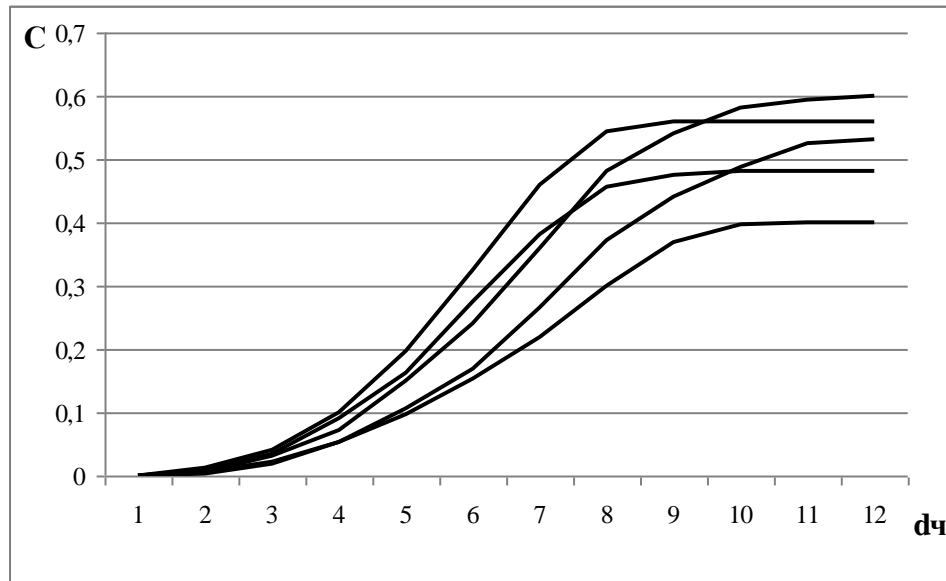


Рисунок 3.3 – Примеры функций интегральных концентраций пыли отобранной в воздухе городской среды в различных районах города

Во многих случаях функцию $C(d_{\text{ч}})$ можно представить как произведение общей концентрации пыли C_0 , которая также может рассматриваться как случайная величина, и случайной функции прохода $D(d_{\text{ч}}, \omega)$.

$$C(d_{\text{ч}}) = C_0 \cdot D(d_{\text{ч}}, \omega). \quad (3.1)$$

Важным частным случаем задачи исследования $C(d_{\text{ч}})$ является определение концентраций PM_{10} и $PM_{2,5}$ как случайных величин.

Такой подход позволяет не только получить характеристики дисперсного состава пыли в воздушной среде, но и определить ряд дополнительных показателей. Например, актуальной проблемой при оценке пылевой обстановки является определение вероятности того, что величина фракционной концентрации превосходит некоторую величину возможного норматива.

Рассмотрим задачу в общем случае. Пусть $C(t)$ – случайная функция, например, PM_{10} , $PM_{2,5}$, $C_{\text{м.р.}}$, $C_{\text{с.с.}}$. Если рассматривать $C(t)$ как дифференцируемую случайную функцию, то необходимо определить

вероятности следующих событий: в момент времени t ордината случайной функции должна быть не больше $C_{\text{норм}}$ и в момент времени $t+dt$ ордината случайной функции должна быть больше $C_{\text{норм}}$, т.е. $P(C \leq C_{\text{норм}}; C > C_{\text{норм}})$.

Наибольший интерес на практике получила теория стационарных случайных процессов, или, точнее, теория стационарных случайных функций (так как аргументом стационарной случайной функции в общем случае может быть и не время).

Для стационарной случайной функции $C(t)$ корреляционная функция $K_C(t_1, t_2) = M((C(t_1) - M_{C(t_1)})(C(t_2) - M_{C(t_2)}))$ зависит не от обоих своих аргументов t_1 и t_2 , а только от разности Δt между ними, т.е. от длины интервала:

$$K_C(t_1, t_2) = K_C(t_2 - t_1) = K_C(\Delta t), \quad (3.2)$$

где M — математическое ожидание,

$M_{C(t_1)}$ и $M_{C(t_2)}$ — математические ожидания сечений, соответствующих фиксированным значениям аргументов t_1 и t_2 .

Плотность распределения ординат случайной функции $f(C|t)$ и плотность распределения скоростей $f(C, v|t)$ не зависят от времени, где

$$v(t) \equiv \frac{dC(t)}{dt}.$$

Обозначим эти плотности соответственно: $f(C)$ и $f(C, v)$.

Тогда среднее время пребывания стационарной случайной функции выше заданного уровня $C_{\text{норм}}$ в течение времени T , среднее число выходов за этот же промежуток времени и средняя длительность выхода определяются формулами 3.3, 3.4, 3.5 соответственно:

$$\bar{t} = T \int_{C_{\text{норм}}}^{\infty} f(C) dC; \quad (3.3)$$

$$\bar{n} = T \int_0^{\infty} \nu f(C_{\text{норм}}, \nu) d\nu; \quad (3.4)$$

$$\tau = \frac{\bar{t}}{\bar{n}}. \quad (3.5)$$

Кроме того, можно определить среднее число выходов в единицу времени за фиксированный уровень $C_{\text{норм}}$:

$$\bar{\nu}_{C_{\text{норм}}} = \frac{\bar{n}}{T}. \quad (3.6)$$

Для стационарного процесса

$$\bar{\nu}_{C_{\text{норм}}} = \int_0^{\infty} \nu f(C_{\text{норм}}, \nu) d\nu, \quad (3.7)$$

т.е. не отличается от вероятности выброса в единицу времени.

Если рассматривать нормальный стационарный процесс, то можно получить простые расчетные формулы. В этом случае закон распределения случайной функции однозначно выражается через её математическое ожидание $M_{C(t)} = M_C$ и её дисперсию $\sigma_C^2 = K_C(0)$.

$$f(C) = \frac{1}{\sigma_C \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(C-M_C)^2}{2\sigma_C^2}}. \quad (3.8)$$

Скорость изменения ординаты случайной функции и ординату случайной функции для того же момента времени можно считать некоррелированными случайными величинами, а для нормального случайного процесса, следовательно, и независимыми величинами. Поэтому двумерная плотность вероятности $f(C, \nu)$ распадается на произведение нормальных плотностей распределения для случайных функций C и V :

$$f(C, \nu) = \frac{1}{\sigma_C \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(C-M_C)^2}{2\sigma_C^2}} \cdot \frac{1}{\sigma_V \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\nu^2}{2\sigma_V^2}}, \quad (3.9)$$

где дисперсия скорости изменения ординаты случайной функции σ_V^2 определяется по формуле:

$$\sigma_v^2 = -\frac{d^2 K_C(0)}{dt^2}, \quad (3.10)$$

т.е. значению корреляционной функции скорости в нуле. Математическое ожидание $V(t)$ вследствие стационарности случайного процесса равно нулю.

Однако нужно иметь ввиду, что для практических расчетов, необходимо проверять независимость, стационарность случайного процесса и имеет ли место для него нормальный или логарифмически-нормальный закон.

При подстановке (3.9) в (3.7) получаем формулу для среднего числа выходов за уровень $C_{\text{норм}}$ в единицу времени:

$$\bar{v}_{C_{\text{норм}}} = \frac{\sigma_v}{2\pi\sigma_C} \cdot e^{-\frac{C_{\text{норм}}^2 - M_C^2}{2\sigma_C^2}}. \quad (3.11)$$

Формулу (3.11) принято называть формулой Райса [64]. Распределение, введенное американским учёным Стефаном Райсом, нашло применение в широком диапазоне научных и технических задач. Изначально статистическая модель Райса описывает решение тех задач анализа случайного сигнала, которые связаны с измерением величины амплитуды, или огибающей сигнала, формируемого как сумма исходного сигнала и случайного шума, состоящего из большого числа независимых нормально распределенных компонент [127]. Однако имеет место использование распределения Райса и для анализа схожих случайных процессов.

Аналогично, после подстановки (3.9) в (3.5) будем иметь среднюю длительность выхода за фиксированный уровень $C_{\text{норм}}$:

$$\tau = \frac{\pi\sigma_C}{\sigma_v} e^{-\frac{C_{\text{норм}}^2 - M_C^2}{2\sigma_C^2}} \left(1 - \Phi\left(\frac{C_{\text{норм}} - M_C}{\sigma_C}\right) \right), \quad (3.12)$$

где $\Phi(t)$ — интегральная функция Лапласа,

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-z^2/2} dz.$$

На практике по эмпирическим данным получают корреляционную

функцию, которую можно аппроксимировать в случае стационарного процесса, например, дифференцируемыми функциями (3.13) – (3.16)

$$K(C) \approx \sigma^2 e^{-a^2 C^2} \quad (3.13)$$

$$K(C) \approx \sigma^2 e^{-a|C|} \left(\cos \beta C + \frac{a}{\beta} \sin \beta C \right) \quad (3.14)$$

$$K(C) \approx \sigma^2 e^{-a^2 C^2} \cos \beta C \quad (3.15)$$

$$K(C) \approx \sigma^2 e^{-a|C|} \left(1 + a|C| \right) \quad (3.16)$$

3.3 Выбор расчетной модели для аппроксимационного представления интегральной функции распределения массы частиц по диаметрам пыли, отобранной в воздушной среде городов

Результаты анализа дисперсного состава пыли, представленные в виде интегральных кривых распределения массы частиц по диаметрам показывают, что они описываются кусочным логарифмически-нормальным распределением.

В проведённых ранее исследованиях рассмотрено 2 метода описания интегральной функции распределения с использованием метода аппроксимации непрерывными линейными и нелинейными функциями:

1. метод с использованием двухзвенного сплайна (линейная функция и гипербола) [90];

2. метод с использованием трехзвенного сплайна (линейная функция, парабола и гипербола) [81].

Рассмотрим каждый из этих методов применительно к пыли находящейся в воздушной среде городов.

3.3.1 Метод аппроксимации с использованием двухзвенного сплайна

Рассмотрим область значений всех размеров частиц δ на двух участках: первый участок $\delta \leq \delta_{кр1}$, второй участок $\delta_{кр1} \leq \delta < \delta_{кр2}$ (рисунок 3.4).

Аппроксимируем функцию на участке $[0, x_{кр1}]$ линейной функцией:

$$y_1 = a_1 + kx \quad (3.17)$$

На участке $[x_{кр1}, x_{кр2}]$ аппроксимируем функцию возрастающей гиперболической функцией, имеющей вертикальную асимптоту $x_{кр2} = \lg x_{кр2}$:

$$y_2 = a_2 + \frac{a_3}{x_{кр2} - x}. \quad (3.18)$$

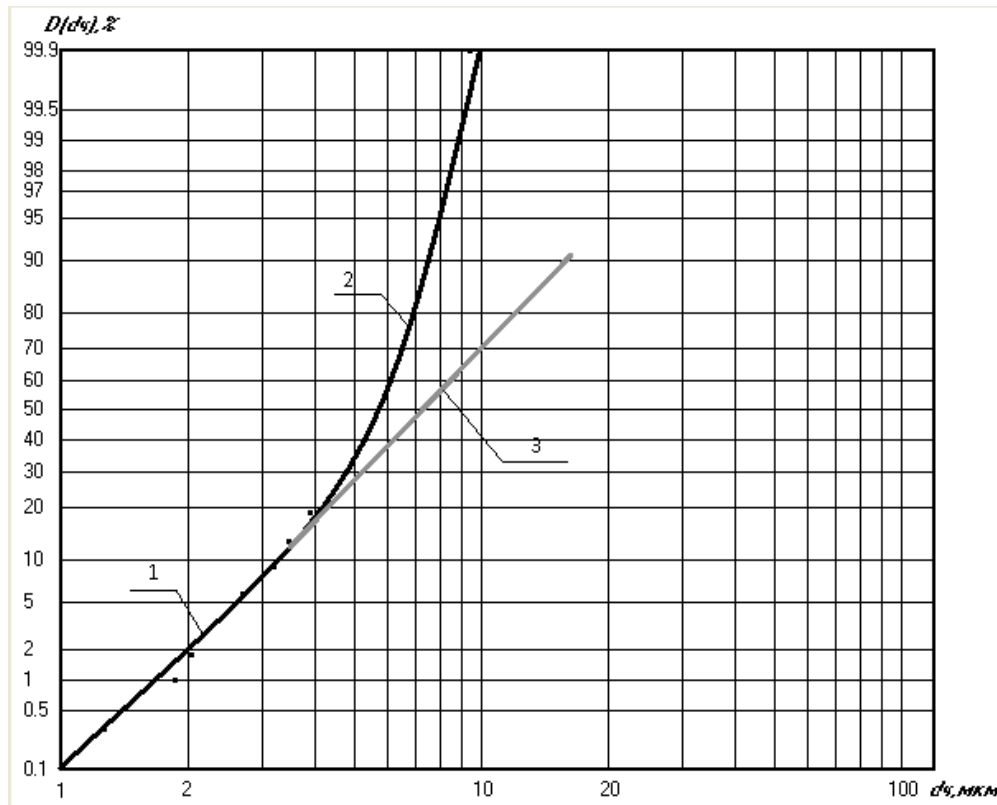


Рисунок 3.4 – Аппроксимация интегральной функции распределения дисперсного состава пыли линейной и нелинейной функциями: 1 – линейная функция; 2 – нелинейная функция; 3 – касательная

В точке сочленения $x = x_{кр1}$ равны не только значения функций $Y_1(x_{кр1})$ и $Y_2(x_{кр2})$, но и производные этих функций:

$Y_1(x)$ – слева, $Y_2(x)$ – справа.

Подбор коэффициентов a_1, a_2, a_3, k осуществляется из перечисленных выше условий:

Проведя ряд преобразований получим следующую систему уравнений функций распределения:

$$Y = \begin{cases} y_{kp1} + k(x - x_{kp1}), & \text{при } x \leq x_{kp1} \\ y_{kp1} - k\Delta + \frac{k\Delta^2}{x_{kp2} - x}, & \text{при } x_{kp1} \leq x < x_{kp2} \end{cases} \quad (3.19)$$

где $Y_1, Y_2 \dots Y_N$ – значения интегральной функции распределения, полученные в результате экспериментальных замеров в точках $x_1, x_2 \dots x_N$.

Искомая функция должна быть выбрана из условия минимума квадратичной формы $\sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 = \varepsilon^T \cdot \varepsilon$ при изменении трех параметров: x, y_0, k .

Этот минимум будем искать следующим образом:

Для каждого x необходимо найти величину $\min_{y_0, k} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2$ и

соответствующие этому значению x значения y_0, k . Введем следующие обозначения: $Y = (y_1 \dots y_N)^T$ – вектор значений интегральной функции (T – символ транспонирования); $\theta = (y_0, k)^T$ – вектор неизвестных параметров; $\varepsilon = (\varepsilon_1 \dots \varepsilon_N)^T$ – вектор отклонений; $F(x)$ – матрица размером $(N \times 2)$, зависящая от x ($x_i \leq x$ при $i \leq n, x_i > x$ при $n < i \leq N$).

$$F(x) = \begin{pmatrix} 1 & \bar{x}_1 \\ 1 & \bar{x}_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \bar{x}_{p-1} \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \left(-1 + \frac{\Delta^2}{\Delta - \bar{x}_p} \right) \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \left(-1 + \frac{\Delta^2}{\Delta - \bar{x}_N} \right) \end{pmatrix} \quad (3.20)$$

Задача нахождения вектора θ (y_0, k) для каждого фиксированного x сводится к задаче оптимального планирования [2], которая в матричной форме имеет вид:

$$Y = F(x_0)\theta + \varepsilon. \quad (3.21)$$

Согласно теореме Гаусса-Маркова, при условии $\det F^T \cdot F \neq 0$, оценки θ метода наименьших квадратов определены однозначно, являются наилучшими линейными несмещенными оценками и имеют вид:

$$\theta(x_0) = (F^T F)^{-1} F^T Y. \quad (3.22)$$

Поэтому для каждого x наименьшее по параметрам $y_{кр1}, k_1, k_2$ значение $\varepsilon^T \varepsilon$ определяется следующим образом:

$$\min_{y_0, k_1, k_2} \varepsilon^T \varepsilon(x_0) = (Y - F(F^T F)^{-1} F^T Y)^T (Y - F(F^T F)^{-1} F^T Y) \quad (3.23)$$

Рассмотрим пример аппроксимации интегральной функции распределения дисперсного состава пыли отобранной в воздушной среде жилой зоны (рис. 3.4.).

Экспериментальные данные для расчета аппроксимации интегральной функции распределения массы частиц по диаметру, представлены в таблице 3.1.

Получим матрицу $F(x)$ следующего вида:

$$F(x) = \begin{pmatrix} 1 & -0,0287 \\ 1 & 0,1010 \\ 1 & 0,2720 \\ 1 & 0,3083 \\ 1 & 0,4323 \\ 1 & 0,5073 \\ 1 & 0,5398 \\ 1 & 0,0021 \\ 1 & 5,4988 \end{pmatrix}$$

Таблица 3.1 – Экспериментальные данные для расчета аппроксимации интегральной функции распределения

$d_{э\kappa\theta}$ (мкм)	D (%)
0,282	0,016
0,399	0,022
0,489	0,033
0,631	0,058
0,936	0,139
1 262	0,337
1 871	0,982
2 034	1,81
2 706	5 712
3 216	8 987
3 466	13 087
3 919	19 015
9 369	100

Тогда вектор значений интегральной функции при указанных экспериментальных данных:

$$Y = \begin{pmatrix} -3 \\ -2,701 \\ -2,334 \\ -2,095 \\ -1,580 \\ -1,342 \\ -1,125 \\ -0,877 \\ 3,090 \end{pmatrix}$$

Следовательно $\theta(x_0) = (-0,9943 \quad 0,95599)$

Рассчитав для узловых точек $x_{kp1} = 3,9$ (мкм) получаем коэффициенты $k=0,9559$, $a_1=0,4268$, $a_2=-2,5363$, $a_3=0,1606$

Соответствующие коэффициенты k , a_1 , a_2 , a_3 подставляем в аппроксимирующие функции и получаем следующее уравнение:

$$\begin{cases} Y_1(x_{kp1}) = 0,43 + 0,9x_{kp1}, \\ Y_2(x_{kp1}) = 2,5 + \frac{0,16}{x_{kp2} - x_{kp1}}. \end{cases} \quad (3.23)$$

Получаем наименьшее по параметрам k , a_1 , a_2 , a_3 , значение $\varepsilon^T \varepsilon$:

$$\min_{y0, k1, k2} \varepsilon^T \varepsilon(x_0) = 0,0265$$

3.3.2 Метод аппроксимации с использованием треххвостного сплайна

Рассмотрим область значений всех размеров частиц δ на трех участках: первый участок $\delta \leq \delta_{узн.1}$, второй участок $\delta_{узн.1} \leq \delta < \delta_{узн.2}$, третий участок $\delta_{узн.2} \leq \delta < \delta_{узн.3}$ (рисунок 3.5).

Задача описания аппроксимации экспериментальных значений состоит в нахождении функции $D\Phi_i$, где $i = 1 \div N$, по выбранным функциям:

$$kvanerf(D\Phi_i) = \begin{cases} (k \lg \delta_i + p) + \varepsilon_i, & \text{при } \delta_i < \exp x_{узн.1} \\ (c + b \lg \delta_i + a \lg^2 \delta_i) + \varepsilon_i & \text{при } \exp x_{узн.1} \leq \delta_i < \exp x_{узн.2} \\ \frac{S}{x_{узн.3} - \lg \delta_i} + \varepsilon_i & \text{при } \exp x_{узн.2} \leq \delta_i < \exp x_{узн.3} \end{cases} \quad (3.24)$$

где $x = \lg \delta_i$, $kvanerf$ - квантиль интеграла вероятности.

Задача аппроксимации сводится к нахождению 9 параметров: 6 коэффициентов: k , p , a , b , c , S , 3-х узловых точек $\delta_1, \delta_2, \delta_3$.

аппроксимирующих функций «прямая-парабола-гипербола» $y_1=kx+p$, $y_2=ax^2+bx+c$, $y_3=S/\Delta$.

Трёхзвенный сплайн также выбираем из условия минимума квадратичной

формы $\sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 = \varepsilon^T \cdot \varepsilon$ при изменении параметров k, p, a, b, c

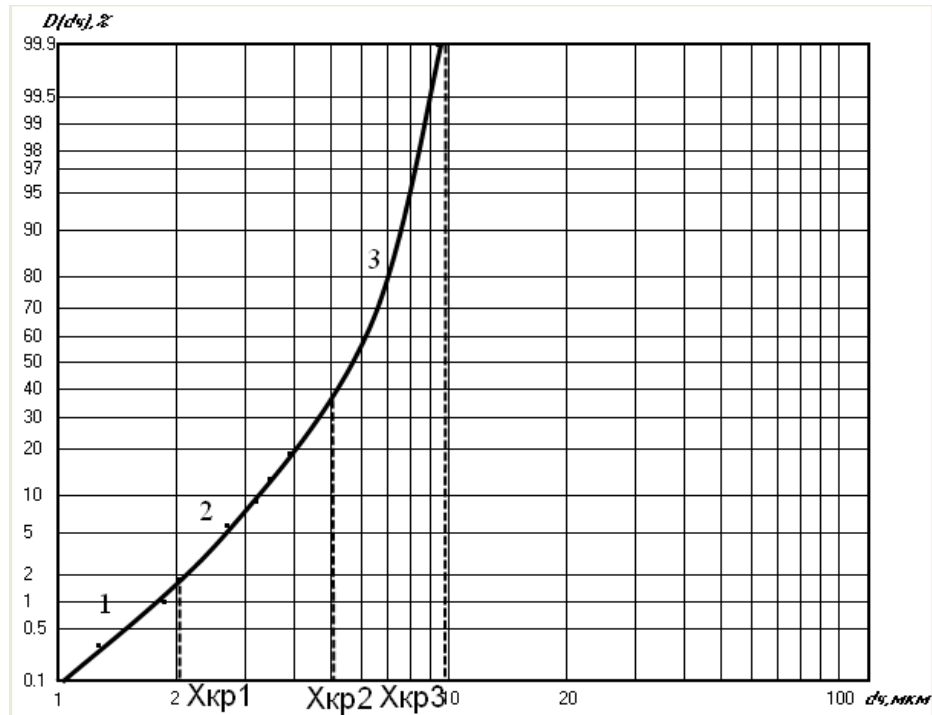


Рисунок 3.5 – Аппроксимация из 3-х функций: 1 – линейная; 2 – парабола; 3 – гипербола

В узловых точках для оптимального согласования кривых y_1, y_2, y_3 , задаваемых на участках $[0, x_{кр1}]$, $[x_{кр1}, x_{кр2}]$, $[x_{кр2}, x]$ предполагаем соблюдение равенств самих функций, их первых и вторых производных:

На основании требований связи для трёх участков получаем СЛАУ:

$$\begin{cases} kx_1 + p - ax_1^2 - bx_1 - c = 0, \\ k - 2ax_1 - b = 0, \\ -ax_2^2 - bx_2 - c + \frac{S}{\Delta} = 0, \\ 2a x_2 + b + \frac{S}{\Delta^2} = 0, \\ 2a - \frac{2S}{\Delta^3} = 0, \end{cases} \quad (3.25)$$

Проведя ряд преобразований, получим следующую систему уравнения:

$$\bar{l} = \begin{pmatrix} k \\ p \\ c \\ b \\ a \end{pmatrix} = S \begin{pmatrix} (-2x_1 - 2x_2)q^3 & -q^2 \\ (x_1^2 + x_2^2)q^3 & +x_2q^2 + q \\ x_2^2q^3 & +x_2q^2 + q \\ -2x_2q^3 & -q^2 \\ q^3 \end{pmatrix} \quad (3.26)$$

где $q = \frac{1}{x_{y3.3} - x_{y3.2}} = \frac{1}{\Delta}$.

Последовательно находя коэффициенты: k , p , c , b , a , S , при которых для заданных значений в узловых точках $x_{y3.1}$, $x_{y3.2}$, $x_{y3.3}$ отклонение функций вида $\sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2$ от экспериментальных значений будет минимальным. Таким образом, данный алгоритм позволяет получить более точное представление интегральной функции распределения массы частиц пыли.

Используя экспериментальные данные из предыдущего раздела (таблица 3.1), получим матрицу $F(x)$ следующего вида:

$$F(x) := \begin{pmatrix} -2.204 \times 10^5 + -8.752 \times 10^5 \cdot x \\ 3.567 \times 10^4 \cdot x^2 + -6.484 \times 10^5 \cdot x + 2.977 \times 10^6 \\ \frac{1}{x} \end{pmatrix}$$

Рассчитав матрицу для узловых точек $x_{kp1} = 3$ (мкм), $x_{kp2} = 8$ (мкм), получаем коэффициенты $k = 5.22$, $p = 1.32$, $a = 0.065$, $b = -1.17$, $c = 5.4$, $S = -45.905$. Используя полученные коэффициенты составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 5,22x_1 + 1,32 - 0,065x_1^2 + 1,17x_1 - 5,4 = 0, \\ 5,22 - 0,13x_1 + 1,17 = 0, \\ -0,065x_2^2 + 1,17x_2 - 5,4 - \frac{45,9}{\Delta} = 0, \\ 0,13x_2 - 1,17 - 45,9 = 0, \\ 0,13 + \frac{91,8}{\Delta^3} = 0 \end{cases} \quad (3.28)$$

По параметрам k, p, c, b, a, S определяем значение $\varepsilon^T \varepsilon = 0,0212$

Таким образом рассчитав сумму квадратов отклонения $\varepsilon^T \varepsilon$ двумя методами, можно сделать вывод, что для пыли отобранной в воздухе городской среды вблизи автомобильной дороги с интенсивным движением наиболее точное описание аппроксимации достигается трехзвенным сплайном. Величина отклонения в этом случае меньше на 20%, чем при использовании двухзвенного сплайна. Однако, следует отметить, что расчёт аппроксимации с использованием трехзвенного сплайна трудоемкий и для простоты расчета возможно использование двухзвенного сплайна в случае когда диапазон изменения диаметров пыли незначителен.

3.4. Выводы по главе 3

1. Исследования, проведенные в воздушной среде вблизи городских автомобильных дорог, показали, что следует рассматривать функции, описывающие дисперсный состав взвешенных частиц в воздушной среде городов как случайные.

2. Актуальной проблемой при оценке пылевой обстановки является определение вероятности того, что величина фракционной концентрации превосходит некоторую величину возможного норматива. Для расчета обосновано применение формулы Райса, с помощью которой можно определить среднее число и среднюю длительность превышения концентраций мелкодисперсной пыли за фиксированный уровень нормативов.

3. При сравнении методов описания функции распределения массы частиц по диаметрам наиболее точное описание данных кривых достигается при использовании трехзвенного сплайна (прямая-парабола-гипербола), т.к. при данной аппроксимации сумма квадратов отклонений ε меньше, чем при использовании двухзвенного сплайна (прямая-гипербола).

ГЛАВА 4 ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ Г. ВОЛГОГРАДА)

4.1 Методика и условия проведения опытных исследований

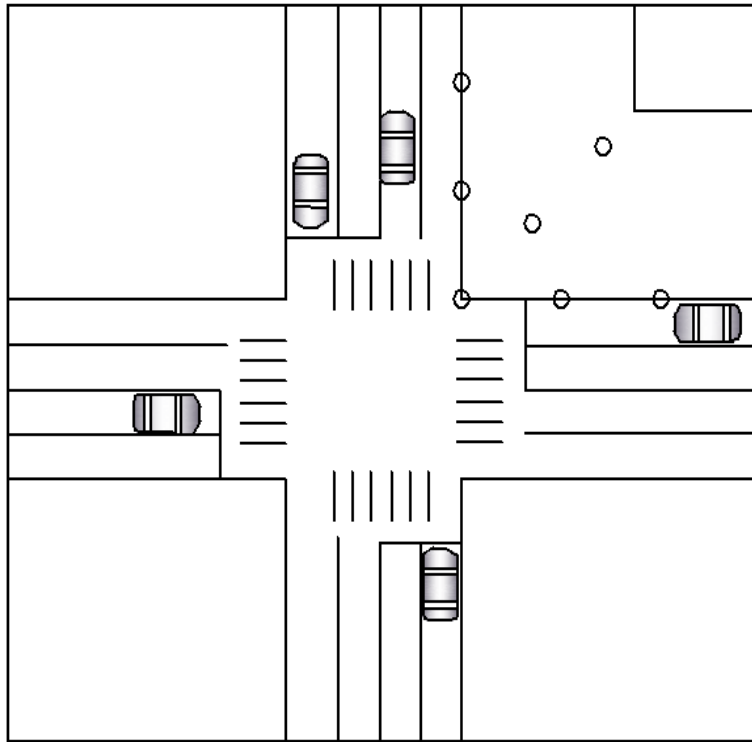
Для исследования дисперсного состава и концентрации мелких фракций пыли были проведены экспериментальные исследования распространения пыли вблизи основных магистралей города.

Исследования изменения концентрации и дисперсного состава пыли проводились в воздушной среде г. Волгограда в зависимости от различных факторов. Измерения проводились в различное время года в различных районах города в жилой зоне на пересечениях автомобильных дорог и перегонах с достаточно высокой интенсивностью движения транспорта [78]. Точки отбора проб показаны на рисунке 4.1

Для получения среднесуточных значений концентрации загрязняющих веществ в воздухе городской пробы отбирают в 7, 13, 19 и 01 ч по местному дискретному времени. Среднюю суточную концентрацию можно также получить при более частых отборах проб воздуха в течение суток, но проводить замеры обязательно через равные промежутки времени. Наилучшим способом получения средних суточных значений является непрерывный отбор проб воздуха в течение 24 ч.

Для определения выбросов автотранспорта на городских автодорогах и последующего их использования в качестве исходных данных при проведении расчетов загрязнения атмосферы проводится изучение особенностей распределения автотранспортных потоков (их состава и интенсивности) по городу и их изменений во времени (в течение суток, недели и года).

а)



б)

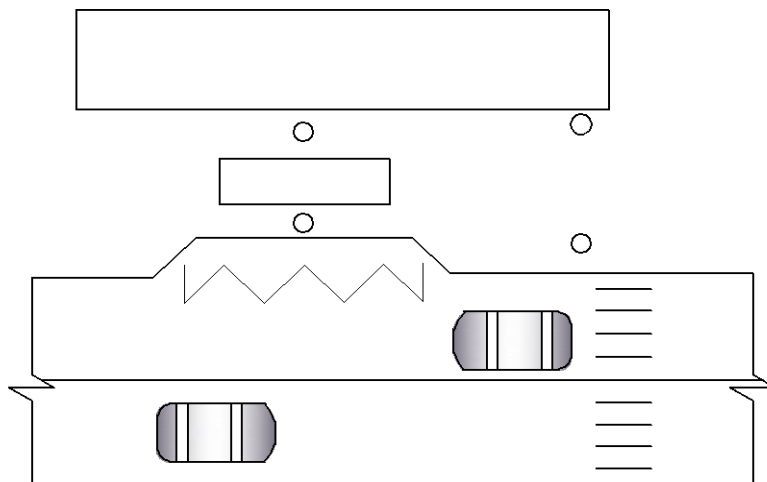


Рисунок 4.1 – Расположение точек замеров: а) – на пересечениях; б) – на перегоне вблизи переходов, остановочных пунктов; О– точки замеров

Интенсивность движения определялась путем учета числа проходящих транспортных средств.

Кроме того учитывался и состав транспортного потока. Подсчет (в обоих направлениях) проводится во временном промежутке в один час. При

описании структуры транспортного потока учитываются основные категории транспортных средств: легковые и грузовые автомобили, автобусы.

Транспортный поток подразделялся на пять групп расчетных автомобилей:

Расчетный легковой автомобиль (РЛА) – усредненная модель легкового автомобиля, отражающая существующее распределение легковых автомобилей с двигателями различного литража в потоке;

расчетный грузовой автомобиль с бензиновым двигателем (РГАБ) - усредненная модель грузового автомобиля с бензиновым двигателем, отражающая существующее распределение грузовых автомобилей различной грузоподъемности в потоке;

расчетный грузовой автомобиль с дизельным двигателем (РГАД) - усредненная модель грузового автомобиля с дизельным двигателем, отражающая существующее распределение грузовых автомобилей различной грузоподъемности в потоке;

расчетный автобус с бензиновым двигателем (РАБ) – усредненная модель автобуса с бензиновым двигателем, отражающая существующее распределение автобусов различного класса в потоке;

расчетный автобус с дизельным двигателем (РАД) – усредненная модель автобуса с дизельным двигателем, отражающая существующее распределение автобусов различного класса в потоке.

В протоколе обследования интенсивности движения и состава потока отдельно фиксировалось количество легковых (л), грузовых (г) автомобилей и автобусов (а), проезжающих через исследуемое сечение в заданный период времени.

Подсчёт проходящих по данному участку автодороги транспортных средств проводится в течение 20 минут каждого часа. При высокой интенсивности движения (более 2-3 тыс. автомашин в час) подсчет проходящих автотранспортных средств проводится синхронно отдельно по каждому направлению движения.

Для сбора указанной информации использовались секундомер и специальные бланки для учета, закрепленные на планшете. Пример бланка учета интенсивности показан на рисунке 4.2.

ЖУРНАЛ
обследования характеристик движущегося автотранспортного потока

(название автодороги, направление движения)

(ширина проезжей части, количество полос движения)

Дата	Время подсчета, за период 20 минут	Число автомобилей по категориям					Скорость движения потока, км/ч		
		Л	АМ	$\Gamma \leq 12$	$\Gamma > 12$	$A > 3,5$	Легковые	Грузовые	Автобусы
1	2	3	4	5	6	7	11	12	13

Рисунок 4.2 – Пример бланка учета интенсивности движения транспорта на контрольном перекрестке

На обследуемом перекрёстке фиксируются следующие параметры:

- ширина проезжей части (в метрах);
- количество полос движения в каждом направлении;
- протяжённость зоны перекрёстка в каждом направлении (в метрах).

Учитывая, что метеорологические факторы определяют перенос и рассеяние вредных веществ в атмосферном воздухе, отбор проб воздуха должен сопровождаться наблюдениями за основными метеорологическими параметрами, к числу которых относятся: скорость и направление ветра, температура и влажность воздуха, атмосферные явления, состояние погоды и подстилающей поверхности.

При проведении исследования учитывались все климатические факторы, которые могли бы сказаться на величинах концентраций загрязняющих веществ, выделяющихся при движении автомобильного транспорта. Поэтому при сопоставлении данных замеров выбирались те значения, которые были получены при одинаковых метеорологических условиях.

Натурные исследования проводились в период с марта по ноябрь 2012, 2013 и 2014 г.г. Эти периоды характеризуется широким диапазоном влажности, скорости ветра, температур (по многолетним данным температура колеблется от +4 до +35°C, влажность 20-80%, скорость ветра 0-15 м/с). Измерения скорости, температуры воздуха, относительной влажности, а также атмосферного давления проводились специальным прибором (переносная метеостанция). Измерения проводились в 8 районах города Волгограда, на наиболее загруженных пересечениях:

Тракторозаводской район: ул. Ополченская – пр. Ленина

Краснооктябрьский район: ул. Маршала Еременко – ул. Германа Титова

Дзержинский район: ул. Хорошева – пр. Маршала Жукова

Центральный район: пр. Ленина – ул. 7-я Гвардейская

Ворошиловский район: ул. Профсоюзная – ул. Рабоче-крестьянская

Советский район: пр. Университетский – ул. Казахская

Кировский район: ул. Кирова – ул. 64-й Армии

Красноармейский район: Б-р Энгельса – пр. Героев Сталинграда

Таблица 4.1 – Интенсивность движения транспорта на пересечениях г. Волгограда

Наиболее загруженное пересечение	Средняя интенсивность движения, авт./ч
ул. Ополченская – пр. Ленина	2985
ул. Маршала Еременко – ул. Германа Титова	3315
ул. Хорошева – пр. Маршала Жукова	2265
ул. 7-я Гвардейская – пр. Ленина	3168
ул. Профсоюзная – ул. Рабоче-крестьянская	2229
пр. Университетский – ул. Казахская	3495
ул. Кирова – ул. 64-й Армии	3510
Б-р Энгельса – пр. Героев Сталинграда	2706

Полученные значения для всех интегральных функций распределения общей массы частиц пыли по диаметрам наносятся на логарифмически-вероятностную сетку.

4.2 Результаты натурных исследований содержания мелкодисперсной пыли

Результаты исследования дисперсного состава пыли, поступающей в в воздух городской среды вблизи автомобильных дорог наносились на вероятностно-логарифмическую координатную сетку.

Однако предложенную вероятностно-логарифмическую сетку в программе «SPOTEXPLORER» не корректно использовать для пыли отобранной в воздухе жилой зоны. Как правило, диаметры частиц в пробах не соответствуют диапазонам осей, предложенным в программе. В большинстве случаев диаметр пыли, отобранной в воздухе городской среды изменяется в пределах от 0,1 до 20 мкм, когда предложенная в программе сетка изменяется от 1 до 100 мкм (рисунок 4.3). Таким образом для определения результатов необходимо использовать сетку представленную на рисунке 4.4.

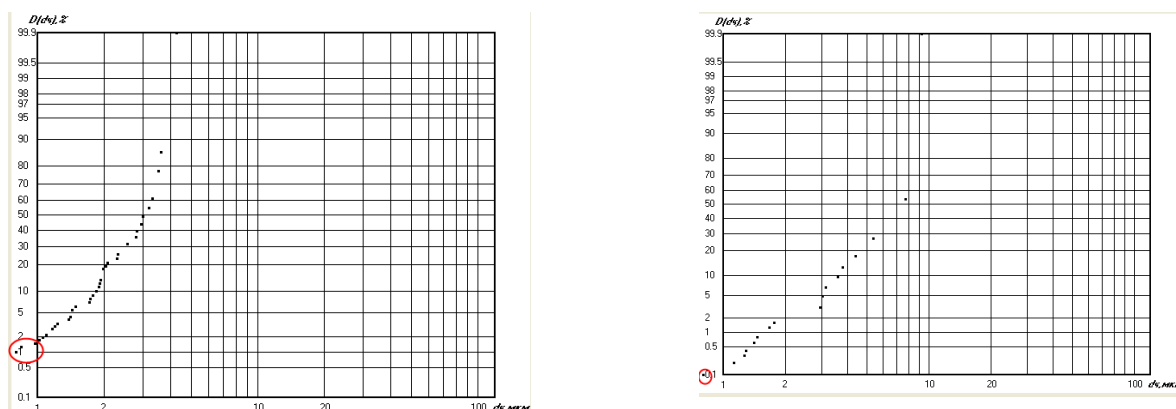


Рисунок 4.3 – Примеры использования вероятностно-логарифмической сетки при исследовании запыленности воздуха населенных мест

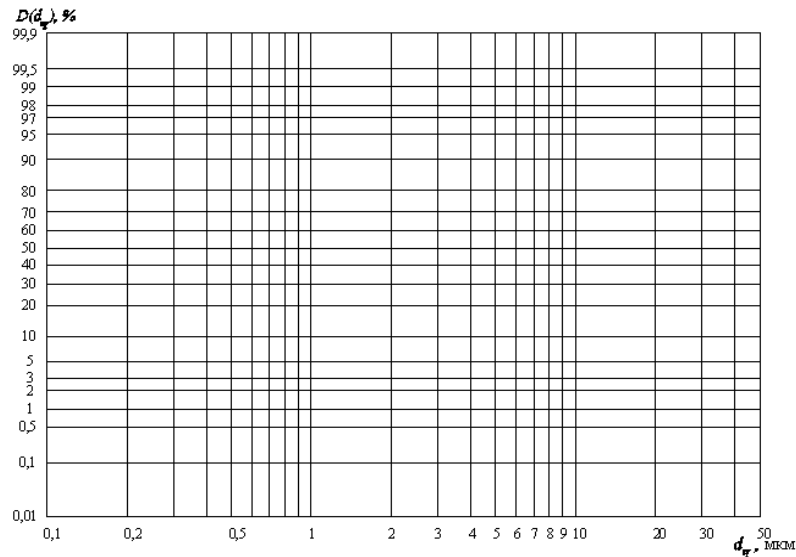


Рисунок 4.4 – Вероятностно-логарифмическая сетка, предлагаемая для описания результатов дисперсного анализа пыли отобранной в воздухе городской среды

На рисунках 4.5., 4.6 представлены результаты исследования дисперсного состава пыли, отобранной в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог на примере Центрального района г. Волгограда. Графики построены с учетом изображения верхних и нижних огибающих.

Отбор проб на содержание мелкодисперсной пыли фракций PM_{10} и $PM_{2,5}$ осуществлялся в местах наибольшего скопления людей в часы пик - на перекрестках. При этом в данном случае наблюдалась максимальная запылённость: от транспорта, от промышленных предприятий, а также от неблагоприятных метеорологических условий [12].

Анализ результатов полученных в утренние часы пик показал, что в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог присутствуют 80- 99 % пыли менее 10 мкм (PM_{10}), а в вечернее время содержание PM_{10} составляет 100%.

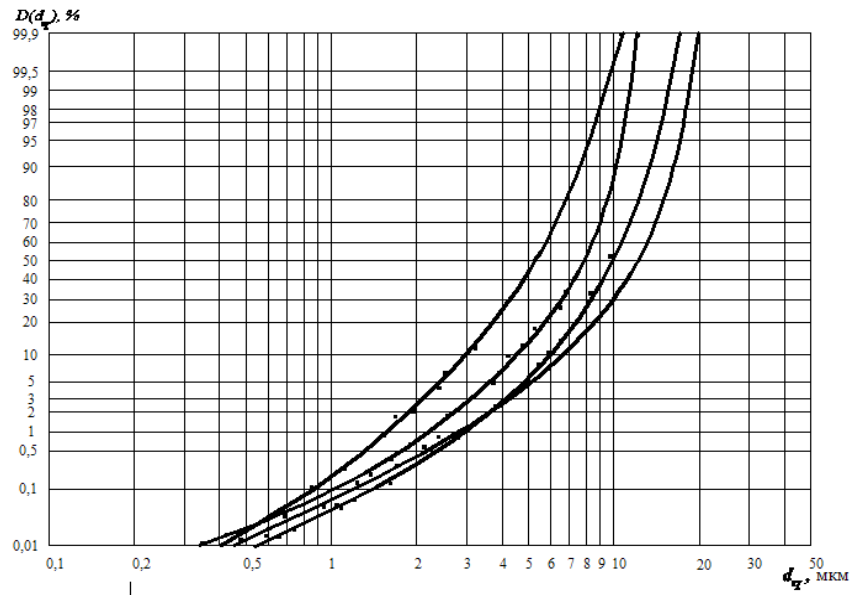


Рисунок 4.5 – Интегральные функции распределения массы частиц по диаметру для пыли отобранной на пересечении автомобильных дорог в Центральном районе г. Волгограда в период с 8⁰⁰ до 11⁰⁰ ($V_B=8$ м/с, $\varphi=50\%$, $N=3331$ авт/ч)

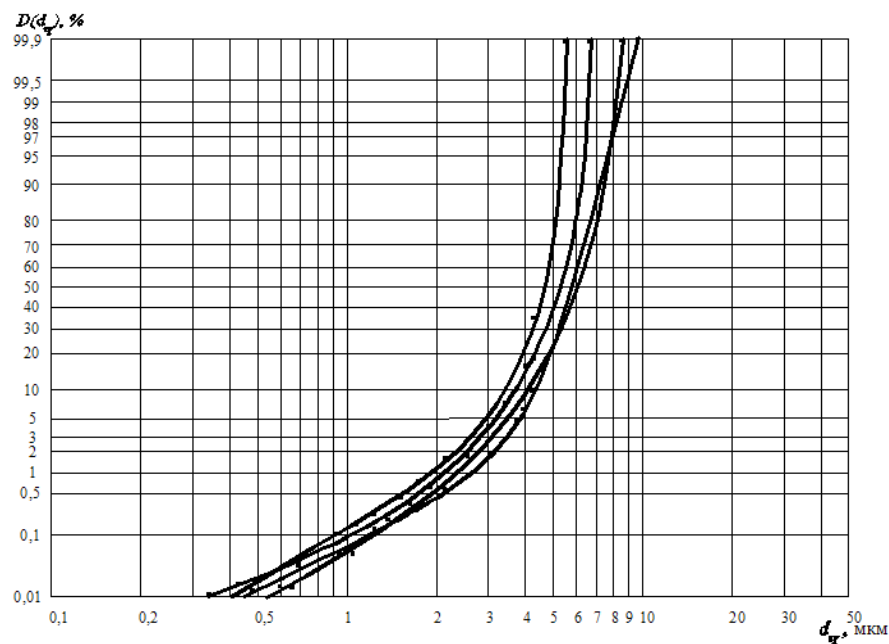


Рисунок 4.6 – Интегральные функции распределения массы частиц по диаметру для пыли отобранной на пересечении автомобильных дорог в Центральном районе г. Волгограда в период с 19⁰⁰ до 22⁰⁰ ($V_B=6$ м/с, $\varphi=40\%$, $N=1283$ авт/ч)

Были проведены исследования дисперсного состава пыли в различное время года (рисунки 4.7– 4.9).

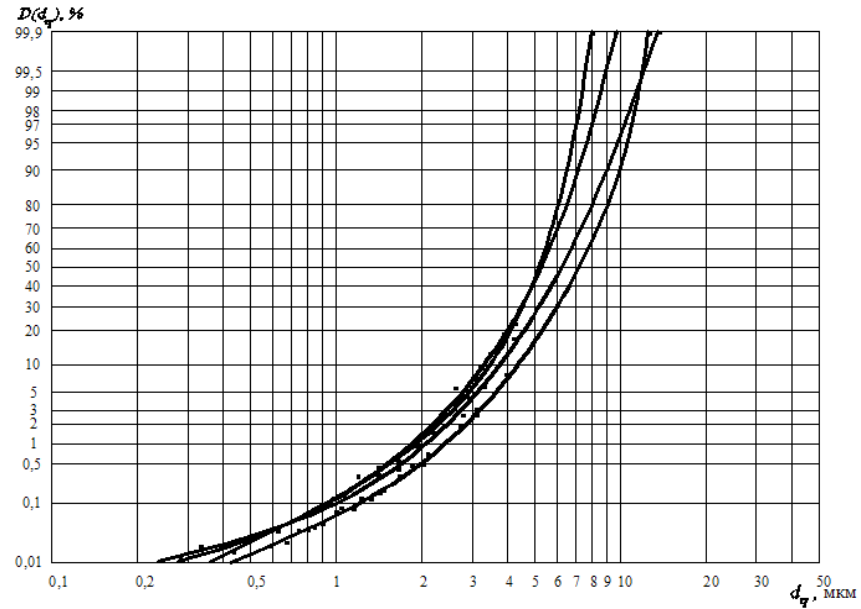


Рисунок 4.7 – Интегральные функции распределения массы частиц по диаметру для пыли отобранной на пересечении автомобильных дорог весной.

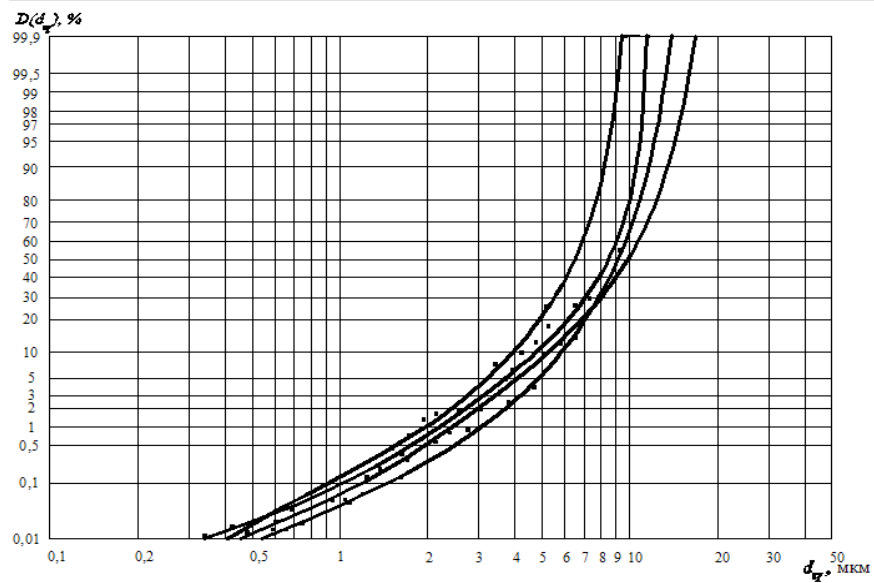


Рисунок 4.8 – Интегральные функции распределения массы частиц по диаметру для пыли отобранной на пересечении автомобильных дорог в различное время года летом

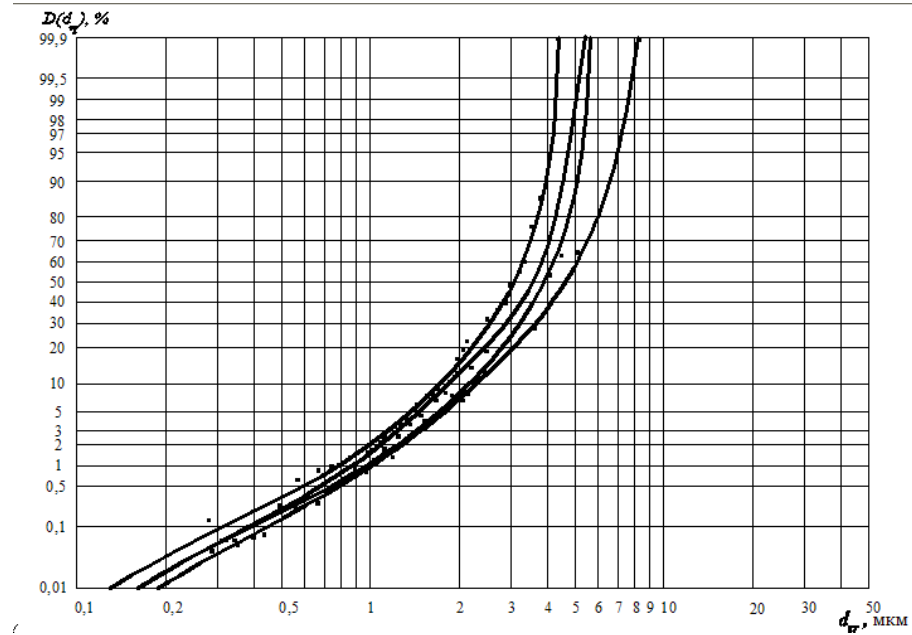


Рисунок 4.9 – Интегральные функции распределения массы частиц по диаметру для пыли отобранной на пересечении автомобильных дорог в различное время года осенью

В таблице 4.2 представлены результаты исследования дисперсного состава пыли проводимого в Центральном районе г. Волгограда.

Таблица 4.2 – Результаты исследования дисперсного состава пыли в воздухе городской среды на примере Центрального района г. Волгограда

№ рисунка	Концентрация взвешенных частиц, мг/м ³	Доля РМ _{2,5} , %	Доля РМ ₁₀ , %	Концентрация РМ _{2,5} , мг/м ³	Концентрация РМ ₁₀ , мг/м ³
4.5	0,585	0,7-8	30-99,5	0,004	0,17-0,58
4.6	0,27	1-3	100	0,003-0,0081	0,027
4.7	0,48	1-4	90-100	0,005-0,0192	0,43-0,48
4.8	0,432	0,5-2,5	50-100	0,002-0,01	0,216-0,432
4.9	0,252	13-30	100	0,03-0,08	0,252

По результатам исследования построены функции интегральных концентраций пыли отобранной в воздухе городской среды (рисунок 4.10, 4.11).

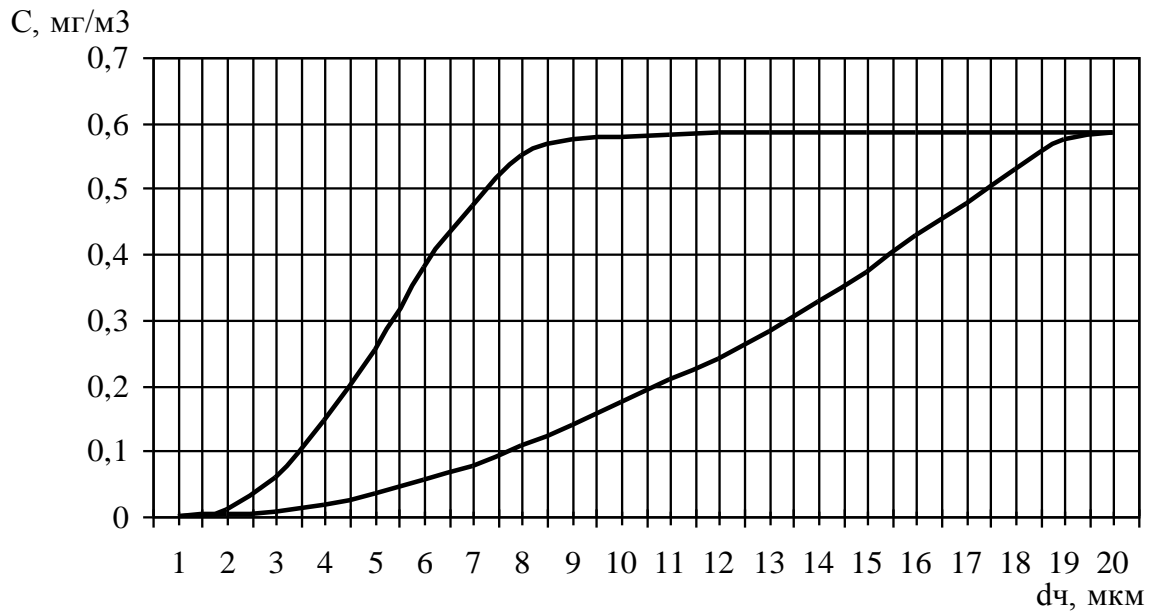


Рисунок 4.10 – Функции интегральных концентраций пыли отобранной в воздухе на пересечении автомобильных дорог в Центральном районе г. Волгограда при большой интенсивности движения.

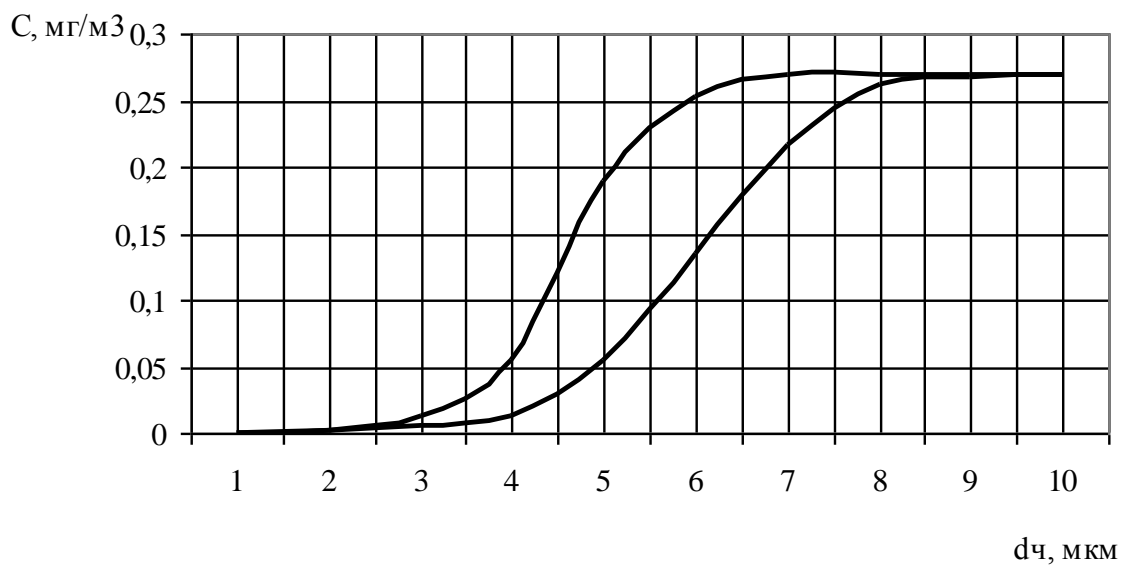


Рисунок 4.11 – Функции интегральных концентраций пыли отобранной в воздухе на пересечении автомобильных дорог в Центральном районе г. Волгограда при малой интенсивности движения.

Анализируя рисунок 4.10, следует отметить, что при большой интенсивности можно рассматривать концентрацию мелкодисперсной пыли как слу-

чайную величину.

Полученные данные свидетельствуют, что концентрация $PM_{2,5}$ не превышает гигиенических нормативов, доля частиц менее 2,5 мкм значительно возрастает при маленькой интенсивности и высокой влажности воздуха. В часы пиковой активности транспорта возрастает концентрация взвешенных частиц, а концентрация PM_{10} может достигать $0,5 \text{ мг/м}^3$.

4.3 Анализ полученных результатов

4.3.1 Анализ результатов исследования содержания взвешенных веществ в воздухе городской среды

Многие физические процессы, в том числе изменение концентрации пыли в воздушной среде городов являются непрерывными по своей природе. Однако, для прогнозирования превышения концентрации взвешенных частиц и разработки системы мониторинга важно рассмотреть дневные максимумы. Исследования показали, что эти величины имеют существенный разброс и трудно поддаются анализу. На рисунке 4.12 показаны дневные максимумы концентрации пыли отобранной в воздухе городской среды с апреля по ноябрь 2014 г. (в период, когда природно-климатологические факторы способствует образованию наибольшего содержания пыли в воздухе). Замеры проводились каждые 3 дня в одном месте в течение суток.

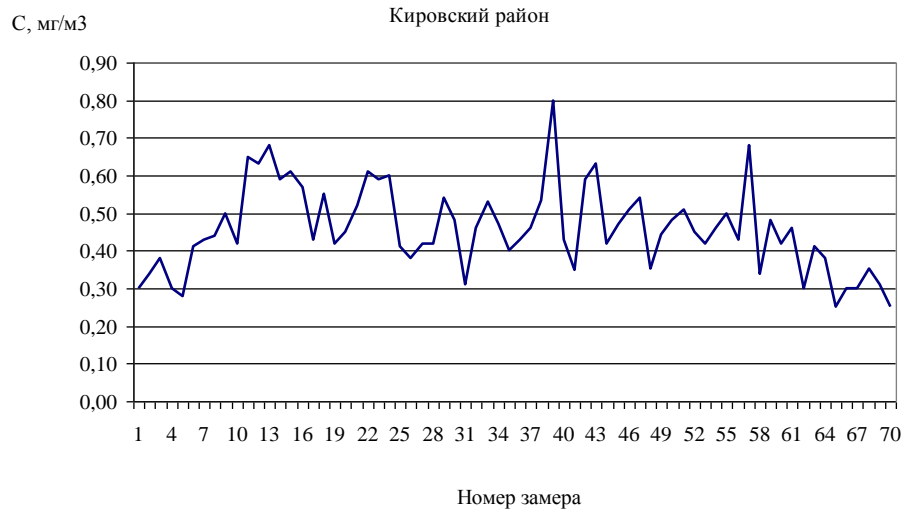


Рисунок 4.12 – Динамика изменения концентрации пыли по месяцам

Для функции распределения концентрации пыли приемлемое согласие дает равномерное распределение (рисунок 4.13). При этом данное распределение описывается уравнением:

$$y = 112,89 \ln C + 142,67 \quad (4.1)$$

$$R^2 = 0,9494$$

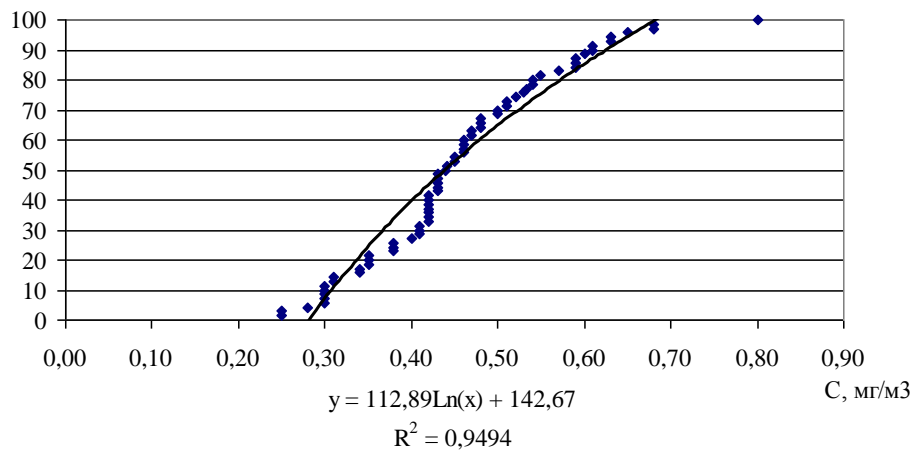


Рисунок 4.13 – Интегральная функция распределения концентрации взвешенных частиц в воздухе

4.3.2 Анализ результатов исследования запыленности PM_{10} в воздухе городской среды

Аналогично предыдущему параграфу проведены исследования содержания PM_{10} (рисунок 4.14., 4.15.). По графику видно, что превышение гигиенических нормативов по концентрации частиц менее 10 мкм наблюдается с апреля по сентябрь.

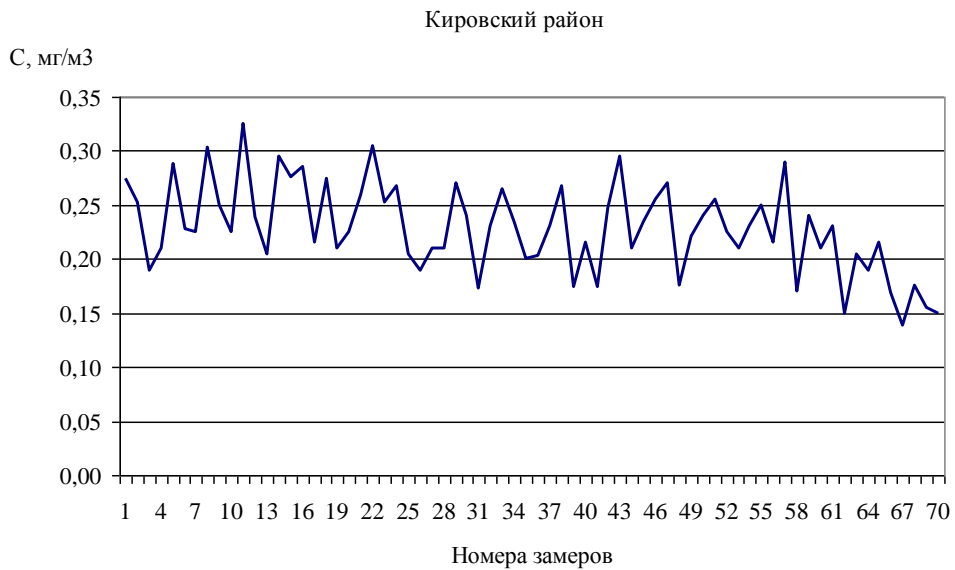


Рисунок 4.14 – Динамика изменения концентрации PM_{10} по месяцам

Функция распределения описывается уравнением:

$$y = 141,12 \ln(PM_{10}) + 262,12 \quad (4.2)$$

$$R^2 = 0,9378$$

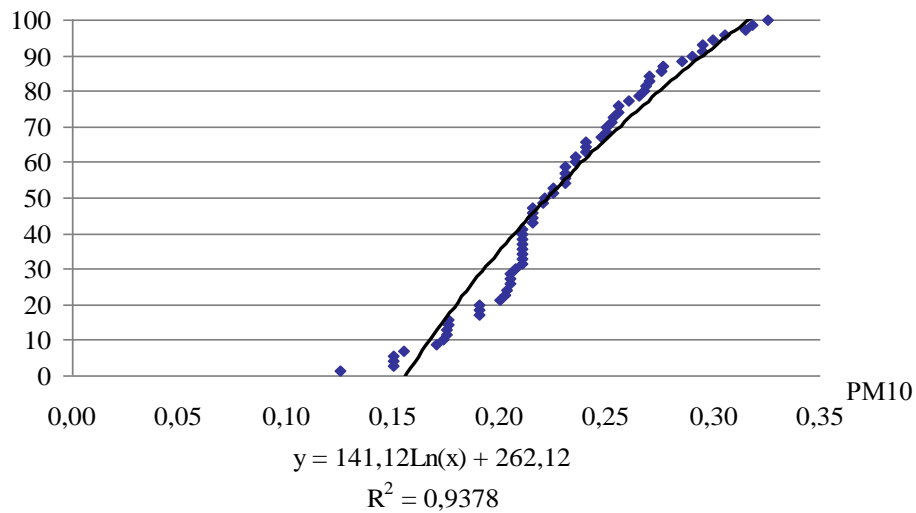


Рисунок 4.15 – Интегральная функция распределения концентрации PM_{10} в воздухе

4.3.3 Анализ результатов исследования запыленности $\text{PM}_{2,5}$ в воздухе городской среды

Исследование содержания $\text{PM}_{2,5}$ представлено на рисунке 4.16. На протяжении всего периода наблюдения концентрация $\text{PM}_{2,5}$ не превысила допустимых значений (для жилых зон $0,16 \text{ мг/м}^3$)



Рисунок 4.16 – Динамика изменения концентрации $\text{PM}_{2,5}$ по месяцам в г. Волгограде

Функция распределения описывается линейным уравнением:

$$y = 9583,7PM_{2,5} - 108,43 \quad (4.3)$$

$$R^2 = 0,9547$$

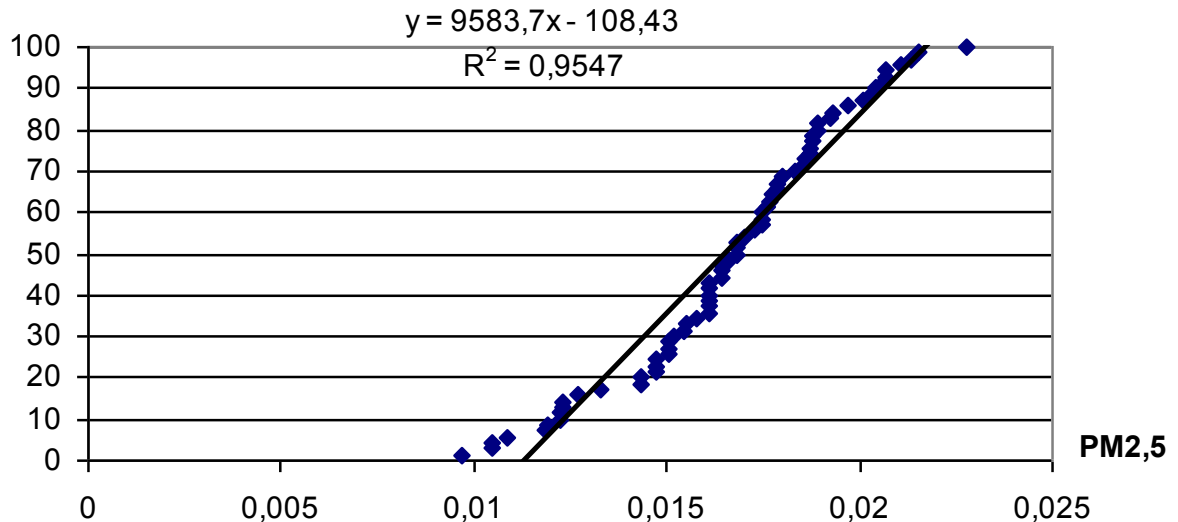


Рисунок 4.17 – Интегральная функция распределения концентрации PM_{10} в воздухе

4.3.4 Анализ результатов исследования содержания мелкодисперсной пыли в течение суток воздухе городской среды

В результате проведенных замеров выявлены закономерности изменения концентрации пыли в течение суток для различных районов г. Волгограда. Как правило, для всех жилых зон, расположенных вдали от промышленных предприятий превышение предельно-допустимой концентрации пыли наблюдается в период времени от 14.00 до 19.00. Для воздуха городской среды нормативным значением является концентрация 0,5 мг/м³, тогда как, например, в 16.00 часов на пересечениях составляет 0,5 – 0,6 мг/м³.

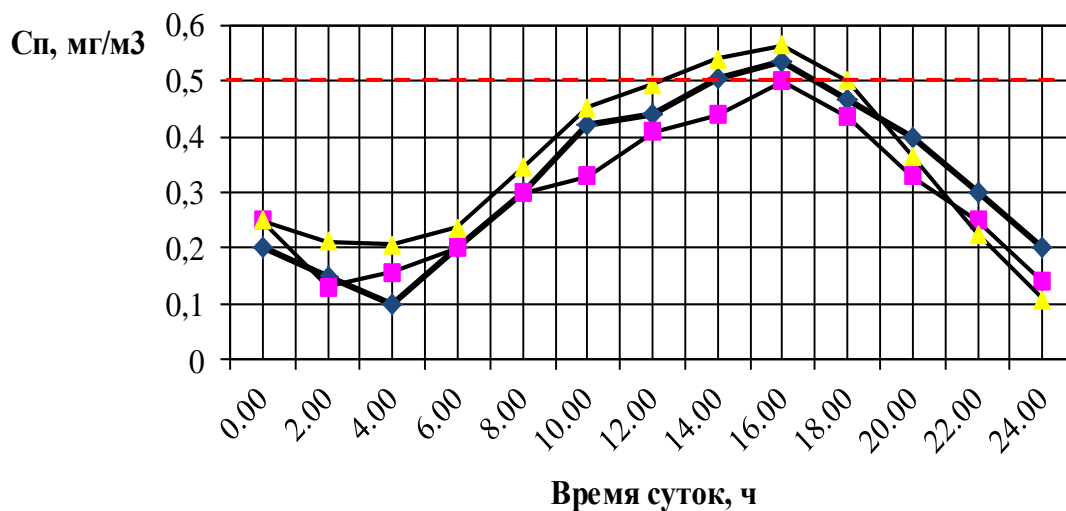


Рисунок 4.18 – Динамика изменения концентрации пыли в течение суток в воздухе городской среды

Исследование дисперсного состава по рассматриваемым методикам позволяет определить процентное содержание мелкодисперсной пыли от общей массы и следовательно концентрации частиц фракций PM_{10} и $PM_{2.5}$.

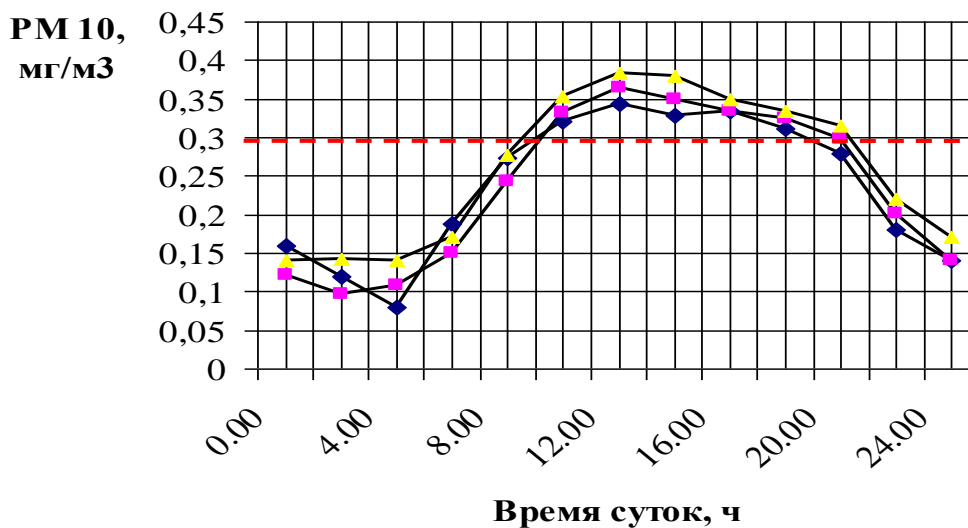


Рисунок 4.19 – Динамика изменения концентрации PM_{10} в течение суток в воздухе городской среды

Гигиенические нормативы устанавливают предельно-допустимую концентрацию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных

мест для взвешенных частиц PM_{10} и $PM_{2,5}$. Проведенные нами исследования позволили получить значения PM_{10} и $PM_{2,5}$ для различных зон города Волгограда. Например, на рис. 4.18 представлена динамика изменения концентраций PM_{10} в течение суток в Центральном районе на пересечении пр. Ленина – ул. 7-я Гвардейская. Так для частиц PM_{10} предельно допустимая концентрация составляет 0,3 мг/м³. Необходимо отметить, что концентрация PM_{10} в период времени 14.00 – 18.00 часов превышает нормативные значения.

4.4 Пример расчета среднего уровня превышений нормативов при мониторинге пылевого загрязнения городской среды

Опытным путем были получены выборки (объемом $n=70$) суточных максимальных концентраций пыли за 9 месяцев (март-ноябрь) в 8 районах города (приложение А).

Рассмотрим на примере трех районов г. Волгограда, а именно на примере Кировского, Тракторозаводского и Краснооктябрьского районов, расчет вероятности превышения концентрации пыли гигиенических нормативов

Вычисленные по выборкам оценки параметров распределения концентрации пыли по рассматриваемым районам указаны в таблице 4.3.

По виду гистограмм распределения (рисунках 4.19 – 4.21), анализа выборочных данных и оценок параметров распределения для каждого района можно предположить, что имеет место нормальный или логарифмически-нормальный законы для максимальной суточной концентрации пыли.

Таблица 4.3 –

Оценки параметров распределения

Оценки параметров	Кировский	Тракторозаводской	Краснооктябрьский
Среднее значение	0,4565	0,4914	0,4598
Дисперсия	0,0128	0,0203	0,0179
Среднее квадратическое отклонение	0,1131	0,1423	0,1337
Мода	0,4200	0,4600	0,6000
Медиана	0,4410	0,4700	0,4419

Проверка нормального и логнормального закона осуществлялась с помощью критериев Хи-квадрат и Колмогорова-Смирнова при уровне значимости $\rho = 0,01$. Выборка для каждого района была разбита на 10 групп. Результаты вычисленных статистик отображены в таблице 4.4.

Таблица 4.4. –

Значения статистик по выборке

Закон распределения	Значения статистик	Кировский	Тракторозаводской	Краснооктябрьский
нормальный	Хи-квадрат	$\chi^2 = 5,29900$	$\chi^2 = 7,48971$	$\chi^2 = 7,23937$
	Колмогорова-Смирнова	$d = 0,05039$ $\lambda = 0,42159$	$d = 0,07311$ $\lambda = 0,61168$	$d = 0,04548$ $\lambda = 0,37800$
логнормальный	Хи-квадрат	$\chi^2 = 3,90041$	$\chi^2 = 5,36519$	$\chi^2 = 4,78487$
	Колмогорова-Смирнова	$d = 0,03034$ $\lambda = 0,25384$	$d = 0,03792$ $\lambda = 0,31726$	$d = 0,02134$ $\lambda = 0,17854$

По таблице критических точек Хи-квадрат по заданному уровню значимости $\rho = 0,01$ и числу степеней свободы $k = 7$ находим критическую точку $\chi^2_{кр} = 18,47531$. Так как для всех районов $\chi^2 < \chi^2_{кр}$, то гипотезы и о

нормальном законе и логнормальном законе согласуются с опытными данными.

Для применения критерия Колмогорова-Смирнова вычислим величину $\lambda = d\sqrt{n}$ (табл.4.4). По таблице критических точек Колмогорова определяем критическое значение $\lambda_0 = 1,63$. Поскольку во всех случаях $\lambda < \lambda_0$, то на уровне значимости $\rho = 0,01$ гипотезы и о нормальном законе и логнормальном законе также согласуются с опытными данными. Учитывая, что для логарифмически-нормального закона, значения статистик χ^2 и d меньше значения соответствующих статистик нормального закона, то опытные данные лучше согласуются с логнормальным законом для всех районов г. Волгограда.

Таким образом, можно определить функцию плотности логнормального распределения для максимальной суточной концентрации пыли для каждого из рассматриваемых районов. Так для Кировского района функция плотности логнормального распределения максимальной суточной концентрации пыли (рисунок 4.20):

$$f(C) = \frac{1}{\sigma C \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln C - M_C)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{0,28C} e^{-\frac{(\ln C - 0,46)^2}{0,03}} \quad (4.4)$$

Функция распределения:

$$F(C) = 0,5 + \phi\left(\frac{\ln C - \ln a}{\sigma}\right) = 0,5 + \phi\left(\frac{\ln C + 0,78}{0,113}\right) \quad (4.5)$$

где $\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ — интегральная функция Лапласа.

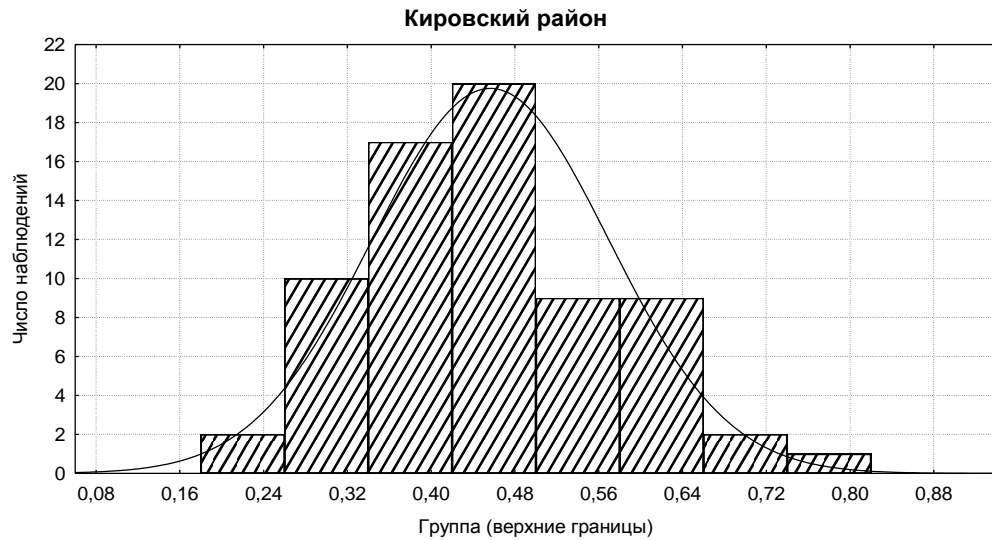


Рисунок 4.20 – Гистограмма и теоретическая кривая функции плотности логнормального распределения максимальной суточной концентрации пыли для Кировского района

Функция плотности логнормального распределения максимальной суточной концентрации пыли для Тракторозаводского района (рисунок 4.21):

$$f(C) = \frac{1}{\sigma C \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln C - M_C)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{1,13C} e^{-\frac{(\ln C - 0,49)^2}{0,405}} \quad (4.6)$$

Функция распределения:

$$F(C) = 0,5 + \phi\left(\frac{\ln C - \ln a}{\sigma}\right) = 0,5 + \phi\left(\frac{\ln C + 0,71}{0,45}\right) \quad (4.7)$$

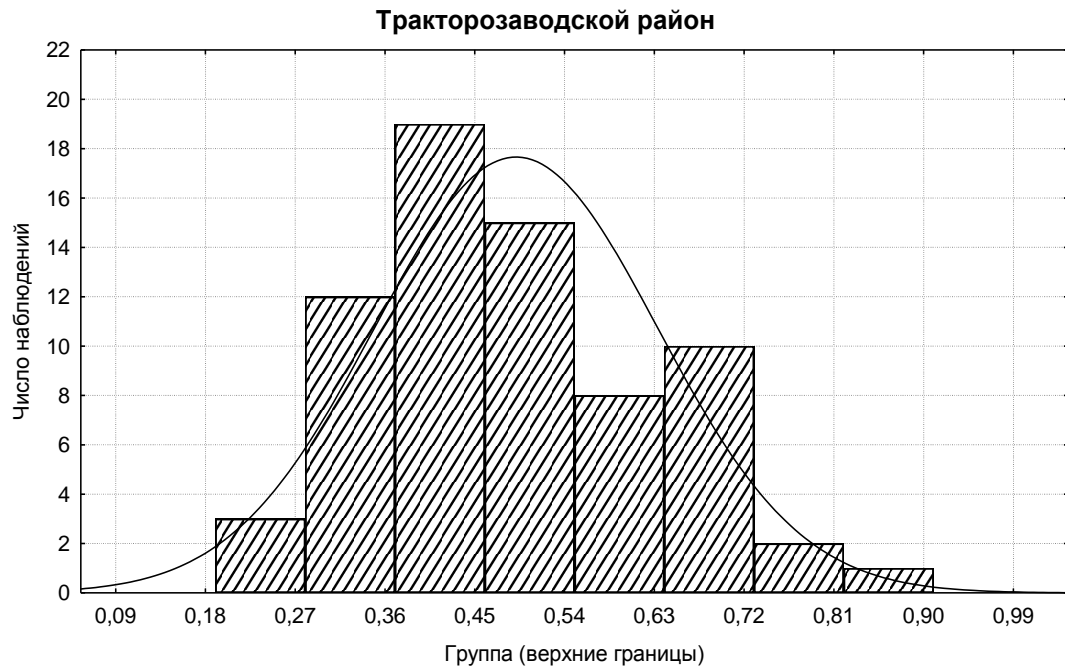


Рисунок 4.21 – Гистограмма и теоретическая кривая функция плотности логнормального распределения максимальной суточной концентрации пыли для Тракторозаводского района

Функция плотности логнормального распределения максимальной суточной концентрации пыли для Краснооктябрьского района (рисунок 4.22):

$$f(C) = \frac{1}{\sigma C \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln C - M_C)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{0,335C} e^{-\frac{(\ln C - 0,46)^2}{0,036}} \quad (4.8)$$

Функция распределения:

$$F(C) = 0,5 + \phi\left(\frac{\ln C - \ln a}{\sigma}\right) = 0,5 + \phi\left(\frac{\ln C + 0,78}{0,134}\right) \quad (4.9)$$

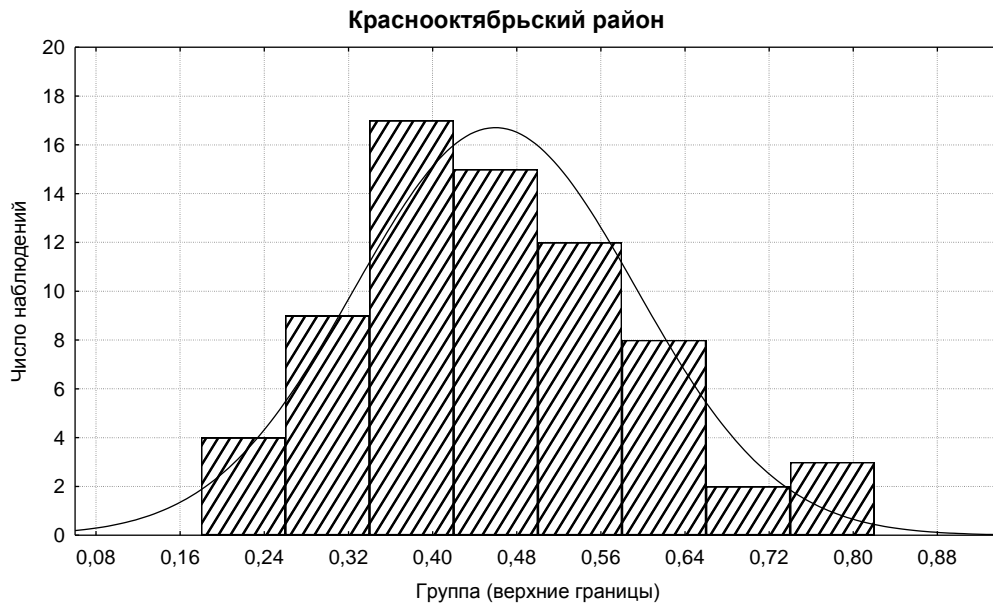


Рисунок 4.22 – Гистограмма и теоретическая кривая функция плотности лог-нормального распределения максимальной суточной концентрации пыли для Краснооктябрьского района

Так как максимальную суточную концентрацию пыли $C(t)$ можно рассматривать как случайную функцию, то исходные данные по трем районам города Волгограда представляют собой сечения случайного процесса в одно и то же время. Тогда случайная функция будет сведена к системе 70 случайных величин, отвечающих сечениям $t = 1, 2, \dots, 70$.

Были определены характеристики случайных величин $C(1), C(2), \dots, C(70)$: математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение (С.К.О.) в каждое сечение времени (Приложение Б).

Далее находим оценки для элементов корреляционной матрицы: дисперсии и корреляционные моменты, используя режим «Ковариация» в Excel. Используя режим «Корреляция» в Excel, получим матрицу значений нормированной корреляционной функции $\tilde{K}(t, t')$. Если судить непосредственно по данным, полученным в результате обработки, то можно прийти к выводу, что случайная функция $C(t)$ стационарной не является: её математическое ожидание и дисперсия меняются со временем; значения нормированной корреляционной функции вдоль параллелей главной

диагонали также не постоянны. Однако, принимая во внимание, ограниченное число реализаций и, в связи с этим наличие большого элемента случайности в полученных оценках, эти видимые отступления от стационарности вряд ли можно считать значимыми, тем более они не носят сколько-нибудь закономерного характера. Поэтому вполне целесообразной будет приближенная замена функции $C(t)$ стационарной.

Для приведения функции к стационарной, вычислим средние оценки по времени для математического ожидания, дисперсии и среднего квадратического отклонения.

$$M_C = 0,4693; \quad D_C = 0,0099; \quad \sigma_C = 0,0994.$$

Для стационарного процесса корреляционная функция, а значит и нормированная корреляционная функция, зависит от $\tau = t' - t$, следовательно, при постоянном τ корреляционная функция должна быть постоянной. В корреляционной матрице постоянному τ соответствует главная диагональ ($\tau=1$) и параллели этой диагонали $\tau=2, \tau=3, \dots$. Находя средние оценки нормированной корреляционной функции вдоль параллелей главной диагонали, получим значения $\tilde{K}(\tau)$ (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Значения нормированной корреляционной функции

Дата замера	$\tilde{K}(\tau)$	Дата замера	$\tilde{K}(\tau)$	Дата замера	$\tilde{K}(\tau)$	Дата замера	$\tilde{K}(\tau)$	Дата замера	$\tilde{K}(\tau)$
30.03.	1,000	11.05.	0,222	22.06.	0,039	03.08.	-0,058	14.09.	-0,225
02.04.	0,223	14.05.	-0,021	25.06.	-0,015	06.08.	-0,092	17.09.	-0,514
05.04.	0,107	17.05.	-0,029	28.06.	-0,017	09.08.	-0,289	20.09.	-0,443
08.04.	0,133	20.05.	-0,082	01.07.	-0,048	12.08.	-0,197	23.09.	-0,314
11.04.	0,042	23.05.	-0,098	04.07.	0,158	15.08.	0,065	26.09.	-0,232
14.04.	0,172	26.05.	-0,087	07.07.	0,010	18.08.	-0,302	29.09.	-0,163
17.04.	0,136	29.05.	-0,073	10.07.	-0,167	21.08.	-0,269	02.10.	-0,135
20.04.	0,206	01.06.	0,142	13.07.	0,027	24.08.	0,124	05.10.	-0,087
23.04.	0,123	04.06.	0,104	16.07.	-0,051	27.08.	-0,253	08.10.	-0,031
26.04.	0,211	07.06.	0,183	19.07.	-0,026	30.08.	-0,205	11.10.	-0,336
29.04.	0,051	10.06.	-0,077	22.07.	-0,159	02.09.	-0,208	14.10.	-0,225
02.05.	-0,111	13.06.	-0,162	25.07.	-0,161	05.09.	-0,158	17.10.	-0,328
05.05.	-0,030	16.06.	-0,055	28.07.	-0,067	08.09.	-0,252	20.10.	-0,288
08.05.	0,126	19.06.	-0,034	31.07.	-0,097	11.09.	-0,103	23.10.	-0,122

График $\tilde{K}(\tau)$ представлен на рисунке 4.23.

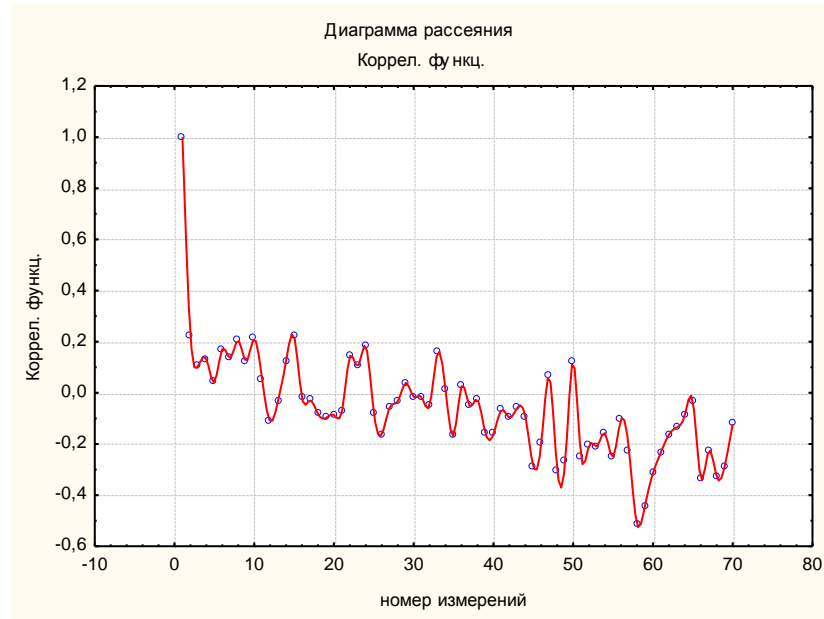


Рисунок 4.23 – Корреляционная функция

Для некоторых τ значения корреляционной функции отрицательны. Это указывает на то, что в структуре случайной функции имеется некоторый элемент периодичности, в связи с чем, на расстоянии по времени, равном примерно половине периода основных колебаний, наблюдается отрицательная корреляция между значениями случайной функции: положительным отклонением от среднего в одном сечении соответствуют отрицательные отклонения через определенный промежуток времени, и наоборот.

Для получения уравнения корреляционной функции будем использовать метод оценивания Левенберга-Маркара. Аппроксимация корреляционной функции различными функциями изображена на рисунках 4.24-4.26.

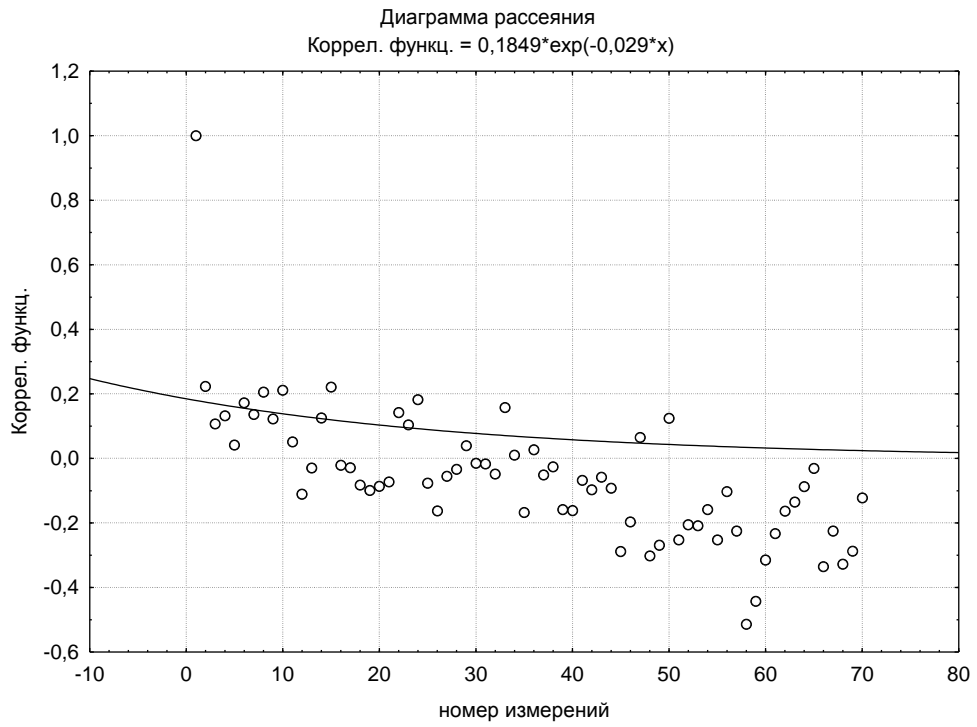


Рисунок 4.24 – Аппроксимация функцией $\tilde{K}(\tau) = 0,1849 e^{-0,029 \tau}$

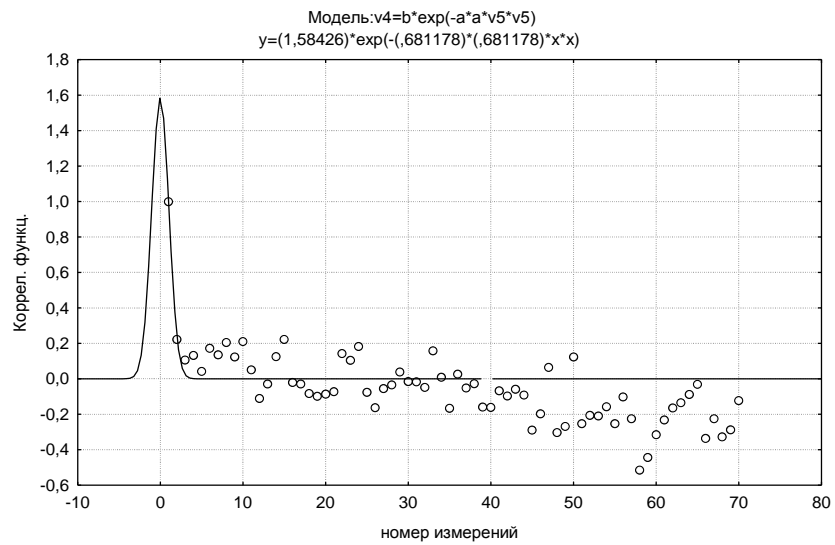


Рисунок 4.25 – Аппроксимация функцией $\tilde{K}(\tau) = 1,584 e^{-0,4624 \tau^2}$

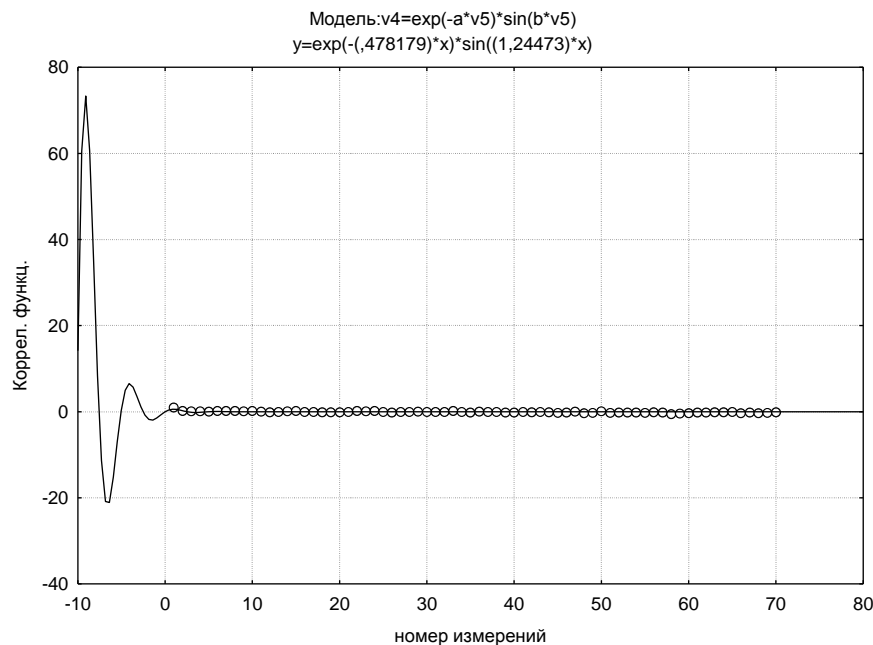


Рисунок 4.26 – Аппроксимация функцией $\tilde{K}(\tau) = e^{-0,4782 \tau} \cdot \sin(1,2447 \tau)$

Определим среднее число выходов за уровень $C_{\text{норм}} = 0,5$.

В качестве аппроксимирующей корреляционной функции рассмотрим функцию:

$$\tilde{K}(\tau) = e^{-a\tau} \sin b\tau \quad (4.10)$$

Тогда:

$$\sigma_v^2 = -\frac{d^2 \tilde{K}(0)}{d\tau^2} = 2ab \quad (4.11)$$

Согласно рис. 4.26 $a = 0,48$; $b = 1,24$; $\sigma_v^2 = 2ab = 1,19$; $\sigma_v = \sqrt{1,19} = 1,091$.

По формуле Райса рассчитаем среднее число превышений концентрации пыли гигиенических нормативов:

$$\bar{v}_{C_{\text{норм}}} = \frac{\sigma_v}{2\pi\sigma_C} \cdot e^{-\frac{(C_{\text{норм}} - M_C)^2}{2\sigma_C^2}} = \frac{1,091}{2\pi \cdot 0,099} e^{-\frac{(0,5 - 0,47)^2}{2 \cdot 0,0099}} = 1,665 \approx 2.$$

Среднюю длительность выхода за фиксированный уровень $C_{\text{норм}}$ определим по формуле (3.12):

$$\tau = \frac{\pi 0,0994}{1,091} e^{-\frac{(0,5-0,47)^2}{2 \cdot 0,0099}} \left(1 - \Phi \left(\frac{0,5-0,47}{0,0994} \right) \right) = 0,264.$$

Таким образом, если одновременно рассмотреть 3 перекрестка, то среднее число превышений гигиенических нормативов для концентрации пыли составит 1,6 превышения в сутки, при этом длительность превышения составит 6 часов в день, а при рассмотрении 1 пересечения вероятность превышения составит примерно по 0,55.

Важным частным случаем задачи исследования является определение вероятности превышения гигиенических нормативов концентраций мелкодисперсной пыли. Аналогично были проведены исследования вероятности превышения PM_{10} (Приложение А).

Получены функции плотности логнормального распределения для максимальной суточной концентрации PM_{10} для каждого из рассматриваемых районов (рисунки 4.27-4.29), которые описываются уравнениями (4.13) –(4.15) соответственно

$$f(C) = \frac{1}{\sigma C \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln C - M_C)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{0,102C} e^{-\frac{(\ln C - 0,23)^2}{0,0033}} \quad (4.13)$$

$$f(C) = \frac{1}{\sigma C \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln C - M_C)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{0,15C} e^{-\frac{(\ln C - 0,25)^2}{0,007}} \quad (4.14)$$

$$f(C) = \frac{1}{\sigma C \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln C - M_C)^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{0,15C} e^{-\frac{(\ln C - 0,24)^2}{0,006}} \quad (4.15)$$

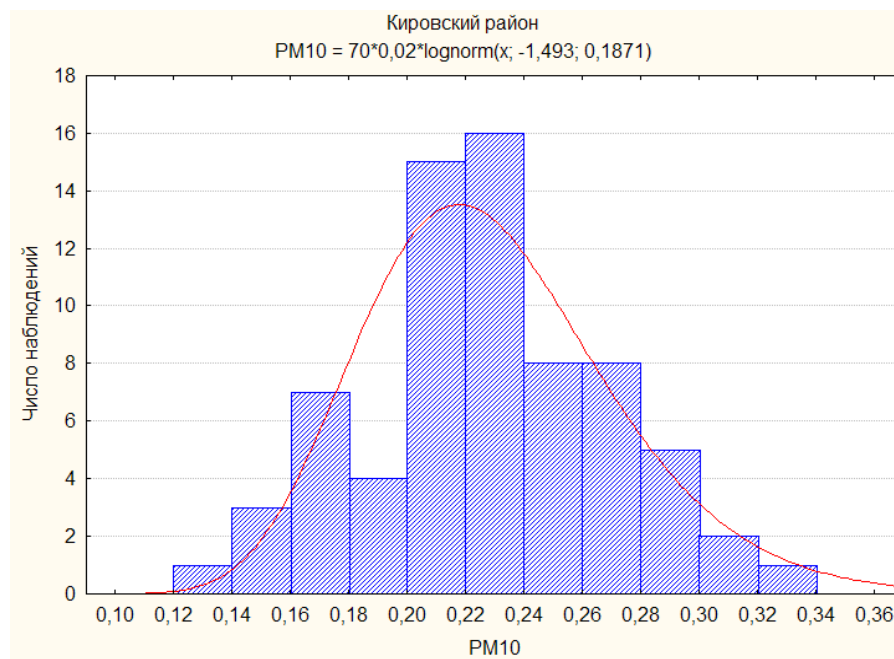


Рисунок 4.27 – Гистограмма и теоретическая кривая функции плотности логнормального распределения максимальной суточной концентрации PM_{10} для Кировского района

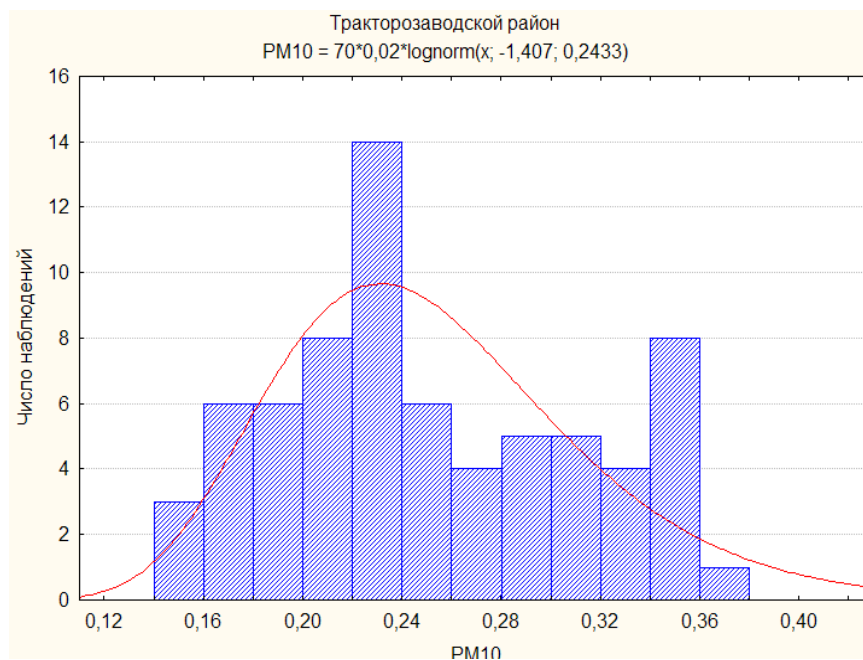


Рисунок 4.28 – Гистограмма и теоретическая кривая функция плотности логнормального распределения максимальной суточной концентрации PM_{10} для Тракторозаводского района

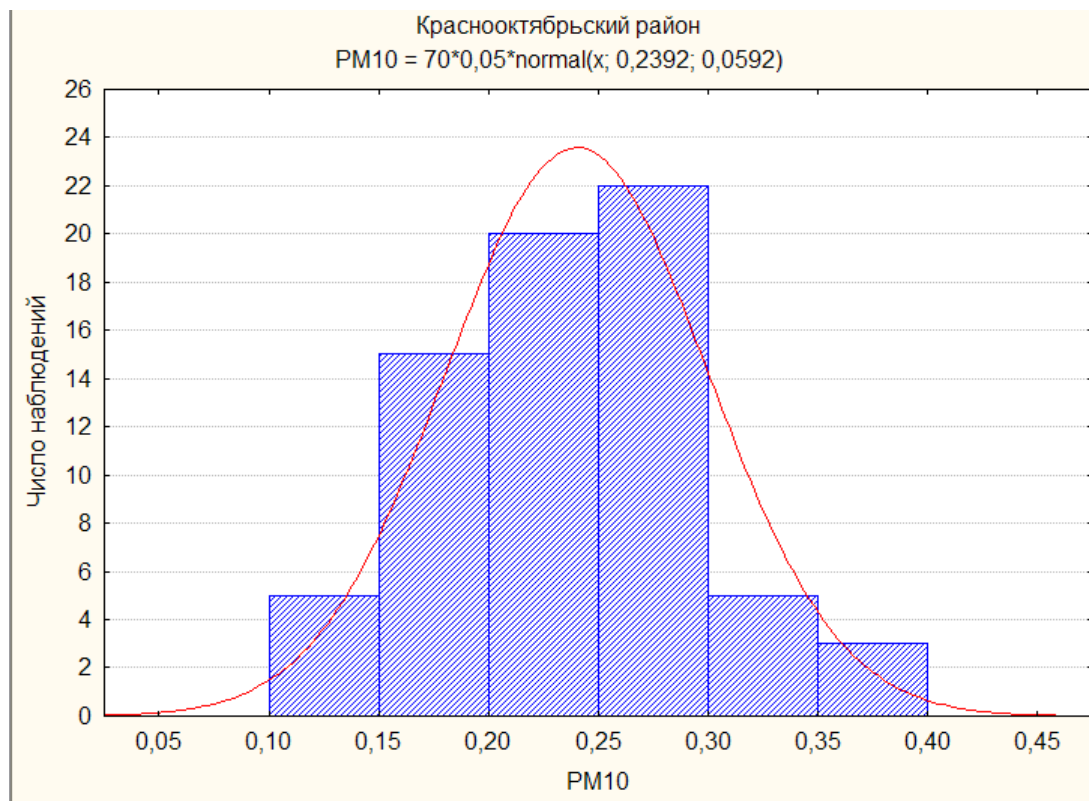


Рисунок 4.29 – Гистограмма и теоретическая кривая функция плотности логнормального распределения максимальной суточной концентрации PM_{10} для Краснооктябрьского района

Были определены характеристики случайных величин $PM_{10}(1)$, $PM_{10}(2), \dots, PM_{10}(70)$: математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение (С.К.О.) (Приложение Б).

Для приведения функции к стационарной, вычислим средние оценки по времени для математического ожидания, дисперсии и среднего квадратического отклонения.

$$M_C = 0,24; \quad D_C = 0,0017; \quad \sigma_C = 0,0411.$$

Находя средние оценки нормированной корреляционной функции вдоль параллелей главной диагонали, получим значения $\tilde{K} \leftarrow$ (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Значения нормированной корреляционной функции

Дата замера	\tilde{K}_{τ}	Дата замера	\tilde{K}_{τ}	Дата замера	\tilde{K}_{τ}	Дата замера	\tilde{K}_{τ}	Дата замера	\tilde{K}_{τ}
30.03.	1,00	11.05.	0,21	22.06.	-0,03	03.08.	-0,13	14.09.	-0,11
02.04.	0,17	14.05.	-0,01	25.06.	-0,01	06.08.	-0,06	17.09.	-0,30
05.04.	0,14	17.05.	0,02	28.06.	-0,01	09.08.	-0,30	20.09.	-0,23
08.04.	0,13	20.05.	-0,06	01.07.	-0,05	12.08.	-0,13	23.09.	-0,05
11.04.	0,10	23.05.	-0,09	04.07.	0,08	15.08.	0,02	26.09.	0,01
14.04.	0,15	26.05.	-0,03	07.07.	-0,08	18.08.	-0,33	29.09.	0,23
17.04.	0,09	29.05.	-0,05	10.07.	-0,31	21.08.	-0,21	02.10.	0,23
20.04.	0,25	01.06.	0,12	13.07.	-0,10	24.08.	-0,00	05.10.	0,31
23.04.	0,15	04.06.	0,09	16.07.	-0,03	27.08.	-0,10	08.10.	0,08
26.04.	0,25	07.06.	0,20	19.07.	-0,13	30.08.	-0,12	11.10.	-0,02
29.04.	0,03	10.06.	-0,08	22.07.	-0,12	02.09.	-0,07	14.10.	-0,30
02.05.	-0,08	13.06.	-0,14	25.07.	-0,14	05.09.	0,01	17.10.	-0,31
05.05.	-0,06	16.06.	-0,04	28.07.	0,04	08.09.	-0,05	20.10.	-0,21
08.05.	0,09	19.06.	-0,11	31.07.	-0,10	11.09.	0,05	23.10.	0,05

График \tilde{K}_{τ} представлен на рисунке 4.30.

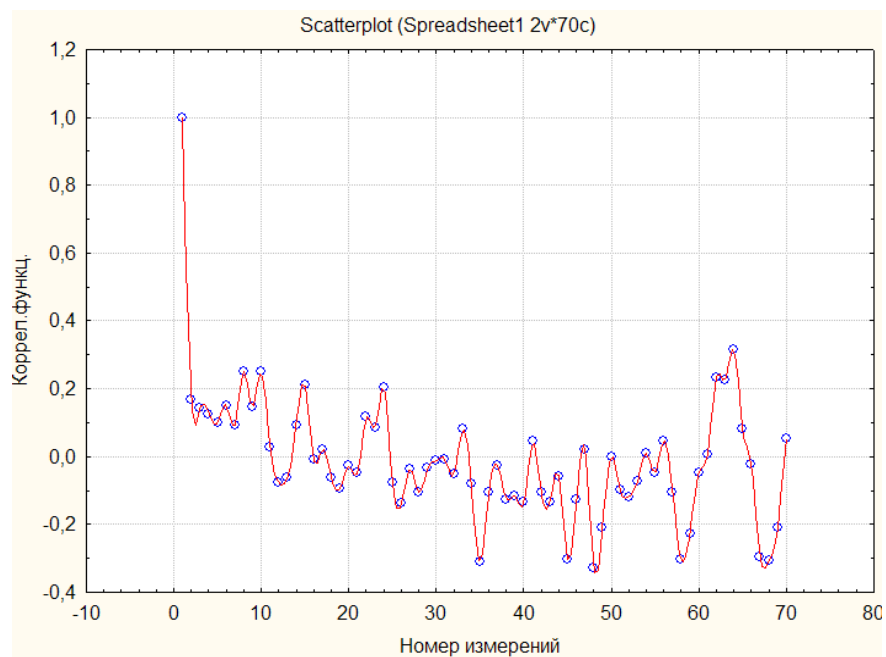


Рисунок 4.30 – Корреляционная функция

Для получения уравнения корреляционной функции будем использовать метод оценки Левенберга-Маркара. Аппроксимация корреляционной функции различными функциями изображена на рисунке 4.31.

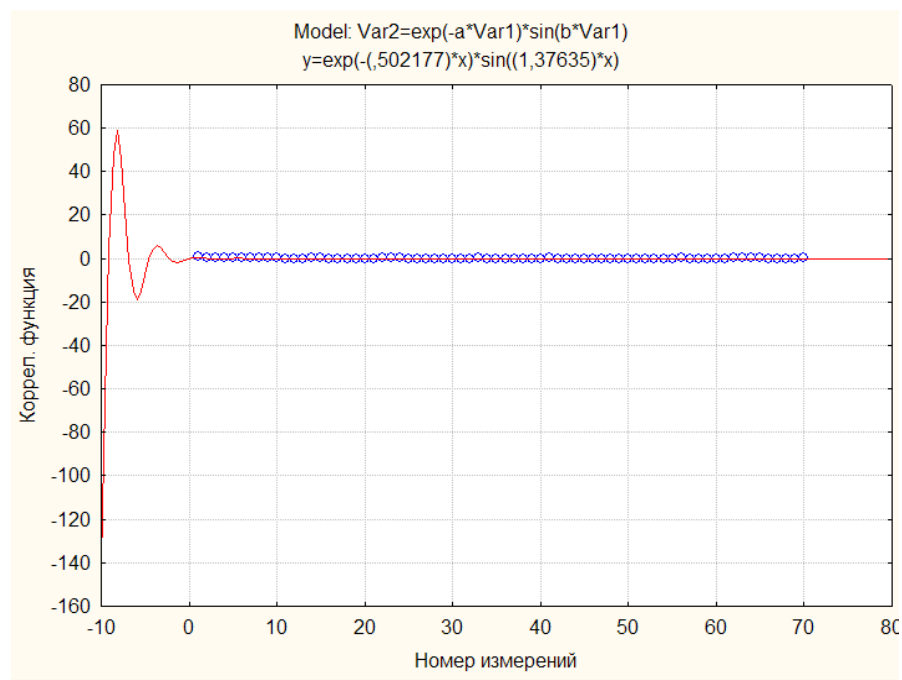


Рисунок 4.31 – Аппроксимация функцией $\tilde{K}(\tau) = e^{-0,502\tau} \cdot \sin(1,376\tau)$

Определим среднее число выходов концентрации PM_{10} за нормативный уровень $C_{\text{норм}}=0,3$:

Согласно рис. 4.31 $a = 0,502$; $b = 1,38$; $\sigma_v^2 = 2ab = 1,385$; $\sigma_v = \sqrt{1,385} = 1,177$.

Тогда

$$\bar{v}_{C_{\text{норм}}} = \frac{\sigma_v}{2\pi\sigma_C} \cdot e^{-\frac{(C_{\text{норм}} - M_C)^2}{2\sigma_C^2}} = \frac{1,177}{2\pi \cdot 0,041} e^{-\frac{(0,3-0,24)^2}{2 \cdot 0,0041^2}} = 1,56$$

Среднюю длительность выхода за фиксированный уровень $C_{\text{норм}}$ определим по формуле:

$$\tau = \frac{\pi \cdot 0,0411}{1,177} e^{-\frac{(0,3-0,24)^2}{2 \cdot 0,0411^2}} \left(1 - \Phi\left(\frac{0,3-0,24}{0,0411}\right) \right) = 0,12$$

Таким образом, если одновременно рассмотреть 3 перекрестка, то среднее число превышений гигиенических нормативов для концентрации PM_{10} составит 1,56 превышения в сутки, при этом длительность превышения

составит около 3 часов в день, а при рассмотрении 1 пересечения вероятность превышения составит примерно по 0,55.

Результаты расчета вероятности и длительности превышения концентрации PM_{10} представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Результаты расчета вероятности и длительности превышения концентраций PM_{10}

Наименование пересечения	Параметры оценки расчета превышений		Факторы		
	$V_{\text{Снорм}}$	τ , сут.	N	φ	V
1	2	3	4	5	6
ул. Ополченская – пр. Ленина	0,56	0,233	2064-3432	23-85	1-9
ул. Маршала Еременко – ул. Германа Титова	0,55	0,192	1896-3300	23-85	1-9
ул. Хорошева – пр. Маршала Жукова	0,72	0,353	2292-3848	23-85	1-9
ул. 7-я Гвардейская – пр. Ленина	0,69	0,381	2472-3336	23-85	1-5
ул. Профсоюзная – ул. Рабоче-крестьянская	0,54	0,290	1932-3324	23-85	1-5
пр. Университетский – ул. Казахская	0,65	0,320	2496-3420	23-85	1-6
ул. Кирова – ул. 64-й Армии	0,50	0,221	1920-3168	23-85	1-9
Б-р Энгельса – пр. Героев Сталинграда	0,49	0,25	2328-3156	23-85	1-9

Из трех представленных факторов наибольшую значимость имеют значения интенсивности движения транспорта, так как остальные рассматриваемые факторы имеют значительный диапазон изменений.

Используя полученные значения вероятности превышения концентрации мелкодисперсной пыли установленных гигиенических нормативов и длительности превышения можно получить уравнение регрессии с достаточно высокими значениями достоверности аппроксимации соответственно: $R^2 = 0,8305$ и $R^2 = 0,8361$.

$$\bar{v}_{C_{\text{норм}}} = 0,0005N - 0,6794 \quad (4.16)$$

$$\tau = 0,0003N - 0,6375 \quad (4.17)$$

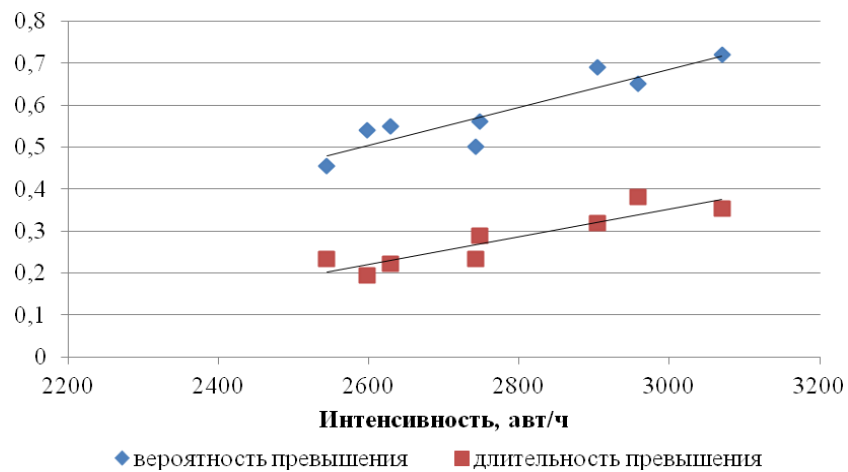


Рисунок 4.32 – Зависимость вероятности и длительности превышения концентрацией PM_{10} гигиенического норматива

4.5 Исследование аэродинамических характеристик пыли.

Пыль из воздуха осаждается по разным законам в зависимости от размеров частиц.

Крупная пыль осаждается в начале с ускорением, что вызывает аэродинамическое сопротивление, а затем с постоянной скоростью.

Средняя и мелкая пыль осаждаются без ускорения с постоянной скоростью, вызывая вязкостное сопротивление.

Для исследования скорости витания и оседания пыли разработана лабораторная установка для изучения аэродинамических свойств пыли (рисунок 4.33) [112]. Она представляет собой седиментационный цилиндр, подставку; ленточный транспортер, с уложенной на него клейкой лентой, на которую оседают частицы пыли.

Навеска пыли, отобранной в городской среде весом около 50 мг равномерно (без комков) помещается на предметный столик во внутреннюю часть поршня. Распыление порошка производится резким воздушным толчком с помощью пружины расположенной в поршне, вследствие которого облачко пыли попадает в верхнюю часть седиментационного цилиндра (конусообразная воронка). В тоже время после спуска поршня равный объём воздуха вытесняется в поршень расположенный в верхней части установки. Через 0,5 с открывается заслонка, где под действием силы тяжести частицы попадают в основную часть седимитационного цилиндра и оседают в неподвижном воздухе.

Частицы с различной скоростью падения оседают на липкой ленте (скотч), уложенной на ленточный транспортер. Лента транспортера рывком перемещается на величину диаметра седиментационного цилиндра за равные промежутки времени, составляющие 2 сек. Для закрепления пыли на ленте используется прозрачный клеевой слой.

Предложенная полезная модель отличается от других моделей седиметра конструкцией распыляющего и приёмного устройства. Для фиксации мелкодисперсной пыли, используется клейкая лента (скотч), причём двух видов: прозрачный и алюминиевый. Данный выбор обуславливается тем, что при просмотре на оптическом микроскопе необходима прозрачная поверхность (на просвет), а при использовании электронного микроскопа светонепроницаемая (металл).

Техническим результатом заявляемой полезной модели является расширение функциональных возможностей получения исследуемого материала для анализа дисперсного состава пыли микроскопическим методом с приме-

нением ПК, основанном на фотографировании увеличенных под микроскопом отобранных образцов пылевидных частиц с последующей обработкой фотографий с помощью графического редактора.

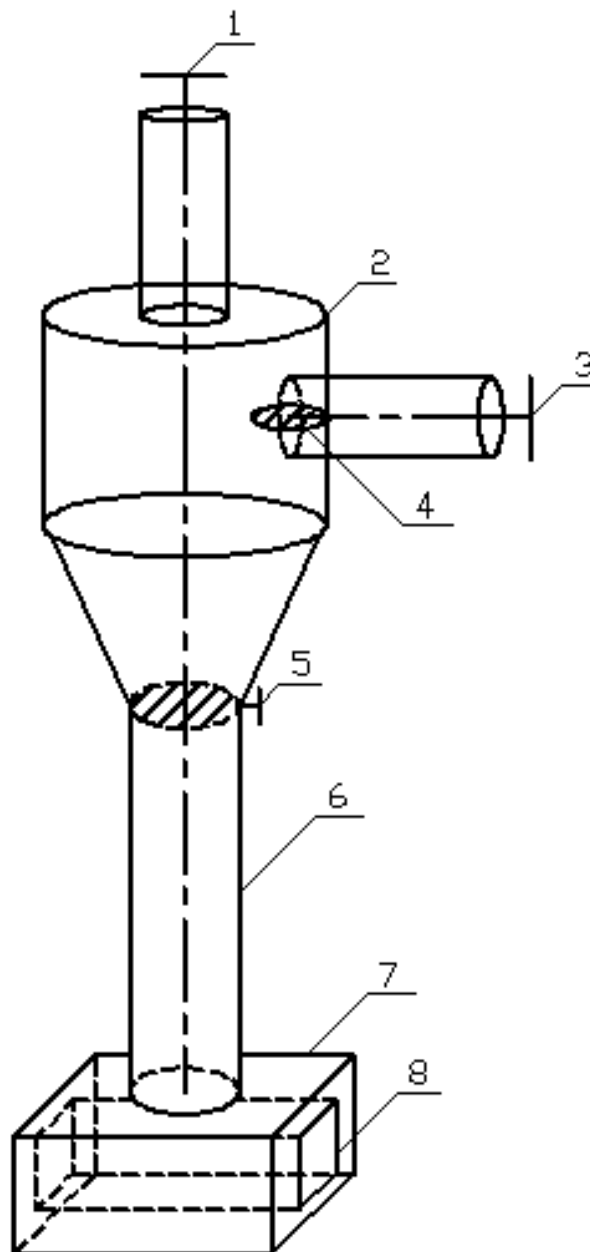


Рисунок 4.33 – Лабораторная установка для изучения аэродинамических свойств пыли

1 - поршень пружинный (сжатый воздух); 2 - конусная воронка (приём взвешенной пыли); 3 - седиментационный цилиндр ($H = 1200$ мм); 4 - основание установки; 5 - приёмная камера; 6 - седиментационный цилиндр, 7 - подставку; 8 - ленточный транспортер.

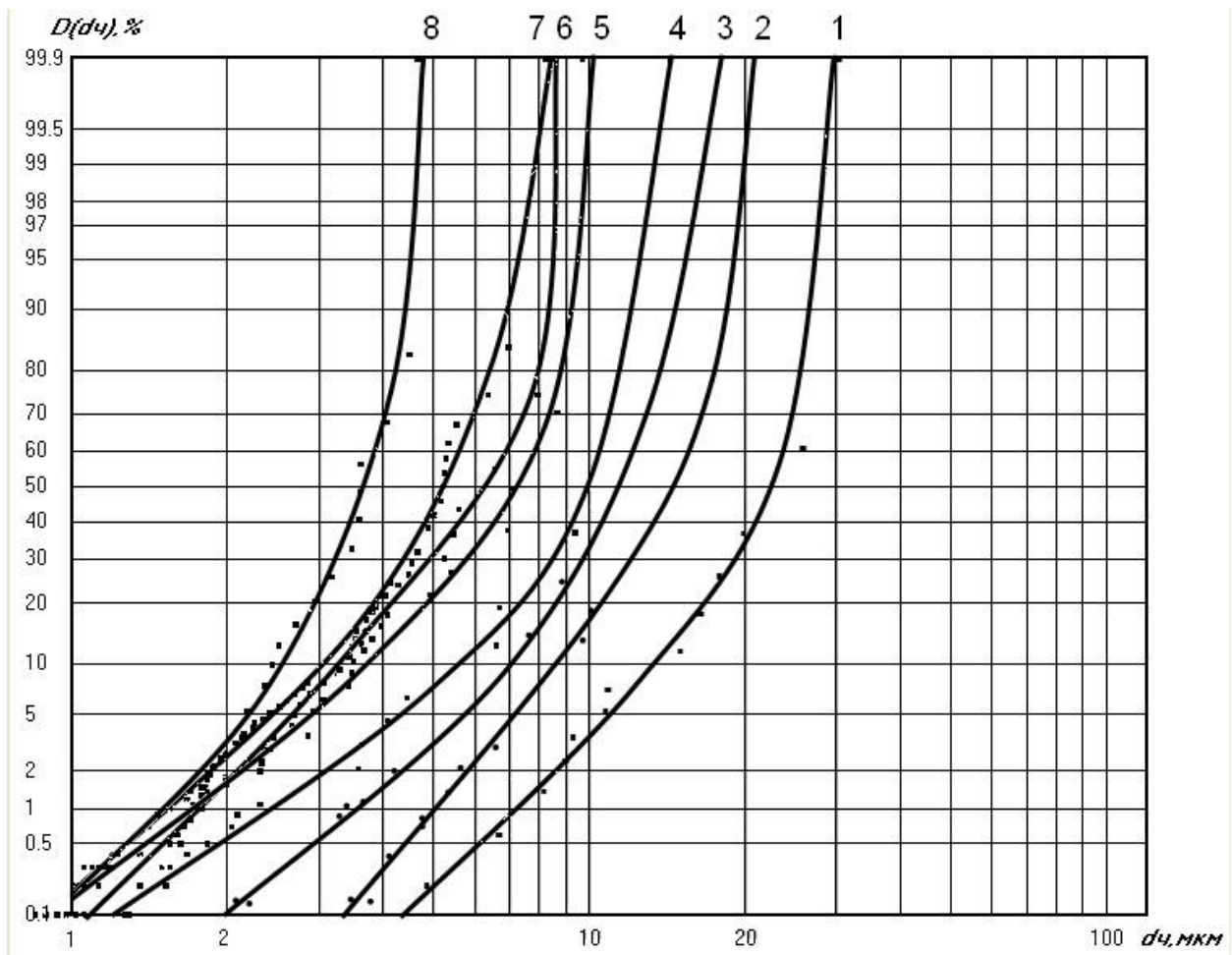


Рисунок 4.34 – Интегральные функции распределения массы частиц по диаметрам для пыли воздуха городской среды при исследовании оседания:

1 – 3 сек, при скорости 0,4 м/с; 2 – 4 сек, при скорости 0,3 м/с; 3 – 5 сек, при скорости 0,24 м/с; 4 – 6 сек, при скорости 0,2 м/с; 5 – 7 сек, при скорости 0,17 м/с; 6 – 8 сек, при скорости 0,15 м/с; 7 – 9 сек, при скорости 0,13 м/с; 8 – 10 сек, при скорости 0,12 м/с.

По данным дисперсного анализа (таблица 4.8) получены зависимости скорости оседания от эквивалентного диаметра частицы (рисунок 4.35)

Таблица 4.8 – Результаты исследования аэродинамических свойств пыли, отобранной в городской среде

Скорость оседания м/с	Содержание частиц размером не более, %		
	d5	d50	d95
0,12	2,3	3,7	4,8
0,13	2,5	5,2	7,3
0,15	2,7	6,3	8,5
0,17	3	7	9,5
0,2	4,2	10	14
0,24	5,8	12	17
0,3	7	15	19
0,4	12	22	27

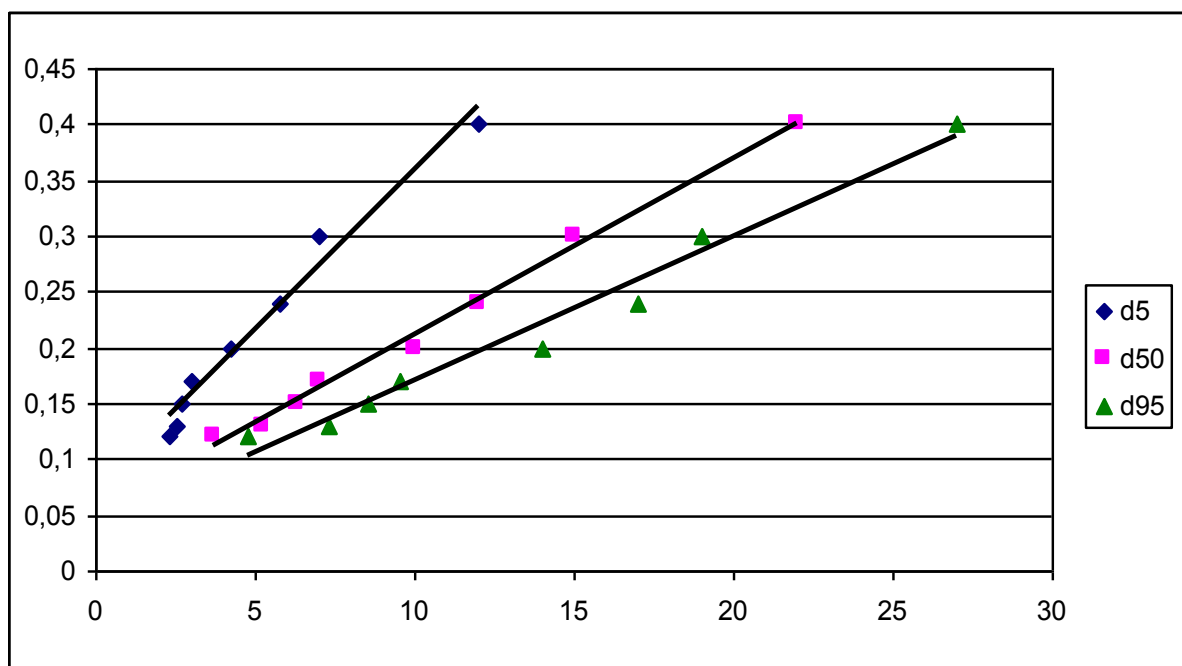


Рисунок 4.35 – Зависимости скорости оседания от эквивалентного диаметра частиц

Полученные зависимости скорости оседания от эквивалентного диаметра частицы, рассчитываются по формуле для определения скорости оседания частицы пыли:

$$V = Ae^{Bd} \quad (4.18)$$

или

$$\ln V = \ln A + Bd, \quad (4.19)$$

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

4.6 Особенности рассеивания мелкодисперсной пыли вблизи автомобильных дорог

Следует отметить, что при увеличении скорости движения транспорта в пробах резко и скачкообразно возрастает доля крупных частиц, которых не было при низкой интенсивности, что возможно обусловлено возникновением завихрений воздушных масс в границах перекрестка, что обусловлено возникновением значительных центробежных сил, которые способствуют отделению крупных частиц на периферию воздушного вихря. В свою очередь мелкие частицы устремляются в центр перекрестка, в зону пониженного давления в центре вихря (рисунок 4.36).

При снижении скорости и увеличении общего количества транспорта плавно возрастает общая концентрация пыли, но доля крупных частиц не увеличивается или даже снижается, потому что скорость воздушных масс ниже скорости страгивания и скорости витания крупных частиц.

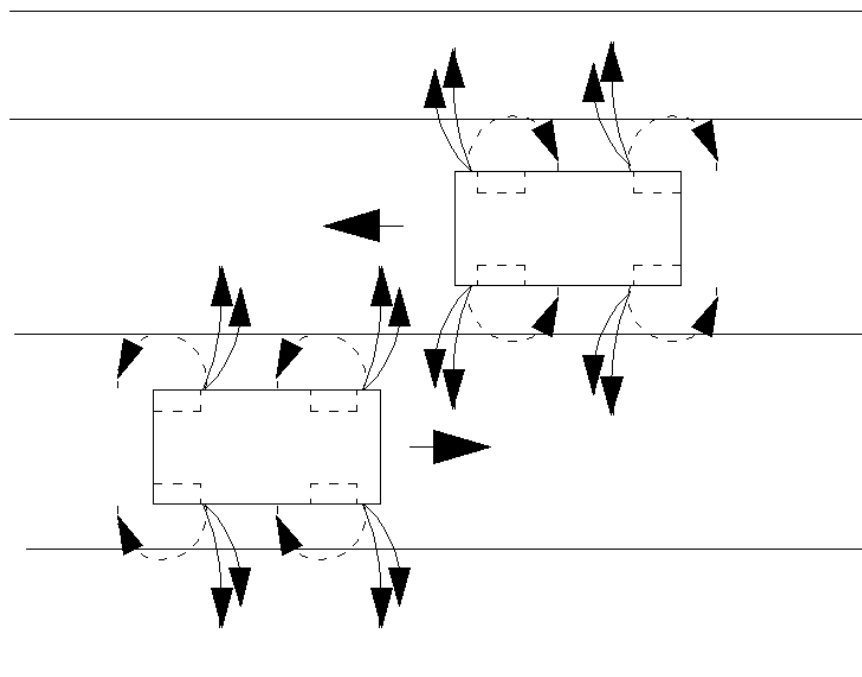


Рисунок 4.36 – Схема рассеивания частиц пыли крупного и мелкого диаметров на перегоне при скорости движения более 50 км/ч: \longrightarrow – рассеивание крупных частиц, $- - \rightarrow$ – рассеивание мелких частиц.

По результатам исследования получена зависимость процентного содержания PM_{10} от расстояния до проезжей части (рисунок 4.37)

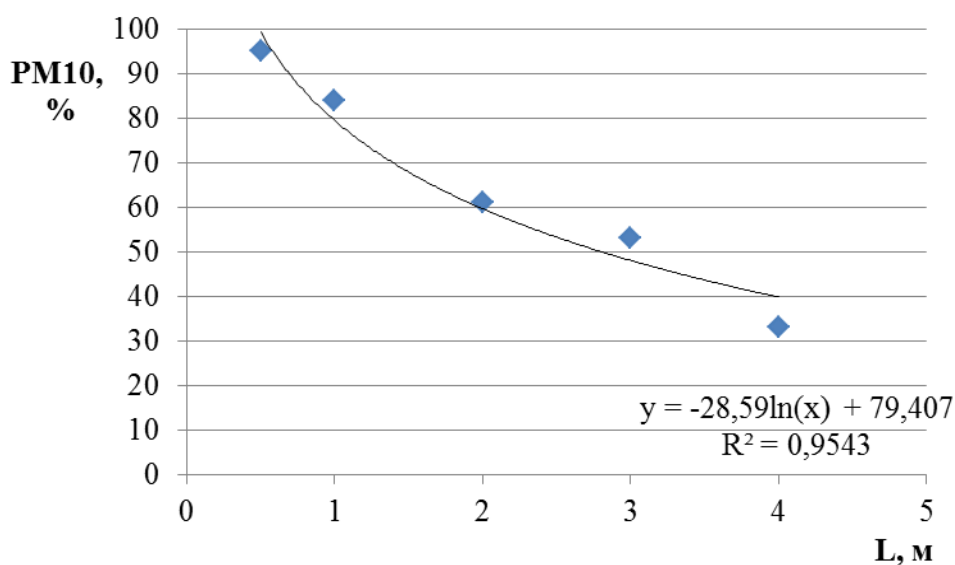


Рисунок 4.37 – Зависимость доли мелкодисперсной пыли от расстояния до автомобильной дороги

$$D(PM_{10}) = -28,59 \ln L + 79,407$$

Где L – расстояние от проезжей части до точек замера, м.

В районе перекрестка выбрасывается наибольшее количество вредных веществ автомобилем за счет торможения и остановки автомобиля перед запрещающим сигналом светофора и последующим его движением в режиме "разгона" при разрешающем сигнале светофора.

На основании обработанных данных по четверти перекрестка (рисунок 4.38), можно сделать вывод о симметричности картины загрязнения частицами PM_{10} на перекрестке. Изолинии рассеивания имеют вид дуги с центром в совпадающим с геометрическим центром перекрестка. Таким образом, можно считать перекресток точечным источником загрязнения мелкими частицами.

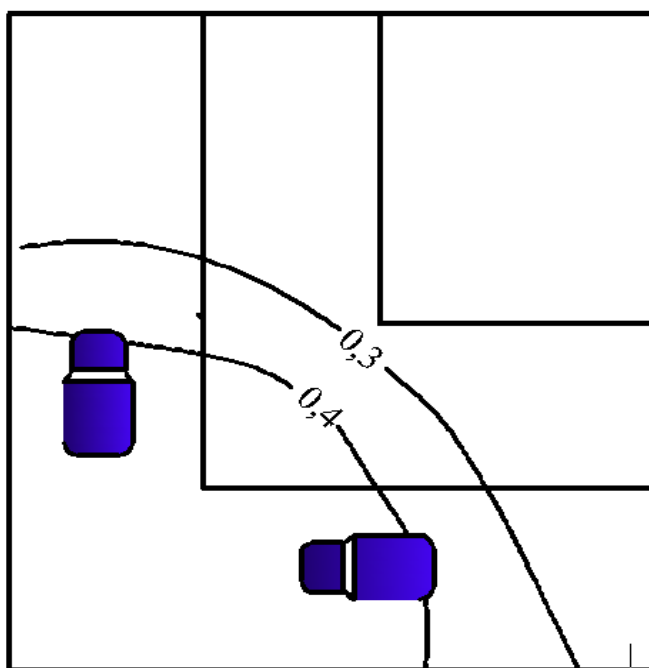


Рисунок 4.38 – Изолинии рассеивания загрязнения частицами PM_{10} на перекрестке.

4.7 Выводы по главе 4

1. В качестве методики проведения измерений выбран гравиметрический метод с последующим дисперсным анализом пыли. Измерения проводились в соответствии со спецификой автомобильного транспорта, как источника загрязнения, а именно с учетом интенсивности движения были выбраны наиболее загруженные пересечения в каждом районе города.

2. В результате проведенных исследований получены интегральные функции распределения массы частиц по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке в различное время года и при различной интенсивности движения автомобильного транспорта. Предложена вероятностно-логарифмическая сетка для описания результатов дисперсного анализа пыли, отобранной в воздухе городской среды, с диапазоном по оси X от 0,1 до 100 мкм. По результатам исследования построены функции интегральных концентраций пыли отобранной в воздухе городской среды.

3. Рассмотрены дневные максимумы содержания мелкодисперсной пыли. Исследования показали, что эти величины имеют существенный разброс и трудно поддаются анализу. Представлена динамика содержания пыли в течение года и в течение суток.

4. Получена вероятность превышения концентрацией мелкодисперсной пыли гигиенических нормативов по рассматриваемым пересечениям. В среднем эта вероятность составляет от 0,5-0,7.

5. Для исследования скорости витания и оседания пыли разработана лабораторная установка для изучения аэродинамических свойств пыли. Получены интегральные кривые распределения массы частиц по диаметрам для пыли воздуха городской среды при исследовании оседания и зависимости скорости оседания от эквивалентного диаметра частиц.

6. Рассмотрены особенности содержания мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды. По результатам исследования получена зависимость процентного содержания PM_{10} от расстояния от проезжей части. При снижении скорости и увеличении общего количества транспорта плавно возрастает общая концентрация пыли, но доля крупных частиц не увеличивается или даже снижается, потому что скорость воздушных масс ниже скорости страгивания и скорости витания крупных частиц.

ГЛАВА 5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.1 Методика оценки содержания мелкодисперсной пыли вблизи автомобильных дорог с интенсивным движением транспорта

В результате проведенных исследований и теоритического анализа результатов разработана методика для определения содержания мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог.

Методика основана на определении дисперсного состава пыли с помощью микроскопического метода и включает из нескольких этапов:

1. Выбор места исследования. Основываясь на данных о состоянии улично-дорожной сети и транспортного потока, полученных от соответствующих организаций необходимо выявить наиболее загруженные участки. Кроме того выбор места должен быть подтвержден натурными замерами интенсивности движения транспорта. На основе изучения схемы улично-дорожной сети города, а также полученной в органах государственной инспекции безопасности дорожного движения (ГИБДД) и архитектурных управлениях информации о транспортной нагрузке составляется перечень автодорог (и их участков) с различной интенсивностью движения и перекрёстков с высокой транспортной нагрузкой. Выбранные автодороги (или их участки) наносятся на карту-схему города (с учётом масштаба карты). На этой карте фиксируются и перекрёстки, на которых предполагается проведение дополнительных обследований.

2. Выбор точек замеров. Точки замеров должны располагаться с учетом геометрических особенностей выбранного участка (пересечение, перегон, количество полос движения, наличие разделительной полосы и т.д.). Кроме того необходимо учитывать архитектурную планировку, расположение и тип

зданий, наличие остановочных пунктов и зеленых насаждений [14, 60]. Территориальные различия состава и интенсивности транспортных потоков зависят от площади и поперечных размеров города, численность населения, схемы планировки улично-дорожной сети, особенностей расположения промышленных предприятий, автохозяйств, автозаправочных станций, станций техобслуживания, терминалов и т.д. Временные различия в значительной степени связаны с режимом работы промышленных предприятий и учреждений города и с климатическими особенностями района, в котором расположен город [16, 19].

3. Проведение измерений. Метод основан на отборе проб пыли на фильтр, гравиметрическим методом с последующим проведением дисперсного анализа пыли. Проводить измерения следует с учетом метеорологических параметров. Данные заносят в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Шаблон для заполнения результатов проведения измерений

Наименование пересечения							
Дата за- мера	№ то- чек	Факторы			Исследуемые параметры		
		N, авт/ч	φ, %	V, м/с	C	PM ₁₀	PM _{2,5}

4. Описание результатов исследования. Полученные результаты оформляются в виде таблиц и графиков. Графический способ оформления результатов предусматривает построение дифференциальных кривых распределения по размерам, откладывая по оси абсцисс значения d_q , а по оси ординат плотность распределения частиц соответствующего размера в процентах.

5. Анализ полученных результатов. Данные полученные в результате проведенных измерений необходимо использовать для прогнозирования экологической ситуации на исследуемом участке. Для этого рекомендуется использовать расчет среднего числа и длительности превышений, приведенный в главе 4.

При выполнении оценки содержания мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог следует руководствоваться порядком действий указанным в разработанной блок-схеме (рисунок 5.1).

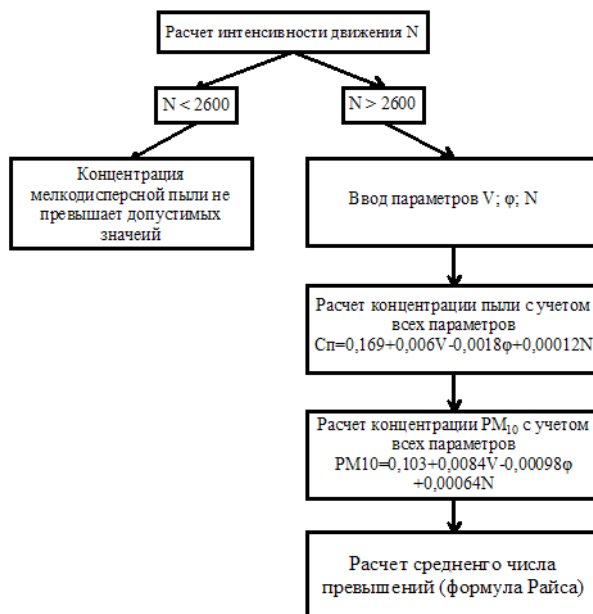


Рисунок 5.1 – Блок-схема для методики оценки содержания мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог

5.2 Предложения по совершенствованию мониторинга

Решение экологических проблем возможно лишь с учетом получения оперативной, достоверной и исчерпывающей информации о состоянии качества атмосферного воздуха и окружающей среды [49, 52]. Контроль качества должен проводиться таким образом, чтобы обеспечивалась возможность оценки динамических процессов в окружающей среде, вызванных теми или иными факторами. Кроме того, полученная информация должна обеспечивать возможность анализа причинно-следственных зависимостей между параметрами окружающей среды и состоянием здоровья населения [48]. Существующая в Волгограде сеть наблюдений Росгидромета не отвечает этим требованиям и должна быть дополнена специальными средствами контроля.

В результате проведенного исследования весьма важным представляется мониторинг передвижных источников загрязнения. Для обнаружения превышения гигиенических нормативов на автомобильных дорогах города в первую очередь необходимо проводить контроль за состоянием атмосферного воздуха на перекрестках города, где наблюдается высокая интенсивность движения. В диссертации предлагается для внедрения схема мониторинга содержания мелкодисперсной пыли в атмосферном воздухе жилой зоны.

На рисунке 5.2. представлена предлагаемая схема мониторинга запыленности атмосферного воздуха городской среды. Отличием указанной схемы мониторинга, от схем, используемых в настоящее время для контроля качества окружающей среды, является исследование дисперсного состава пыли.

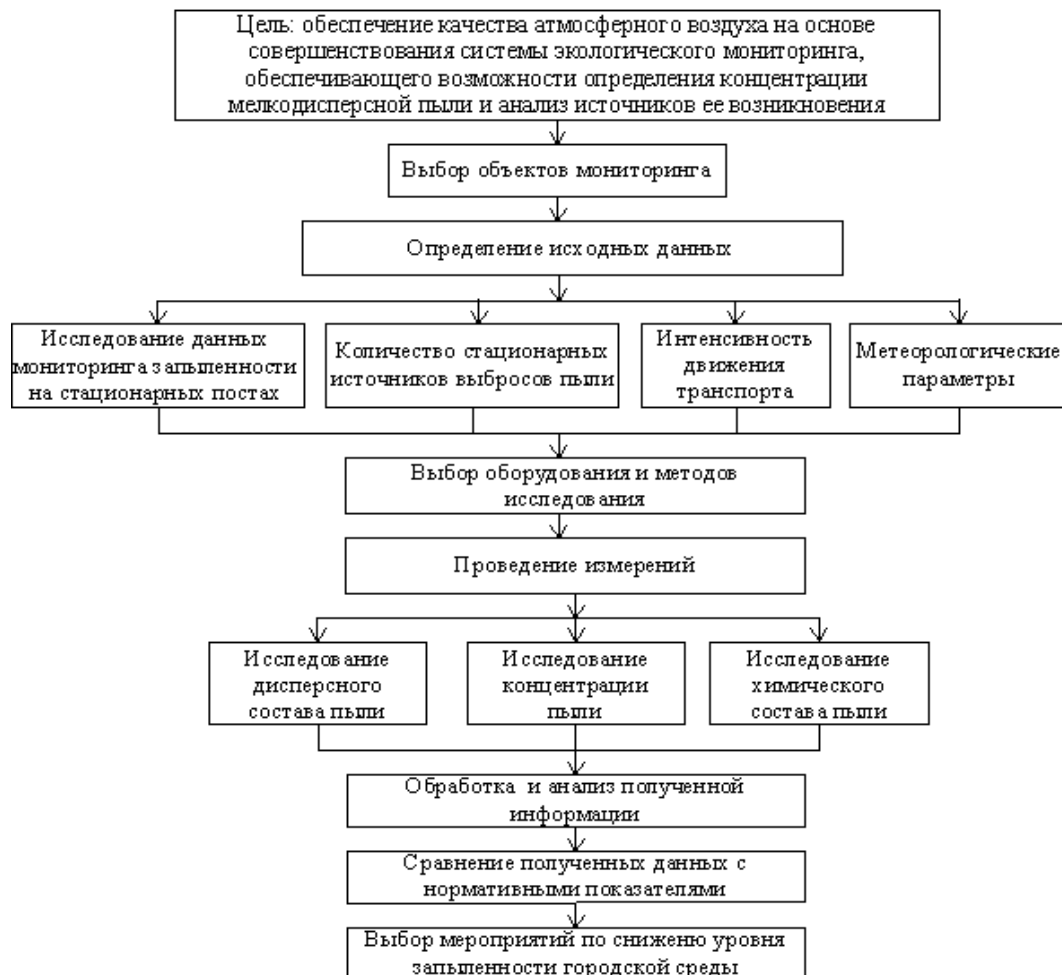


Рисунок 5.2 – Схема организации мониторинга запыленности атмосферного воздуха.

Проводить мониторинг запыленности необходимо в местах, выбранных на основе обязательного предварительного исследования загрязнений воздушной среды города, изучения метеорологических условий, расчетов полей максимальных концентраций примесей в тех жилых районах, где возможны наибольшие средние уровни загрязнения. К числу наиболее загрязненных районов относятся зоны наибольших максимальных разовых и среднесуточных концентраций, создаваемые выбросами в атмосферный воздух загрязняющих веществ. Для выявления таких районов необходимо определить количество стационарных источников загрязнения и интенсивность дорожного движения. Кроме того необходимо опираться на данные наблюдений за уровнем запыленности Росгидромета.

Точки наблюдения выбираются на городских улицах, вблизи автомобильных дорог с интенсивным движением транспорта и располагаются в местах, где часто производится торможение автомобилей и вследствие истирания шин и дорожного покрытия выбрасывается наибольшее количество пыли.

По результатам проведенных исследований определены участки автомобильных дорог, на которых рекомендовано проведение мониторинга содержания мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды (рисунок 5.3). В данных точках наблюдается высокая интенсивность движения, а в некоторые из них также расположены вблизи стационарных источников выбросов пыли.

После определения исходных данных необходимо перейти к выбору оборудования для определения концентрации, дисперсного и химического состава.

Обработка и анализ полученной информации необходимо проводить с использованием специального компьютерного программного обеспечения. Анализ полученных данных и сравнение их с нормативными показателями, а также прогнозирование вероятности превышений обосновывают необходимость проведения необходимых мероприятий в рассматриваемом районе.

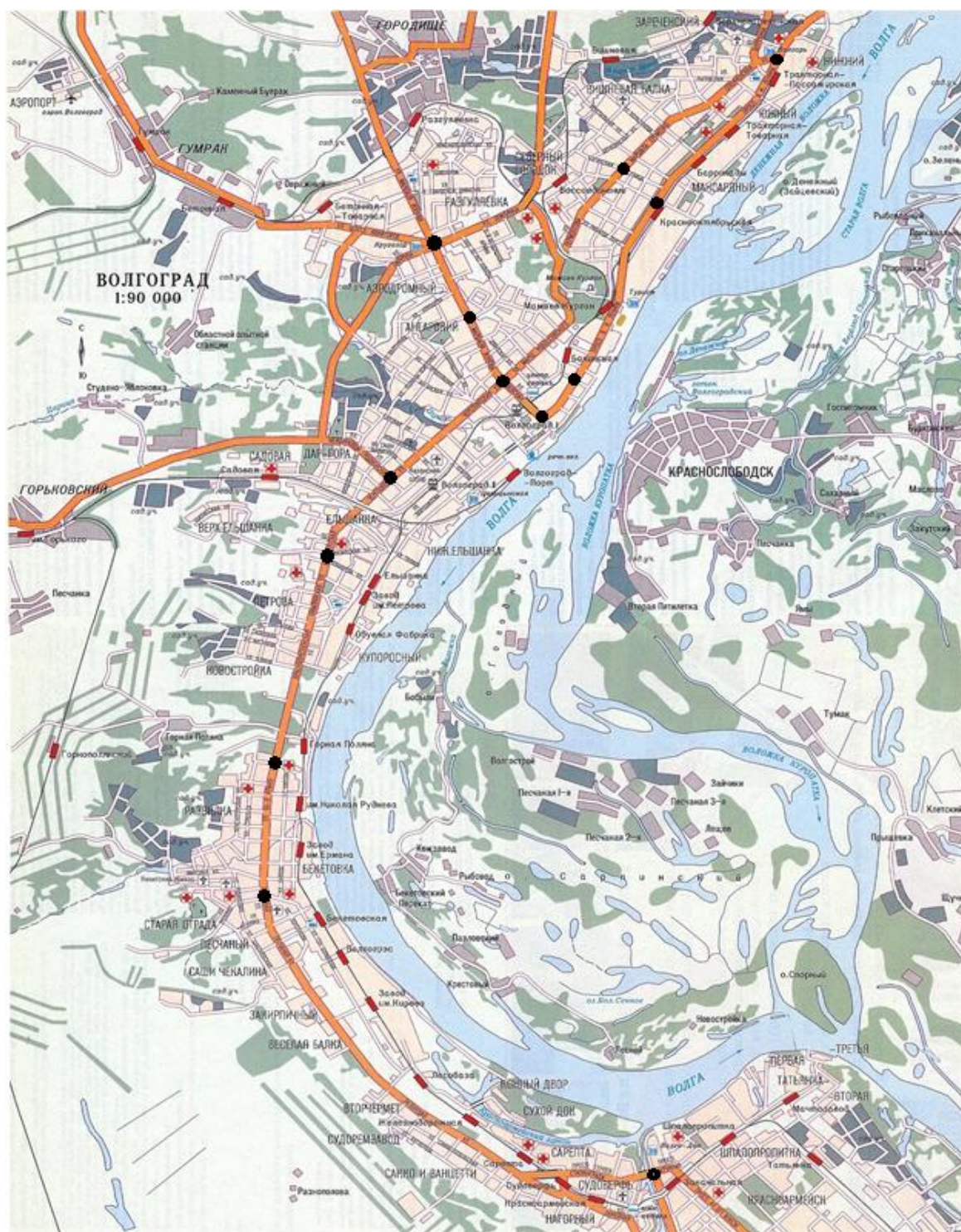


Рисунок 5.3 – Карта г. Волгограда с обозначением рекомендуемых мест проведения мониторинга загрязнения воздуха городской среды мелкодисперсной ПЫЛЬЮ

5.3 Выбор мероприятий направленных на снижение содержания мелкодисперсной пыли в атмосферном воздухе городов

Можно выделить следующие причины низкого уровня экологических характеристик эксплуатируемого автомобильного транспорта:

1) большая часть автомобильного парка РФ с возрастом более 20 лет не проходила экологической сертификации. Более новые автомобили (а это основная часть автомобильного парка) проходят экологическую сертификацию в соответствии с требованиями правил, действовавших в Европе до 1992 года, следовательно не отвечают современным мировым стандартам;

2) небольшое количество автомобилей с каталитическими нейтрализаторами отработавших газов, поступающих на дороги России, из-за отсутствия постоянного контроля, в эксплуатации быстро теряют свои высокие экологические характеристики;

3) российские автомобили, а также автомобили, произведенные в странах ближнего зарубежья, характеризуются низкой конструктивной надежностью, что в условиях некачественного технического обслуживания приводит к быстрому росту выбросов загрязняющих веществ в процессе их эксплуатации;

4) нехватка современного оборудования и квалифицированных кадров для осуществления качественного технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств;

5) плохие дорожные условия и сложные климатические условия приводят к ускоренному износу узлов и агрегатов автомобилей и увеличению выбросов;

6) отсутствует или практически отсутствует система экологического контроля за количеством выбросов загрязняющих веществ. Лишь в некоторых регионах России (в основном, курортные районы или особо охраняемые зоны) существуют так называемые «экологические справки» или «талоны токсичности автомобилей», подтверждающие соответствие транспортного сред-

ства по количеству выбросов автомобиля, работающего на холостом ходу, установленным стандартам;

7) производство и распространение некачественного топлива, не соответствующего принятым стандартам и приводящего к увеличению выбросов вредных веществ.

В местах где с помощью предлагаемой методики обнаружено превышение уровня запыленности, а особенно наличие мелкодисперсной пыли необходимо проводить следующие мероприятия:

1. Совершенствование организации дорожного движения;

Большое влияние на расход топлива автомобилями, а следовательно и на увеличение вредных выбросов включающих мелкодисперсные частицы оказывают частые остановки требующие последующего разгона, что является следствием нерационального светофорного регулирования, а также возникновения пробок и заторов на участках улично-дорожной сети. Кроме того многократные торможения вызывают дополнительное истирание шин. В связи с чем, необходимы мероприятия по совершенствованию организации дорожного движения, заключающиеся в ведении координированного светофорного регулирования [15, 18, 21]. Для более эффективного регулирования в крупных городах следует применять АСУДД (автоматизированная система управления дорожным движением), которая в состоянии предотвратить осложнения транспортной ситуации в случае возникновения систематических или случайных заторов путем перераспределения транспортных потоков по улично-дорожной сети (снижение загрузки). Современные АСУДД могут включать подсистему экологического мониторинга, благодаря чему осуществляется ограничение допуска транспортных средств путем перевода на альтернативные направления с тех участков, где обнаружено превышение ПДК.

2. Улучшение дорожного покрытия, благоустройство участков дорог (восстановление асфальтобетонного покрытия). При плохом состоянии дорожного покрытия значительно ухудшаются условия движения: водителю приходится часто изменять траекторию движения осуществляя торможения и

разгоны, что приводит как уже отмечалось выше к увеличению вредных выбросов и к повышенному образованию шинной пыли. Наличие не асфальтированных участков дорог приводит к выветриванию верхних слоев почвы [45].

3. Мероприятия по уменьшению образования шинной пыли:

а) Повышение ответственности транспортных организаций за преждевременное разрушение шин.

На сегодняшний день транспортные организации имеющие парк автомобилей различных типов не несут ответственности за преждевременное разрушение шин и как следствие вредное воздействие этого на окружающую среду, например как несут ответственность организации эксплуатирующие транспорт за превышение допустимых выбросов [58, 63]. Так за превышение допустимых выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников взимается плата, размер которой определяется по формуле

$$Псн_{транс} = 5 \sum_{j=1}^p Пн_j \cdot d_j, \quad (5.1)$$

где $Псн_{транс}$ - плата за превышение допустимых выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников, р.;

j - тип транспортного средства ($j = 1, 2 \dots p$);

$Пн_j$ - плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ от j -го типа транспортного средства, р.;

d_j - доля транспортных средств j -го типа, не соответствующих стандартам, определяется как соотношение количества транспортных средств, не соответствующих требованиям стандартов, к общему количеству проверенных транспортных средств.

Износ протектора в свою очередь зависит от правильности регулировки ходовой части автомобилей, приемов вождения, соблюдения правил эксплуатации и т.д. Следует разработать требования и нормативы позволяющие контролировать неравномерность износа шин.

б) Экологическая сертификация шин. Актуальны экологические испытания и экологическая сертификация шин, эксплуатируемых в черте мегаполисов России.

Анализ экологического воздействия шин на окружающую среду и человека в течение всего срока их эксплуатации проводится за рубежом в соответствии с ISO 14040, экологическая сертификация шин – в соответствии с ISO 14060, экологический аудит на автотранспортных и шиноремонтных предприятиях – согласно требованиям ISO 14010, а контроль на заводах изготовителях шин – по стандарту ISO 14001. В России введен в действие ГОСТ Р ИСО 14040-99, в котором описаны принципы и приведена структура оценки жизненного цикла, обеспечивающие проведение исследования и предоставление отчетности [110].

4. Озеленение городских дорог и улиц.

Зеленые насаждения и городские леса являются неотъемлемой частью планировочной структуры города и играют важнейшую роль в обеспечении экологической безопасности в городской среде. Они входят в систему жизнеобеспечения города, как важнейший средообразующий и средозащитный фактор, который обеспечивает качество среды обитания человека, и как обязательный и важный элемент городского ландшафта. Растительность в городе является также важным социальным стабилизирующим фактором, снижая напряженность и конфликтность городской среды, и способствует устойчивому развитию города [17, 94, 98].

Под воздействием промышленных и транспортных загрязнений, климатических особенностей и неорганизованного отдыха горожан наблюдается деградация озелененных территорий, происходит сокращение их площадей за счет роста застраиваемых территорий: как жилых, так и иных зон застройки. Вдоль автомобильных дорог присутствуют, как правило, однорядные посадки, расположенные слишком далеко друг от друга. Кроме того, основную часть таких посадок составляют плохо развивающиеся деревья, без какого-

либо кустарника. Эффективность таких насаждений при данном типе посадки в снижении концентрации пыли очень низка [46].

5. Уборка городских магистралей и улиц в рамках работ по содержанию автомобильных дорог.

Содержание автомобильной дороги - выполняемый в течение всего года (с учётом сезона) на всём протяжении дороги комплекс работ по уходу за дорогой, дорожными сооружениями и полосой отвода, по профилактике и устранению постоянно возникающих мелких повреждений, по организации и обеспечению безопасности движения, а также по зимнему содержанию и озеленению дороги [32]. Регулярная уборка дорожной полосы способствует снижению запыленности прилегающих территорий и, как следствие, улучшению экологической обстановки. Необходимо применение современной уборочной техники (поливомоечные подметально-уборочные машины). В настоящее время наиболее востребованы вакуумные подметальные машины.

5.4 Выводы по главе

1. Предложена методика оценки содержания мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды от автотранспорта, которая учитывает особенности измерения концентрации и дисперсного состава пыли, вблизи автомобильных дорог.

2. Предложена схема мониторинга содержания мелкодисперсной пыли в атмосферном воздухе жилой зоны, для обнаружения превышения гигиенических нормативов на автомобильных дорогах города в первую очередь необходимо проводить контроль за состоянием атмосферного воздуха на перекрестках города, где наблюдается высокая интенсивность движения.

3. Для снижения запыленности городской среды от автотранспорта предложены следующие мероприятия: совершенствование организации дорожного движения; улучшение дорожного покрытия, благоустройство участков дорог; повышение ответственности транспортных организаций за преждевременное разрушение шин; экологическая сертификация шин; озеленение городских дорог и улиц; уборка городских магистралей и улиц в рамках работ по содержанию автомобильных дорог.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано решение актуальной задачи совершенствования мониторинга загрязнения воздуха городской среды мелкодисперсной пылью. На основании результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие основные **выводы** по работе:

1. В результате исследования был проведен анализ современного состояния системы экологического мониторинга атмосферного воздуха в крупных городах. Анализ показал, что в настоящее время практически отсутствует система контроля, и оценки содержания мелких фракций, поступающей в воздух городской среды. Мониторинг качества атмосферного воздуха, применяемый в настоящее время, не дает возможности определять содержание мелкодисперсной пыли в жилой зоне.

2. Для определения дисперсного состава пыли в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог адаптирована «Методика микроскопического анализа дисперсионного состава пыли для выбросов в атмосферу с применением персонального компьютера (ПК)».

3. Проведены опытные исследования концентрации и дисперсного состава пыли в воздухе городской среды на пересечениях в 8 районах города. При проведении замеров учитывались климатологические факторы и факторы режима движения транспортных потоков.

4. Исследовано влияние ряда факторов на концентрацию взвешенных частиц и PM_{10} в воздухе. Разработаны математические модели зависимости уровня содержания PM_{10} от скорости ветра, относительной влажности воздуха и интенсивности движения транспорта.

5. При сравнении методов описания функции распределения массы частиц по диаметрам наиболее точное описание данных кривых достигается при

использовании трехзвенного сплайна. Однако, следует отметить, что расчёт аппроксимации с использованием трехзвенного сплайна трудоемкий и для простоты расчета возможно использование двухзвенного сплайна в случае когда диапазон изменения диаметров пыли незначителен.

6. Проведена теоретическая оценка превышений гигиенических нормативов фракционной концентрации пыли на основе формулы Райса. Получены дифференциальные и интегральные функции распределения для концентрации взвешенных частиц и PM_{10} , корреляционные функции, которые позволили получить прогноз числа и длительности превышений нормативов концентраций пыли в воздухе на примере г. Волгограда.

7. Разработана система мониторинга загрязнения воздуха городской среды мелкодисперсной пылью. В ней учитываются особенности содержания пыли в городской среде.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аброськина, Н. В. Состояние здоровья населения Волгоградской области и загрязнение атмосферного воздуха от стационарных источников [Текст] / Н. В. Аброськина, И. В. Сидоренко // Архитектурно-градостроительные и строительные проблемы национального проекта – доступное и комфортное жилище : докл. и сообщ. междунар. науч.-практ. конф.-семинара, Шарджа, ОАЭ, 21–28 апр. 2006 г. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2006. - С. 50-51.
2. Азаров, В. Н. Анализ существующих методик расчета массы выбросов и концентрации пыли в атмосферном воздухе для источников предприятий стройиндустрии [Текст] / В. Н. Азаров // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы Междунар. науч. конф. 25-29 сент. 2002 г., Волгоград. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСА, 2002. - С. 3-7.
3. Азаров, В. Н. Комплексная оценка пылевой обстановки и разработка мер по снижению запыленности воздушной среды промышленных предприятий [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Азаров Валерий Николаевич. - Ростов-на-Дону, 2004. – 46 с.
4. Азаров, В. Н. Дисперсный состав пыли как случайная функция [Текст] / В. Н. Азаров, Д. В. Азаров, А. Б. Гробов // Объединенный научный журнал. - 2003. - № 6. - С. 62–64.
5. Азаров, В. Н. О нормировании качества воздуха рабочей зоны [Текст] / В. Н. Азаров, О. К. Барсуков, А. Г. Круглов // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2009. - № 16. - С. 162–165.
6. Азаров, В. Н. Учет пылевого загрязнения атмосферного воздуха при размещении и организации объектов городской среды / В. Н. Азаров, Н. С. Барикаева // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2012. - Вып. 29(48). - С. 213-217.

7. Азаров, В. Н. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли (PM_{10} и $PM_{2,5}$) в атмосфере городов [Текст] / В. Н. Азаров, Н. А. Маринин, Д. В. Жоголева // Изв. Юго-Запад. гос. ун-та. - 2011. - № 5, ч. 2. - С. 144-148.
8. Азаров, В. Н. О дисперсном составе пыли в системах обеспыливающей вентиляции строительных производств [Текст] / В. Н. Азаров, Е. Ю. Есина // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2008. - № 11. - С. 119–122.
9. Азаров, В. Н. О методике и оценки комплексных показателей экологической безопасности и устойчивости региона [Текст] / В. Н. Азаров, В. Г. Поляков, Н. С. Кузнецова // Объединенный науч. журн. - 2005. - № 2. - С. 68–71.
10. Азаров, В. Н. Нормирование PM_{10} и $PM_{2,5}$ как социальных стандартов качества в районах расположения предприятий стройиндустрии [Текст] / В. Н. Азаров, И. В. Тertiшников, Н. А. Маринин // Жилищ. стр-во. – 2012. - № 3. – С. 20-22.
11. Азаров, В. Н. Об исследовании загрязнения воздушной среды мелкодисперсной пылью с использованием аппарата случайных функций [Электронный ресурс] / В.Н. Азаров, Н.С. Барикаева, Д.А. Николенко, Т.В. Соловьева // Инженерный вестник Дона – 2015 - №4 – Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3350
12. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной пылью [Электронный ресурс] / А. Б. Стреляева, Н. С. Барикаева, Е. А. Калюжина, Д. А. Николенко // Интернет-вестн. ВолгГАСУ. Сер.: Политемат. - 2014. - Вып. 3 (34). - Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>
13. Балакин, В. В. Влияние аэрационного режима городских улиц на концентрацию выбросов автомобильного транспорта в атмосферном воздухе [Текст] / В. В. Балакин // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств : VI междунар. науч.-техн. конф. 18–20 мая 2010 г., г. Пенза. - Пенза : [б. и.], 2010. - С. 1-6.
14. Балакин, В. В. Влияние пространственной структуры загрязнения селитебных территорий городов выбросами автомобильного транспорта на пока-

затели здоровья населения [Текст] / В. В. Балакин // Современные проблемы безопасности дорожного движения и их решение - дети и молодежь на дорогах : материалы III Рос.-герм. науч.-практ. конф., Волгоград, 6-8 июня 2006 г. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2006. - С. 191-200.

15. Балакин, В. В. Комплексный подход к решению защиты городской среды от негативного воздействия транспорта [Текст] / В. В. Балакин // Материалы ежегодной науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава и студентов ВолгГАСУ, 24–27 апреля 2007 г. : в 3 ч. Ч. 1. Архитектура, градостроительство. Строительство. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2008. - С. 129-131.

16. Балакин, В. В. Методика оценки загрязнения атмосферного воздуха на улично-дорожной сети города [Текст] / В. В. Балакин // Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России : материалы V междунар. науч.-техн. конф., 21–23 мая 2008 г., Пенза. : в 2 ч. - Пенза : ПГУАС, 2008. - Ч. 2. - С. 184-189.

17. Балакин, В. В. Основные подходы к решению проблемы снижения негативного воздействия транспорта на городскую среду [Текст] / В. В. Балакин // Транспорт: наука, техника, управление. - 2007. - № 6. - С. 41-45.

18. Балакин, В. В. О роли средств организации движения транспорта в решении экологических проблем городов [Текст] / В. В. Балакин // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2008. - № 7. - С. 251-257.

19. Балакин, В. В. Расчет загрязнения атмосферного воздуха на застраиваемых участках городских дорог [Текст] / В. В. Балакин // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2010. - № 18. - С. 138-143.

20. Балакин, В. В. Состояние экологической безопасности транспортной системы Волгограда [Текст] / В. В. Балакин, Н. С. Бышкина // Инновационные организационно-технологические ресурсы для развития строительства доступного и комфортного жилья в Волгоградской области : материалы Ме-

ждунар. науч.-техн. конф., 1–3 дек. 2008 г., Волгоград. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2008. - С. 70-74.

21. Балакин, В. В. Перспективы снижения негативного воздействия транспортных систем городов на жилую среду средствами организации дорожного движения [Текст] / В. В. Балакин, А. Н. Павленко // Инновационные организационно-технологические ресурсы для развития строительства доступного и комфортного жилья в Волгоградской области : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 1–3 дек. 2008 г., Волгоград. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2008. - С. 66-70.

22. Барикаева, Н. С. Совершенствование методов контроля запыленности воздуха урбанизированных территорий [Текст] / Н. С. Барикаева, О. К. Барсуков, Е. А. Чернышова // Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 24 дек. 2010 г., Волгоград : [в 2 ч.]. -Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2010. - Ч. II. - С. 20-23.

23. Барикаева, Н. С. Анализ особенностей нормирования запыленности атмосферного воздуха в странах ЕС и РФ [Текст] / Н. С. Барикаева, Е. А. Калюжина // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2011 : по материалам Междунар. науч.-практ. конф., 04-15 октября 2011 г. : сб. науч. тр. SWorld. Т. 30. Физическое воспитание и спорт. Биология. - Одесса : Черноморье, 2011. - С. 75-77.

24. Барикаева, Н. С. Исследование запыленности городской среды вблизи автомобильных дорог [Текст] / Н. С. Барикаева, Д. А. Николенко // Альтернативная энергетика и экология. - 2013 - № 11 (133) - С. 75-78.

25. Барикаева, Н. С. О методах исследования дисперсного состава пыли в воздухе городской среды [Текст] / Н. С. Барикаева, А. Б. Стреляева, И. В. Тертишников // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. - 2013. - № 2. - С. 72-76.

26. Барсуков, О. К. Влияние параметров микроклимата на изменение концентрации пыли в воздухе рабочей зоны [Текст] / О. К. Барсуков, Н. С. Бари-

- каева, В. П. Батманов // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2011. - Вып. 25 (40). - С. 233-236.
27. Батманов, В. П. Организация контроля концентрации пыли в воздухе рабочей зоны с помощью оптических методов [Текст] / В. П. Батманов, О. К. Барсуков, Н. С. Барикаева // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2011. - Вып. 25 (40). - С. 228-232.
28. Берлянд, М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы [Текст] / М. Е. Берлянд. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. - 272 с.
29. Бессараб, О. И. Закономерности распространения пылегазовоздушной смеси (частиц пыли) в атмосфере [Текст] / О. И. Бессараб, И. В. Кабаева // Проблемы охраны производственной и окружающей среды : сб. науч. тр. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2001. - С. 187-189.
30. Бурков, В. Н. Экологическая безопасность [Текст] / В. Н. Бурков, А. В. Щепкин А. В. - Москва : ИПУ РАН, 2003. - 92 с.
31. Бурлаченко, О. В. Анализ рассеивания выбросов в атмосферу строительных производств [Текст] / О. В. Бурлаченко, Н. В. Мензелинцева, И. В. Кабаева // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2011. - № 25. - С. 246-248.
32. Дорожно-строительные машины [Текст] : учеб. для вузов / А. В. Вавилов [и др.] ; под общ. ред. А. М. Щемелев. - Минск : Технопринт, 2000. - 515 с. : ил., схем., табл.
33. Величковский, Б. Т. Фиброгенные пыли. Особенности строения и механизма биологического действия. [Текст] / Б. Т. Величковский. - Горький : Волго-Вятское книж. изд-во, 1980. - 160 с.
34. Влияние метеорологических факторов на рассеяние выбросов от транспортных и природных источников загрязнения атмосферного воздуха [Текст] / В. Ф. Сидоренко [и др.] // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы VI Междунар. науч. конф., 14–18 мая 2008 г., Волгоград. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2008. - С 113-115.

35. Гербовник, О. В. Ландшафтно–геохимические процессы техногенного загрязнения природной среды (на примере Волгоградской области) [Текст] : автореф. дис. ... геогр. наук : 25.00.23 / Гербовник О. В. - Волгоград, 2004. - 24 с.
36. Главатских, Л. Ю. Проблемы видеоэкологии и качества городской среды [Текст] / Л. Ю. Главатских // Волгоград : МУП "Городские вести", 2009. - С. 212-214.
37. ГН 2.1.6.2604-10. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [Текст]. – Москва : Стандарт, 2010.
38. Грин, Х. Аэрозоли - пыли, дымы и туманы [Текст] : моногр. / Х. Грин, В. Лейн. - Химия, 1972. - 427 с.
39. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2009 году» [Текст] / редкол.: В. И. Новиков [и др.] ; Ком. природ. ресурсов и охраны окружающей среды Адм. Волгогр. обл. - Москва : «Глобус», 2010. - 304 с.
40. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2010 году» [Текст] / редкол.: О. В. Горелов [и др.] ; Ком. природ. ресурсов и охраны окружающей среды Адм. Волгогр. обл. - Волгоград : «СМОТРИ», 2011. - 352 с.
41. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2011 году» [Текст] / редкол.: П. В. Вергун [и др.] ; Ком. природ. ресурсов и охраны окружающей среды Адм. Волгогр. обл. – Волгоград : «СМОТРИ», 2012. – 352 с.
42. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2012 году» [Текст] / редкол.: П. В. Вергун [и др.] ; Ком. охраны окружающей среды и природопользования Волгогр. обл. – Волгоград : «СМОТРИ», 2013. – 300 с.
43. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2013 году» [Текст] / редкол.: П. В. Вергун [и др.] ; Мин-во природных ресурсов и экологии Волгогр. обл. – Волгоград : «СМОТРИ», 2014. – 300 с.

44. Желтобрюхов, В. Ф. Эколого-токсикологические подходы к реализации единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ) на территории Волгоградской области [Текст] / В. Ф. Желтобрюхов, В. М. Шишкунов // Поволжский экологический вестник. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 1998. С. 104-107.
45. Забазнов, В. В. Разработка системы мероприятий по повышению экологической безопасности городского транспорта в Волгограде [Текст] / В. В. Забазнов, Е. С. Смолянский, М. В. Бовкун // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России : материалы IV науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 11–14 мая 2010 г., Волгоград. - Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2010. - С. 284–287.
46. Зубкова, И. Ю. Меры по снижению загрязнения атмосферы выбросами автотранспорта [Текст] / И. Ю. Зубкова // Проблемы экополиса : программа и тез. докл. междунар. науч.-практ. конф., Тайланд, Бангкок-Патайя, 13–25 марта 1998 г. – Волгоград : [Изд-во ВолГАСА], 1998. - С. 73-75.
47. Зубкова, И. Ю. Разработка методов мониторинга загрязнения атмосферного воздуха вблизи магистрали [Текст] / И. Ю. Зубкова, О. Г. Бузычкина, Н. В. Коротченко // Проблемы промышленной экологии : сб. материалов и науч. тр. молодых инж.-экологов. – Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2006. - Вып. 1. - С. 128–132.
48. Зубкова, И. Ю. Разработка методов мониторинга загрязнения воздушной среды автомагистралей крупных городов для предотвращения образования фотохимического смога [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 03.00.16 // Зубкова И. Ю. - Волгоград, 2002. - 22 с.
49. Иванов, В. А. О проведении мониторинга воздушной среды на примере отделочно-строительных работ [Текст] / В. А. Иванов, Н. А. Маринин, Н. С. Барикаева // Проблемы охраны производственной и окружающей среды : сб. материалов и науч. тр. инж.-экологов. - Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2012. - Вып. 4. - С. 115-117.

50. Иванова, Ю. П. Проблемы экологии в дорожном комплексе промышленных центров [Текст] / Ю. П. Иванова // Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций : материалы III Междунар. науч.-техн. конф., 27–29 марта 2003 г. : в 4 ч. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСА, 2003. - Ч. IV. - С 141–143.
51. Иващук, О. А. Теоретические основы построения автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса [Текст] / О. А. Иващук, И. С. Константинов. – Москва : Машиностроение, 2009. – 205 с.
52. Иващук, О. А. Повышение экологической безопасности автотранспорта региона на основе систем мониторинга с использованием интеллектуальных технологий [Текст] : моногр. / О. А. Иващук. – Орел : Изд-во ОрелГАУ, 2008. - 244 с.
53. Израэль, Ю. А. Концепция мониторинга состояния биосферы [Текст] / Ю. А. Израэль. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1987.
54. Казачкова, Л. О. Оценка загрязнения воздушной среды на дорогах крупного города [Текст] / Л. О. Казачкова, В. С. Боровик // Транспорт: наука, техника и управление : науч.-информ. сб. / РАН, ВИНТИ. - 2010. - С. 47–50.
55. Калюжина, Е. А. Мелкодисперсная пыль как фактор загрязнения воздуха городской среды [Текст] / Е. А. Калюжина, Н. С. Барикаева // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях сб. науч. тр. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. (г. Ставрополь, 8-9 апр. 2013 г.). - Ставрополь : [б. и.], 2013. - С. 58-61.
56. Клепик, Н. К. Корреляционно-регрессионный анализ в задачах автомобильного транспорта [Текст] : учеб. пособие / Н. К. Клепик, Д. С. Клементьев. - Волгоград : ВолгГТУ, 2009. - 60 с.
57. Коваленко, В. Г. Экологическая безопасность в системах нефтепродуктообеспечения и автомобильного транспорта [Текст] : учеб. пособие / В. Г. Коваленко, Е. И. Зоря, Ю. Н. Фролов. - Москва : ЛитННефтеГаз, 2004. - 166 с.

58. Корчагин, В. А. Социоприродоэкономические системы автотранспортного комплекса [Текст] / В. А. Корчагин // Грузовое и пассажирское автохозяйство. - 2005. - № 7. - С. 17–20.
59. Косенкова, С. В. Визуальный контроль видимых выбросов от стационарных источников предприятий [Текст] / С. В. Косенкова, О. Э. Крейчи // Экология и безопасность жизнедеятельности : материалы Междунар. науч. симп. в рамках Междунар. конгресса «Экология, жизнь, здоровье». Ч. 2 : Градостроительная экология. Инженерная экология. – Волгоград : [Изд-во ВолгГАСА], 1996. - С. 33–37.
60. Косицына, Э. С. Транспортная структура города и ее влияние на окружающую среду [Текст] / Э. С. Косицына, Н. В. Коростелева // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. акад. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2003. - Вып. 3. - С. 119–120.
61. Коузов, П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов [Текст] / П. А. Коузов. - 3-е изд., перераб. – Ленинград : Химия, 1987. - 264 с.
62. Краснопольский, Б. Х. Американский опыт в правовом обеспечении управления экологической безопасностью [Текст] / Б. Х. Краснопольский // Право и безопасность. – 2006. - № 3–4. - С. 20–21.
63. Крахмалева, М. В. Взаимообусловленность экономики и экологии на рынке недвижимости [Текст] / М. В. Крахмалева // Актуальные проблемы экономической теории и хозяйственной практики в пореформенный период : сб. науч. ст. ученых, преподавателей и аспирантов каф. экон. теории ВолгГАСУ, посвящ. III Всерос. съезду по охране природы (Москва, 18–21 нояб. 2003 г.). – Волгоград : Изд-во ВолгГАСА, 2003. - Вып. 2. - С. 145–149.
64. Лидбеттер, М. Экстремумы случайных последовательностей и процессов [Текст] : моногр. / М. Лидбеттер, Г. Линдгрэн, Х. Ротсен. – Москва : Мир, 1989. - 392 с.
65. Луканин, В. Н. Промышленно–транспортная экология [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко. - Москва : Высш. шк., 2001. - 295 с.

66. Луканин, В. Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Луканин, А. П. Буслаев, М. В. Яшина. - Москва : ИНФРА-М, 2001. - 645 с.
1. Маринин, Н. А. Исследование дисперсного состава пыли в инженерно-экологических системах и выбросах в атмосферу предприятий стройиндустрии [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.19 / Маринин Никита Андреевич. - Волгоград, 2014.
2. Малая медицинская энциклопедия. - Москва : Медиц. энцикл., 1991–1996 гг.
3. Мензелинцева, Н. В. Основы управления качеством воздушной среды [Текст]: учеб. пособие / Н. В. Мензелинцева. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСА, 1995. - 53 с.
4. Методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК) [Текст] / В. Н. Азаров [и др.] // Законодательная и прикладная метрология. - 2004. - № 1. - С. 46–48.
5. Методические рекомендации по расчету загрязнений атмосферы промышленными источниками различной высоты [Текст] / В. С. Никитин [и др.]. - Москва : ВЦНИИОТ, 1985. - 58 с.
6. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека [Текст] // Копенгаген, региональные публикации ВОЗ, Европейская секция, № 85.
7. Мосер, П. Чего только нет в пыли? [Электронный ресурс] / П. Мосер // Наука и жизнь. - 1988. - № 6. - URL: <http://n-t.ru/tp/mr/np.htm> (дата обращения: 6.08.11).
8. Немчинов, М. В. Охрана окружающей природной среды при проектировании и строительстве автомобильных дорог [Текст] : учеб. пособие / М. В. Немчинов. - Москва : АСВ, 2004. - 239 с.
9. Николенко, Д. А. Модель дисперсного состава пыли в выбросах в атмосферу при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог [Электронный ресурс] / Д. А. Николенко, С. В. Шульга, Н. С. Барикаева // Интернет-вестн.

ВолгГАСУ. Сер.: Строит. информатика. - 2014. - Вып. 12 (36). - Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

10. О загрязнении мелкодисперсной пылью воздушной среды городских территорий [Текст] / В. Н. Азаров, Н. А. Маринин, Н. С. Барикаева, Т. Н. Лопатина // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. - 2013. - № 1. - С. 30-33.

11. О некоторых мерах по снижению выбросов в атмосферный воздух твердых частиц (PM_{10} и $PM_{2,5}$) на основе опыта Нидерландов [Текст] / В. Н. Азаров, Е. В. Горшков, А. Ю. Недре, В. И. Воробьев // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2011. - № 25. - С. 407-410.

12. Об исследовании дисперсного состава пыли в воздухе жилых районов [Текст] / В. Н. Азаров, Н. С. Барикаева, Н. А. Маринин, О. А. Мартынова // Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли РФ в 2012 году : сб. науч. тр. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2013. - С. 492-496.

13. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли (PM_{10} и $PM_{2,5}$) в воздушной среде [Текст] / В. Н. Азаров [и др.] // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2011. - № 25. - С. 402-406.

14. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [Текст]. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1987. - ? с.

15. Об аппроксимации интегральных функций дисперсного состава пыли в воздушной среде [Текст] / Е. А. Калюжина [и др.] // Альтернативная энергетика и экология – 2013. - № 14. - С. 52-56.

16. Организация мониторинга загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами [Текст] : методич. указания МУ 2.1.6.-09. - Москва, 2009. - 14 с.

17. Орлов, Р. В. Оценка взвешенных частиц PM_{10} и $PM_{2,5}$ в атмосферном воздухе жилых зон [Текст] / Р. В. Орлов, А. Б. Стрелева, Н. С. Барикаева // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. - № 11 (133). – С. 75-78.

18. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [Текст] / Г. Г. Онищенко [и др.] ; под ред. Ю. А. Рахманина, Г. Г. Онищенко. – Москва : НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. - 408 с.
19. Отраслевой дорожный методический документ методический документ. Экологическая безопасность автомобильной дороги: понятие и количественная оценка [Текст] : распоряжение Минтранса России от 31.12.2002 г. № ОС–1181р. - 80 с.
20. Павлова, Е. И. Экология транспорта [Текст] : учеб. по специальности "Менеджмент" / Е. И. Павлова, Ю. В. Буралев. – Москва : Транспорт, 1998. - 231 с.
21. Павловский, Ю. Н. Имитационное моделирование [Текст] / Ю. Н. Павловский, Н. В. Белотелов, Ю. В. Бродский. - Москва : Академия, 2008. - 236 с.
22. Передельский, Л. В. Строительная экология [Текст] : учеб. пособие / Л. В. Передельский, О. Е. Приходченко. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2003. - 314 с.
23. Планирование эксперимента [Текст] / Ю. П. Адлер [и др.] ; отв. ред. Г. К. Круг ; МЭИ. - Москва : Наука, 1966. - 427 с.
24. Пономарева, Н. С. Совершенствование системы защиты от пыли с применением аппаратов ВЗП на строительных предприятиях по производству мела [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Пономарева Н. С. - Волгоград, 2011. – 187 с.
25. Природа и классификация частиц [Электронный ресурс]. - URL: [http://dustmonitors.ru/priroda i klassifikaciya](http://dustmonitors.ru/priroda_i_klassifikaciya) (дата обращения: 6.08.11).
26. Просвилов, А. А. Негативное воздействие автотранспорта на окружающую среду [Текст] / А. А. Просвилов // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России : материалы I студ. науч.-техн. конф. (24–26 апреля 2007 г.). – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2007. - С. 29–30.
27. Просвилов, А. А. Проблема негативного влияния автотранспорта на экологию крупных городов и пути ее решения [Текст] / А. А. Просвилов //

Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России : материалы I студ. науч.-техн. конф. (24–26 апр. 2007 г.). – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2007. - С. 48–51.

28. Растяпина О. А. Озеленение транспортных магистралей [Текст] / О. А. Растяпина // Проблемы экологии в строительстве : прогр., докл. и сообщ. междунар. науч.-техн. конф.-семинара, 1–6 мая 2000, Ираклион, Греция. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСА, 2000. - С. 46–48.

29. Санжапов Б. Х. Оценка экологической безопасности автотранспортной системы города [Электронный ресурс] / Б. Х. Санжапов, А. А. Мурадов, Р. Б. Санжапов // Интернет-вестн. ВолгГАСУ. Сер.: Политемат. 2013. - Вып. 2 (27). - Режим доступа: www.vestnik.vgasu.ru (дата обращения 30.09.2014)

30. Сарбаев, В. И. Теоретические основы обеспечения экологической безопасности автомобильного транспорта [Текст] : моногр. / В. И. Сарбаев. – Москва : РИЦ МГИУ, 2003. - 144 с.

31. Сидоренко, В. Ф. Оптимизация факторов окружающей среды в городских условиях [Текст] / В. Ф. Сидоренко // Город, экология, строительство : прогр., докл. и сообщ. междунар. науч.-практ. конф.-семинара, 10–17 апр. 1999 года, Каир, Египет. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСА, 1999. - С 16–17.

32. Сидоренко, В. Ф. Оценка эффективности различных методов снижения негативного влияния автотранспорта на окружающую среду [Текст] / В. Ф. Сидоренко, И. Е. Степанова // Проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии : докл. и сообщ. междунар. науч.-практ. конф.-семинара, Касабланка, Марокко 2003, 10–17 нояб. 2003 года. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСА, 2003. – С. 37–39.

33. Сидоренко, И. В. Совершенствование методологии комплексной оценки загрязнения воздушного бассейна крупного города для обоснования мониторинга и системы контроля [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 03.00.16 / Сидоренко И. В. - Волгоград, 2008. - 19 с.

34. Сидоренко, В. Ф. Комплексная оценка негативного воздействия транспорта на жилую застройку [Текст] / В. Ф. Сидоренко, Н. В. Сапожкова // 2009

- год Нижне-Волжского региона в Южном региональном отделении РААСН : сб. науч. ст. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2010. - С. 172–176.
35. Сидоренко, В. Ф. Изучение загазованности и запыленности от автотранспорта на улицах города Волгограда [Текст] / В. Ф. Сидоренко, Н. В. Сапожкова // Устойчивое развитие городов и территорий: проблемы, пути решения, инновации : сб. стат. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию создания Воронеж. гос. архит.-строит. ун-та. - Воронеж : Воронежский гос. архит.-строит. ун-т, 2011. - С. 166–171.
36. Сильянов, В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц : учеб. / В. В. Сильянов, Э. Р. Домке. – 2-е изд., стер. - Москва : Изд. центр «Академия», 2008. – 352 с.
37. Сливина, Л. П. Формирование здоровья детей раннего возраста в условиях крупного промышленного города [Текст] / Л. П. Сливина, Л. К. Квартовкина // Поволжский экологический вестник. – Волгоград : [Изд-во ВолГУ], 2004. - С. 294–299.
38. Стеценко, С. Е. Учет фактора запыленности в формировании городской застройки [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 18.00.04 / Стеценко С. Е. - Москва, 2006. - 20 с.
39. Стеценко, С. Е. Запыленность городской среды [Текст] / С. Е. Стеценко // 2009 – год Нижне-Волжского региона в Южном региональном отделении РААСН : сб. науч. ст. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2010. - С. 185–189.
40. Тарнакина, О. Г. Экологический мониторинг, организация и функционирование системы защиты населения и городской территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Текст] / О. Г. Тарнакина., В. И. Воробьев // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2009. – Вып. 15 (34). - С. 222–228.
41. Тertiшников, И. В. Совершенствование методов экологического мониторинга пылевого загрязнения воздушной среды в жилых зонах при суммарном воздействии промышленных предприятий [Текст] // автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.19 / Тertiшников И. В. - Волгоград, 2012. – 20 с.

42. Тетнор, А. Н. Городская экология [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Тетнор. - Москва : Академия, 2007. - 330 с.
43. Транспортные системы современных мегаполисов и проблемы экологии [Текст] / Ю. Ф. Полковников [и др.] // Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций : материалы III Междунар. науч.-техн. конф., 27–29 марта 2003 г. : в 4 ч. - Волгоград : Изд-во ВолгАСА, 2003. - Ч. IV. - С 137–139.
44. Третьяков, О. Б. Загрязнение окружающей среды продуктами износа шин [Текст] / О. Б. Третьяков, В. А. Гудков, В. Н. Тарновский // Вестн. транспорта. - 2005. - № 6. - С. 12–15.
45. Трофименко, Ю. В. Экология. Транспортное сооружение и окружающая среда [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. В. Трофименко. - Москва : Академия, 2008. - 392 с.
46. Устройство для определения дисперсного состава пыли : пат. 135806 [Текст] / Кошкарев С. А., Маринин Н. А., Карпушко М. О., Стреляева А. Б., Бурханова Р. А., Барикаева Н. С. - № 2013121082 ; 07.05.2013 ; зарег. 20.12.2013, Бюл. № 35.
47. Хомич, В. А. Экология городской среды [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. А. Хомич. - Москва : АСВ, 2006. - 238 с.
48. Черняховский, Э. Управление экологической безопасностью [Текст] / Э. Черняховский. – Москва : Альфа-Пресс, 2007. - 248 с.
49. Шубин, М. А. Экологическая экспертиза [Текст] : учеб. пособие / М. А. Шубин, П. В. Швагерус. - Волгоград : Изд-во ВолгАСУ, 2011. – 85 с.
50. Экологическая экспертиза [Текст] : учеб. пособие / В. К. Донченко [и др.]. - Изд. 2-е. - Москва : Изд. центр «Академия», 2004. - 408 с.
51. Яковлев, С. В. Охрана окружающей среды [Текст] : учеб. / С. В. Яковлев. - Москва : АСВ, 1998. - 129 с.
52. Allen, T. Particle Size Measurement [Text] / T. Allen. – London, 2001. - 454 p.
53. Evaluation of the impact of dust suppressant application on ambient PM10 concentrations in London [Text] / Ben Barratt, David Carslaw, Gary Fuller, David

Green, Anja Tremper // King's College London, Environmental Research Group
Prepared for Transport for London under contract to URS Infrastructure & Environment Ltd. November 2012.

54. COPERT 4 Beta Version Software Description / Santiago Bel, Charis Kouridis, Leonidas Ntziachristos. -Thessaloniki, December 2005.

55. 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 [Text] // Official Journal of the European Union 11.6.2008.

56. Evaluation of the, dispersion model CAR-FMI against data from a measurement campaign near a major road

57. Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution [Text] // Joint WHO Convention Task Force on the Health Aspects of Air Pollution European Centre for Environment and Health Bonn Office

58. National Fire Protection Association (NFPA) [Text]. - Standard Nos. 68, 69, 91, 654.

59. Pasquill, F: Atmospheric Dispersion Parameters in Gaussian Plume Modeling [Text] : Part II. Possible Requirements for Change in the Turner Workbook Values. EPA-600/4-76-030b. U.S. Environmental Protection Agency. - 1976. – 44 p.

60. Patrick Gaffney. A Comprehensive Research Plan for Developing PM_{2.5} [Electronic resource] / Patrick Gaffney // Emission Inventories. Available. - URL: <http://www.epa.gov/ttnchie1/conference/ei10/pm/gaffney.pdf>

61. Rice S.O. Mathematical analysis of random noise. / S.O. Rice. –Bell Syst. Tech. J., 24, 1945. p. 46-156.

62. The EMEP monitoring strategy 2004-2009 Background document with justification and specification of the EMEP monitoring programme 2004-2009 [Text] // Convention on Long-range Transboundary Air Pollution Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe (EMEP)

63. Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling [Text]. - D. Bruce Turner, 2000.

Результаты измерений по 8 районам г. Волгограда

Таблица 1 – Суточные максимальные концентрации взвешенных веществ по районам г. Волгограда

Номер измерений	Дата	Кировский район	Тракторозаводской район	Краснооктябрьский район	Красноармейский район	Ворошиловский район	Советский район	Центральный район	Дзержинский район
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30.03.2014	0,30	0,48	0,45	0,27	0,40	0,38	0,27	0,22
2	02.04.2014	0,34	0,29	0,41	0,35	0,44	0,64	0,33	0,34
3	05.04.2014	0,38	0,34	0,35	0,40	0,46	0,35	0,43	0,44
4	08.04.2014	0,30	0,26	0,44	0,35	0,48	0,35	0,46	0,33
5	11.04.2014	0,28	0,33	0,40	0,43	0,43	0,33	0,21	0,45
6	14.04.2014	0,41	0,43	0,39	0,37	0,43	0,51	0,45	0,23
7	17.04.2014	0,43	0,65	0,35	0,38	0,41	0,31	0,48	0,26
8	20.04.2014	0,44	0,36	0,38	0,30	0,33	0,55	0,50	0,34
9	23.04.2014	0,50	0,38	0,40	0,35	0,26	0,48	0,36	0,30
10	26.04.2014	0,42	0,30	0,33	0,39	0,34	0,37	0,41	0,47
11	29.04.2014	0,65	0,47	0,50	0,30	0,26	0,66	0,48	0,33
12	02.05.2014	0,63	0,61	0,70	0,42	0,43	0,40	0,57	0,52
13	05.05.2014	0,68	0,50	0,53	0,32	0,30	0,32	0,36	0,50
14	08.05.2014	0,59	0,46	0,40	0,29	0,30	0,45	0,54	0,43
15	11.05.2014	0,61	0,47	0,50	0,30	0,26	0,78	0,58	0,52
16	14.05.2014	0,57	0,50	0,60	0,36	0,28	0,44	0,34	0,31
17	17.05.2014	0,43	0,49	0,43	0,26	0,22	0,66	0,48	0,34
18	20.05.2014	0,55	0,53	0,60	0,36	0,31	0,57	0,33	0,47
19	23.05.2014	0,42	0,50	0,60	0,51	0,43	0,42	0,38	0,38
20	26.05.2014	0,45	0,72	0,60	0,33	0,28	0,38	0,55	0,44
21	29.05.2014	0,52	0,30	0,40	0,55	0,72	0,66	0,45	0,33
22	01.06.2014	0,61	0,46	0,76	0,46	0,64	0,56	0,44	0,27
23	04.06.2014	0,59	0,36	0,58	0,49	0,44	0,52	0,57	0,30
24	07.06.2014	0,60	0,65	0,53	0,45	0,49	0,40	0,58	0,53
25	10.06.2014	0,41	0,38	0,65	0,55	0,53	0,79	0,43	0,33
26	13.06.2014	0,38	0,53	0,58	0,49	0,72	0,53	0,65	0,37
27	16.06.2014	0,42	0,61	0,60	0,51	0,73	0,81	0,34	0,46
28	19.06.2014	0,42	0,49	0,54	0,46	0,34	0,40	0,50	0,35
29	22.06.2014	0,54	0,85	0,50	0,43	0,75	0,71	0,42	0,30

продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	25.06.2014	0,48	0,35	0,58	0,51	0,48	0,85	0,41	0,53
31	28.06.2014	0,31	0,30	0,66	0,52	0,48	0,60	0,57	0,30
32	01.07.2014	0,46	0,30	0,59	0,45	0,44	0,72	0,37	0,32
33	04.07.2014	0,53	0,46	0,72	0,56	0,67	0,44	0,62	0,48
34	07.07.2014	0,47	0,65	0,62	0,54	0,50	0,82	0,38	0,29
35	10.07.2014	0,40	0,43	0,64	0,50	0,44	0,69	0,55	0,34
36	13.07.2014	0,43	0,79	0,50	0,50	0,55	0,67	0,37	0,38
37	16.07.2014	0,46	0,60	0,43	0,62	0,47	0,86	0,43	0,44
38	19.07.2014	0,53	0,61	0,40	0,58	0,42	0,61	0,63	0,33
39	22.07.2014	0,80	0,65	0,57	0,63	0,55	0,59	0,53	0,36
40	25.07.2014	0,43	0,40	0,45	0,62	0,46	0,88	0,41	0,28
41	28.07.2014	0,35	0,80	0,46	0,50	0,50	0,73	0,59	0,55
42	31.07.2014	0,59	0,72	0,43	0,68	0,45	0,83	0,32	0,31
43	03.08.2014	0,63	0,41	0,38	0,58	0,57	0,66	0,41	0,31
44	06.08.2014	0,42	0,46	0,58	0,53	0,65	0,87	0,30	0,47
45	09.08.2014	0,47	0,39	0,51	0,70	0,84	0,52	0,43	0,24
46	12.08.2014	0,51	0,43	0,50	0,60	0,75	0,78	0,65	0,38
47	15.08.2014	0,54	0,48	0,39	0,61	0,45	0,53	0,38	0,35
48	18.08.2014	0,35	0,28	0,44	0,71	0,75	0,57	0,41	0,35
49	21.08.2014	0,44	0,63	0,49	0,60	0,43	0,61	0,59	0,52
50	24.08.2014	0,48	0,58	0,40	0,60	0,76	0,67	0,45	0,38
51	27.08.2014	0,51	0,40	0,44	0,40	0,66	0,88	0,41	0,44
52	30.08.2014	0,45	0,72	0,40	0,60	0,51	0,65	0,32	0,27
53	02.09.2014	0,42	0,25	0,56	0,48	0,51	0,78	0,59	0,57
54	05.09.2014	0,46	0,46	0,29	0,54	0,58	0,86	0,56	0,25
55	08.09.2014	0,50	0,64	0,42	0,53	0,56	0,66	0,41	0,45
56	11.09.2014	0,43	0,53	0,34	0,52	0,55	0,64	0,35	0,31
57	14.09.2014	0,68	0,70	0,46	0,52	0,55	0,60	0,56	0,34
58	17.09.2014	0,34	0,69	0,45	0,46	0,49	0,72	0,54	0,44
59	20.09.2014	0,48	0,61	0,45	0,40	0,42	0,55	0,43	0,33
60	23.09.2014	0,42	0,69	0,31	0,38	0,40	0,86	0,37	0,29
61	26.09.2014	0,46	0,47	0,29	0,36	0,38	0,77	0,43	0,38
62	29.09.2014	0,30	0,45	0,27	0,32	0,34	0,79	0,27	0,50
63	02.10.2014	0,41	0,42	0,27	0,35	0,37	0,67	0,45	0,36
64	05.10.2014	0,38	0,42	0,30	0,36	0,38	0,66	0,41	0,36
65	08.10.2014	0,25	0,46	0,31	0,33	0,35	0,47	0,39	0,27
66	11.10.2014	0,30	0,48	0,31	0,35	0,37	0,36	0,47	0,33
67	14.10.2014	0,30	0,48	0,24	0,34	0,36	0,58	0,42	0,42
68	17.10.2014	0,35	0,37	0,24	0,32	0,34	0,27	0,25	0,31
69	20.10.2014	0,31	0,34	0,22	0,30	0,32	0,33	0,44	0,24
70	23.10.2014	0,25	0,40	0,26	0,25	0,26	0,36	0,41	0,33

Таблица 2 –Суточные максимальные концентрации PM_{10} по районам г. Волгограда

Номер измерений	Дата	Кировский район	Тракторозаводской район	Краснооктябрьский район	Красноармейский район	Ворошиловский район	Советский район	Центральный район	Дзержинский район
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30.03.2014	0,28	0,24	0,23	0,17	0,20	0,19	0,17	0,19
2	02.04.2014	0,25	0,20	0,25	0,17	0,22	0,32	0,24	0,24
3	05.04.2014	0,19	0,36	0,31	0,20	0,23	0,17	0,27	0,31
4	08.04.2014	0,21	0,30	0,29	0,19	0,24	0,17	0,30	0,38
5	11.04.2014	0,29	0,31	0,32	0,22	0,28	0,17	0,17	0,33
6	14.04.2014	0,23	0,33	0,33	0,28	0,28	0,25	0,23	0,20
7	17.04.2014	0,23	0,33	0,36	0,21	0,21	0,18	0,24	0,18
8	20.04.2014	0,30	0,18	0,25	0,20	0,17	0,28	0,29	0,19
9	23.04.2014	0,25	0,25	0,24	0,19	0,16	0,24	0,18	0,21
10	26.04.2014	0,23	0,18	0,22	0,15	0,27	0,19	0,21	0,28
11	29.04.2014	0,33	0,24	0,25	0,15	0,22	0,33	0,24	0,23
12	02.05.2014	0,24	0,31	0,38	0,26	0,22	0,20	0,32	0,29
13	05.05.2014	0,21	0,25	0,27	0,16	0,15	0,16	0,18	0,35
14	08.05.2014	0,30	0,23	0,20	0,15	0,20	0,23	0,27	0,30
15	11.05.2014	0,28	0,24	0,25	0,17	0,18	0,39	0,28	0,32
16	14.05.2014	0,29	0,25	0,30	0,18	0,22	0,22	0,17	0,22
17	17.05.2014	0,22	0,25	0,22	0,16	0,18	0,33	0,19	0,24
18	20.05.2014	0,28	0,27	0,30	0,18	0,19	0,29	0,13	0,33
19	23.05.2014	0,21	0,25	0,35	0,26	0,22	0,21	0,16	0,27
20	26.05.2014	0,23	0,36	0,30	0,26	0,22	0,19	0,27	0,31
21	29.05.2014	0,26	0,15	0,22	0,15	0,36	0,22	0,23	0,23
22	01.06.2014	0,31	0,23	0,38	0,32	0,29	0,19	0,22	0,19
23	04.06.2014	0,25	0,18	0,29	0,25	0,28	0,17	0,28	0,18
24	07.06.2014	0,27	0,33	0,26	0,22	0,25	0,20	0,29	0,33
25	10.06.2014	0,21	0,19	0,32	0,28	0,26	0,25	0,22	0,23
26	13.06.2014	0,19	0,27	0,29	0,25	0,36	0,17	0,30	0,17
27	16.06.2014	0,21	0,31	0,30	0,25	0,37	0,25	0,17	0,32
28	19.06.2014	0,21	0,25	0,27	0,23	0,22	0,20	0,25	0,24
29	22.06.2014	0,27	0,39	0,25	0,21	0,38	0,36	0,21	0,21

продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	25.06.2014	0,24	0,18	0,22	0,19	0,24	0,27	0,25	0,25
31	28.06.2014	0,17	0,15	0,29	0,17	0,24	0,20	0,19	0,21
32	01.07.2014	0,23	0,15	0,19	0,16	0,22	0,29	0,18	0,18
33	04.07.2014	0,27	0,23	0,22	0,19	0,33	0,20	0,31	0,24
34	07.07.2014	0,24	0,33	0,19	0,16	0,25	0,21	0,20	0,20
35	10.07.2014	0,20	0,22	0,23	0,17	0,22	0,14	0,27	0,24
36	13.07.2014	0,20	0,36	0,17	0,16	0,28	0,15	0,15	0,27
37	16.07.2014	0,23	0,20	0,22	0,35	0,24	0,30	0,22	0,29
38	19.07.2014	0,27	0,17	0,15	0,21	0,21	0,19	0,27	0,23
39	22.07.2014	0,18	0,22	0,29	0,35	0,27	0,15	0,22	0,25
40	25.07.2014	0,22	0,20	0,22	0,35	0,30	0,28	0,12	0,20
41	28.07.2014	0,18	0,35	0,23	0,25	0,28	0,16	0,29	0,32
42	31.07.2014	0,25	0,21	0,27	0,39	0,24	0,27	0,14	0,22
43	03.08.2014	0,30	0,29	0,19	0,29	0,29	0,28	0,21	0,17
44	06.08.2014	0,21	0,22	0,29	0,24	0,33	0,44	0,15	0,20
45	09.08.2014	0,24	0,24	0,26	0,33	0,34	0,26	0,22	0,17
46	12.08.2014	0,26	0,22	0,27	0,30	0,37	0,39	0,32	0,27
47	15.08.2014	0,27	0,24	0,19	0,31	0,27	0,27	0,19	0,24
48	18.08.2014	0,18	0,18	0,22	0,28	0,37	0,29	0,21	0,24
49	21.08.2014	0,22	0,36	0,27	0,36	0,27	0,25	0,29	0,36
50	24.08.2014	0,24	0,29	0,20	0,30	0,38	0,20	0,23	0,33
51	27.08.2014	0,26	0,20	0,23	0,22	0,33	0,18	0,21	0,31
52	30.08.2014	0,23	0,36	0,20	0,30	0,25	0,17	0,16	0,19
53	02.09.2014	0,21	0,21	0,28	0,24	0,26	0,18	0,29	0,29
54	05.09.2014	0,23	0,23	0,17	0,27	0,29	0,28	0,31	0,18
55	08.09.2014	0,25	0,32	0,21	0,26	0,32	0,24	0,21	0,38
56	11.09.2014	0,22	0,27	0,17	0,26	0,30	0,41	0,18	0,21
57	14.09.2014	0,29	0,35	0,26	0,26	0,28	0,30	0,26	0,19
58	17.09.2014	0,17	0,29	0,21	0,23	0,24	0,22	0,31	0,25
59	20.09.2014	0,24	0,35	0,25	0,20	0,21	0,18	0,22	0,23
60	23.09.2014	0,21	0,24	0,15	0,22	0,20	0,25	0,17	0,20
61	26.09.2014	0,23	0,23	0,19	0,18	0,19	0,39	0,22	0,23
62	29.09.2014	0,15	0,27	0,14	0,21	0,17	0,41	0,16	0,35
63	02.10.2014	0,21	0,21	0,20	0,17	0,18	0,31	0,18	0,25
64	05.10.2014	0,19	0,23	0,15	0,18	0,19	0,33	0,15	0,25
65	08.10.2014	0,22	0,28	0,20	0,21	0,18	0,23	0,24	0,19
66	11.10.2014	0,17	0,24	0,16	0,17	0,18	0,18	0,18	0,23
67	14.10.2014	0,14	0,19	0,17	0,19	0,18	0,45	0,24	0,29
68	17.10.2014	0,18	0,31	0,25	0,16	0,17	0,17	0,13	0,22
69	20.10.2014	0,16	0,17	0,11	0,15	0,16	0,17	0,29	0,17
70	23.10.2014	0,15	0,20	0,13	0,12	0,13	0,18	0,20	0,23

Характеристики случайных величин

Таблица 1 – Характеристики случайных величин концентраций взвешенных частиц по трем районам

№	Дата	Кировск.	Тракторозав.	Красноок.	Ср.знач.	Дисперсия	С.К.О.
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	30.03.2014	0,68	0,48	0,45	0,5367	0,0104	0,1021
2.	02.04.2014	0,43	0,29	0,58	0,4333	0,0140	0,1184
3.	05.04.2014	0,38	0,72	0,61	0,5700	0,0201	0,1417
4.	08.04.2014	0,30	0,60	0,64	0,5133	0,0230	0,1517
5.	11.04.2014	0,63	0,61	0,72	0,6533	0,0023	0,0478
6.	14.04.2014	0,30	0,65	0,75	0,5667	0,0372	0,1929
7.	17.04.2014	0,34	0,65	0,71	0,5667	0,0263	0,1621
8.	20.04.2014	0,80	0,36	0,50	0,5533	0,0337	0,1835
9.	23.04.2014	0,50	0,38	0,41	0,4300	0,0026	0,0510
10.	26.04.2014	0,42	0,30	0,35	0,3567	0,0024	0,0492
11.	29.04.2014	0,65	0,47	0,50	0,5400	0,0062	0,0787
12.	02.05.2014	0,44	0,61	0,76	0,6033	0,0171	0,1307
13.	05.05.2014	0,41	0,50	0,53	0,4800	0,0026	0,0510
14.	08.05.2014	0,59	0,46	0,40	0,4833	0,0063	0,0793
15.	11.05.2014	0,61	0,47	0,50	0,5267	0,0036	0,0602
16.	14.05.2014	0,57	0,50	0,60	0,5567	0,0018	0,0419
17.	17.05.2014	0,43	0,49	0,43	0,4500	0,0008	0,0283
18.	20.05.2014	0,55	0,53	0,60	0,5600	0,0009	0,0294
19.	23.05.2014	0,42	0,50	0,60	0,5067	0,0054	0,0736
20.	26.05.2014	0,45	0,72	0,60	0,5900	0,0122	0,1105
21.	29.05.2014	0,52	0,30	0,35	0,3900	0,0089	0,0942
22.	01.06.2014	0,61	0,46	0,76	0,6100	0,0150	0,1225
23.	04.06.2014	0,59	0,36	0,58	0,5100	0,0113	0,1061
24.	07.06.2014	0,60	0,65	0,53	0,5933	0,0024	0,0492
25.	10.06.2014	0,41	0,38	0,65	0,4800	0,0146	0,1208
26.	13.06.2014	0,38	0,53	0,58	0,4967	0,0072	0,0850
27.	16.06.2014	0,42	0,61	0,60	0,5433	0,0076	0,0873
28.	19.06.2014	0,42	0,49	0,54	0,4833	0,0024	0,0492
29.	22.06.2014	0,54	0,85	0,50	0,6300	0,0245	0,1564
30.	25.06.2014	0,48	0,35	0,44	0,4233	0,0030	0,0544
31.	28.06.2014	0,31	0,30	0,40	0,3367	0,0020	0,0450
32.	01.07.2014	0,46	0,30	0,39	0,3833	0,0043	0,0655
33.	04.07.2014	0,53	0,46	0,35	0,4467	0,0055	0,0741
34.	07.07.2014	0,47	0,65	0,38	0,5000	0,0126	0,1122
35.	10.07.2014	0,40	0,43	0,40	0,4100	0,0002	0,0141

продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
36.	13.07.2014	0,25	0,79	0,33	0,4567	0,0566	0,2380
37.	16.07.2014	0,46	0,26	0,36	0,3600	0,0067	0,0816
38.	19.07.2014	0,53	0,33	0,24	0,3667	0,0147	0,1212
39.	22.07.2014	0,28	0,43	0,57	0,4267	0,0140	0,1184
40.	25.07.2014	0,43	0,40	0,45	0,4267	0,0004	0,0205
41.	28.07.2014	0,35	0,80	0,46	0,5367	0,0367	0,1915
42.	31.07.2014	0,59	0,41	0,43	0,4767	0,0065	0,0806
43.	03.08.2014	0,63	0,46	0,38	0,4900	0,0109	0,1042
44.	06.08.2014	0,42	0,34	0,58	0,4467	0,0100	0,0998
45.	09.08.2014	0,47	0,39	0,51	0,4567	0,0025	0,0499
46.	12.08.2014	0,51	0,43	0,50	0,4800	0,0013	0,0356
47.	15.08.2014	0,54	0,48	0,39	0,4700	0,0038	0,0616
48.	18.08.2014	0,35	0,28	0,44	0,3567	0,0043	0,0655
49.	21.08.2014	0,44	0,63	0,49	0,5200	0,0065	0,0804
50.	24.08.2014	0,48	0,58	0,40	0,4867	0,0054	0,0736
51.	27.08.2014	0,51	0,40	0,44	0,4500	0,0021	0,0455
52.	30.08.2014	0,45	0,72	0,40	0,5233	0,0198	0,1406
53.	02.09.2014	0,42	0,25	0,56	0,4100	0,0161	0,1268
54.	05.09.2014	0,46	0,46	0,29	0,4033	0,0064	0,0801
55.	08.09.2014	0,50	0,64	0,42	0,5200	0,0083	0,0909
56.	11.09.2014	0,43	0,53	0,34	0,4333	0,0060	0,0776
57.	14.09.2014	0,68	0,70	0,46	0,6133	0,0118	0,1087
58.	17.09.2014	0,34	0,69	0,45	0,4933	0,0214	0,1461
59.	20.09.2014	0,48	0,69	0,45	0,5400	0,0114	0,1068
60.	23.09.2014	0,42	0,47	0,31	0,4000	0,0045	0,0668
61.	26.09.2014	0,46	0,45	0,29	0,4000	0,0061	0,0779
62.	29.09.2014	0,30	0,42	0,27	0,3300	0,0042	0,0648
63.	02.10.2014	0,41	0,42	0,27	0,3667	0,0047	0,0685
64.	05.10.2014	0,38	0,46	0,30	0,3800	0,0043	0,0653
65.	08.10.2014	0,43	0,48	0,31	0,4067	0,0051	0,0713
66.	11.10.2014	0,30	0,48	0,31	0,3633	0,0068	0,0826
67.	14.10.2014	0,25	0,37	0,24	0,2867	0,0035	0,0591
68.	17.10.2014	0,35	0,61	0,40	0,4533	0,0127	0,1126
69.	20.10.2014	0,31	0,34	0,22	0,2900	0,0026	0,0510
70.	23.10.2014	0,30	0,40	0,26	0,3200	0,0035	0,0589

Таблица 2 – Характеристики случайных величин концентраций PM_{10} по трем районам

№	Дата	Кировск.	Тракторозав.	Красноок.	Ср.знач.	Дисперсия	С.К.О.
1.	30.03.2014	0,28	0,24	0,23	0,2467	0,0004	0,0209
2.	02.04.2014	0,25	0,20	0,25	0,2357	0,0006	0,0245
3.	05.04.2014	0,19	0,36	0,31	0,2850	0,0050	0,0708
4.	08.04.2014	0,21	0,30	0,29	0,2650	0,0016	0,0394
5.	11.04.2014	0,29	0,31	0,32	0,3030	0,0001	0,0115
6.	14.04.2014	0,23	0,33	0,33	0,2933	0,0021	0,0462
7.	17.04.2014	0,23	0,33	0,36	0,3017	0,0031	0,0556
8.	20.04.2014	0,30	0,18	0,25	0,2443	0,0025	0,0504
9.	23.04.2014	0,25	0,25	0,24	0,2440	0,0000	0,0065
10.	26.04.2014	0,23	0,18	0,22	0,2067	0,0004	0,0212
11.	29.04.2014	0,33	0,24	0,25	0,2700	0,0015	0,0394
12.	02.05.2014	0,24	0,31	0,38	0,3080	0,0033	0,0576
13.	05.05.2014	0,21	0,25	0,27	0,2400	0,0007	0,0255
14.	08.05.2014	0,30	0,23	0,20	0,2417	0,0016	0,0397
15.	11.05.2014	0,28	0,24	0,25	0,2537	0,0003	0,0169
16.	14.05.2014	0,29	0,25	0,30	0,2783	0,0004	0,0209
17.	17.05.2014	0,22	0,25	0,22	0,2250	0,0002	0,0141
18.	20.05.2014	0,28	0,27	0,30	0,2800	0,0002	0,0147
19.	23.05.2014	0,21	0,25	0,35	0,2687	0,0033	0,0571
20.	26.05.2014	0,23	0,36	0,30	0,2950	0,0031	0,0552
21.	29.05.2014	0,26	0,15	0,22	0,2087	0,0020	0,0452
22.	01.06.2014	0,31	0,23	0,38	0,3050	0,0037	0,0612
23.	04.06.2014	0,25	0,18	0,29	0,2407	0,0021	0,0456
24.	07.06.2014	0,27	0,33	0,26	0,2857	0,0008	0,0279
25.	10.06.2014	0,21	0,19	0,32	0,2397	0,0036	0,0599
26.	13.06.2014	0,19	0,27	0,29	0,2479	0,0018	0,0421
27.	16.06.2014	0,21	0,31	0,30	0,2709	0,0019	0,0431
28.	19.06.2014	0,21	0,25	0,27	0,2418	0,0006	0,0248
29.	22.06.2014	0,27	0,39	0,25	0,3029	0,0036	0,0600
30.	25.06.2014	0,24	0,18	0,22	0,2112	0,0007	0,0270
31.	28.06.2014	0,17	0,15	0,29	0,2033	0,0036	0,0599
32.	01.07.2014	0,23	0,15	0,19	0,1913	0,0011	0,0327
33.	04.07.2014	0,27	0,23	0,22	0,2370	0,0004	0,0206
34.	07.07.2014	0,24	0,33	0,19	0,2504	0,0031	0,0557
35.	10.07.2014	0,20	0,22	0,23	0,2143	0,0001	0,0114
36.	13.07.2014	0,20	0,36	0,17	0,2411	0,0067	0,0820
37.	16.07.2014	0,23	0,20	0,22	0,2177	0,0001	0,0122

продолжение таблицы 2

38.	19.07.2014	0,27	0,17	0,15	0,1930	0,0028	0,0528
39.	22.07.2014	0,18	0,22	0,29	0,2250	0,0021	0,0455
40.	25.07.2014	0,22	0,20	0,22	0,2128	0,0001	0,0096
41.	28.07.2014	0,18	0,35	0,23	0,2513	0,0054	0,0737
42.	31.07.2014	0,25	0,21	0,27	0,2393	0,0006	0,0255
43.	03.08.2014	0,30	0,29	0,19	0,2580	0,0023	0,0481
44.	06.08.2014	0,21	0,22	0,29	0,2406	0,0012	0,0351
45.	09.08.2014	0,24	0,24	0,26	0,2438	0,0001	0,0092
46.	12.08.2014	0,26	0,22	0,27	0,2473	0,0006	0,0239
47.	15.08.2014	0,27	0,24	0,19	0,2349	0,0010	0,0309
48.	18.08.2014	0,18	0,18	0,22	0,1920	0,0004	0,0189
49.	21.08.2014	0,22	0,36	0,27	0,2827	0,0030	0,0552
50.	24.08.2014	0,24	0,29	0,20	0,2432	0,0014	0,0370
51.	27.08.2014	0,26	0,20	0,23	0,2277	0,0005	0,0225
52.	30.08.2014	0,23	0,36	0,20	0,2615	0,0050	0,0704
53.	02.09.2014	0,21	0,21	0,28	0,2318	0,0012	0,0344
54.	05.09.2014	0,23	0,23	0,17	0,2100	0,0008	0,0283
55.	08.09.2014	0,25	0,32	0,21	0,2593	0,0021	0,0462
56.	11.09.2014	0,22	0,27	0,17	0,2174	0,0014	0,0379
57.	14.09.2014	0,29	0,35	0,26	0,3013	0,0013	0,0360
58.	17.09.2014	0,17	0,29	0,21	0,2237	0,0027	0,0520
59.	20.09.2014	0,24	0,35	0,25	0,2780	0,0023	0,0475
60.	23.09.2014	0,21	0,24	0,15	0,1993	0,0012	0,0344
61.	26.09.2014	0,23	0,23	0,19	0,2137	0,0004	0,0197
62.	29.09.2014	0,15	0,27	0,14	0,1855	0,0036	0,0600
63.	02.10.2014	0,21	0,21	0,20	0,2033	0,0000	0,0062
64.	05.10.2014	0,19	0,23	0,15	0,1898	0,0011	0,0329
65.	08.10.2014	0,22	0,28	0,20	0,2330	0,0012	0,0343
66.	11.10.2014	0,17	0,24	0,16	0,1883	0,0014	0,0369
67.	14.10.2014	0,14	0,19	0,17	0,1643	0,0004	0,0196
68.	17.10.2014	0,18	0,31	0,25	0,2445	0,0028	0,0532
69.	20.10.2014	0,16	0,17	0,11	0,1452	0,0006	0,0253
70.	23.10.2014	0,15	0,20	0,13	0,1600	0,0009	0,0294

Сопроводительная документация

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ
НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ
№ 135806

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО
СОСТАВА ПЫЛИ**

Патентообладатель(ли): **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет" (ВолГАСУ) (RU)**

Автор(ы): **с.м. на обороте**

Заявка № **2013121082**
Приоритет полезной модели **07 мая 2013 г.**
Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **20 декабря 2013 г.**
Срок действия патента истекает **07 мая 2023 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов





НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ

e-mail: rosstroyproekt@mail.ru

Общество с Ограниченной Ответственностью «Научно – исследовательский и проектный институт «Росстройпроект»
400001, г. Волгоград ул. Канунникова, 15, этаж 6.
р/с 40702810111000004750 в Волгоградском отделении № 8621 ОАО «Сбербанк России»
ИНН 3444140598 КПП 346001001, ОГРН 1063444065508
тел.(8442) 99-53-91

Исх.№ 26/ 16 от «26» февраля 2016г.

Барикаевой Нелли Сергеевне

СПРАВКА

Дана Барикаевой Нелли Сергеевне в том, что результаты исследования запыленности воздуха городской среды были использованы при разработке концепции оптимизации транспортной инфраструктуры Волгограда (Краснооктябрьского района).

Главный архитектор
«НИиПИ «Росстройпроект»,
член-корреспондент РААСН,
кандидат архитектуры, профессор,
засл. арх. РФ

А.В. Антюфеев

Директор
«НИиПИ «Росстройпроект»

Н.В. Прусакова





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

В диссертационный совет
 Д 212.026.01 при ФГБОУ ВПО
 Волгоградский государственный
 архитектурно-строительный
 университет

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Результатов диссертационной работы
на соискание ученой степени кандидата технических наук
Барикаевой Нелли Сергеевны

Место

внедрения: ООО «Ассоциация Экотехмониторинг» г. Волгограда

Предмет

внедрения: Способ обработки экспериментальных данных для прогнозирования превышения концентрации пыли (общей, PM_{10} , $PM_{2,5}$) вблизи производственных предприятий

Результат

внедрения: Методика использована при производственном контроле и разработке проектов ПДВ и ОВОС.

Генеральный директор



А.С. Лукьянсков



ООО «ПТБ Волгоградгражданстрой»

Юридический адрес: 400 087, г. Волгоград, ул. Новороссийская, 10 тел./факс: (8442) 26-57-01
 Почтовый адрес: 400 074, г. Волгоград, ул. Баррикадная, 1 26-57-08
 р/с 40702810311000000897 Волгоградское ОСБ №8621 г.Волгоград
 БИК 041806647 Email: ptb2006@mail.ru
 к/с 30101810100000000647
 ОГРН 1063444056356
 ИНН 3444135069/ КПП 344401001

В диссертационный совет
 Д 212.026.01 при ФГБОУ ВПО
 Волгоградский государственный
 архитектурно-строительный
 университет

СПРАВКА

Дана Барикаевой Нелли Сергеевне о том, что ООО «ПТБ Волгоградгражданстрой» при разработке проекта «Оценка воздействия на окружающую среду производства промышленных упаковок для ООО «Волгопромтранс» была внедрена методика расчета вероятности превышения концентрации мелкодисперсной пыли (PM10 и PM2,5) в воздухе городской среды гигиенических нормативов.

Начальник отдела,
 к.т.н.

 Баев А.В.

Подпись Баева Алексея Валерьевича заверяю:
 Заместитель директора
 ООО «ПТБ Волгоградгражданстрой»



 Бекетова Н.Г.