

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»



На правах рукописи

АХМЕДОВ АСВАР МИКДАДОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ
ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ПРИ ПРОКЛАДКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ**

2.10.2 Экологическая безопасность

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор В.Н. Азаров

Волгоград – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	13
1.1 Воздействие на окружающую среду и организм человека при работе землеройной техники.	13
1.2 Анализ известных технических решений и способов снижения поступлений пыли в атмосферный воздух при подземной прокладке трубопроводов инженерных сетей.	21
1.3 Обоснование и выбор направления исследований.	27
1.4 Выводы по главе 1.	30
ГЛАВА 2 ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПЫЛИ, ПОСТУПАЮЩЕЙ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПРИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТАХ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ И РЕМОНТА ГОРОДСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ.	31
2.1 Исследование дисперсного состава пыли грунта при земляных работах.	31
2.1.1 Интегральная функция прохода и диапазоны ее изменения на примере песка, глины и суглинка. . .	31
2.1.2 Построение непрерывно дифференцируемой функции распределения дисперсного состава.	35
2.2 Исследование дисперсного состава пыли при различной влажности грунта.	48
2.3 Исследование химического состава и формы частиц пыли песка и глины.	53
2.4 Исследования для оценки аэродинамических характеристик пыли.	55

2.5 Выводы по главе 2.	59
ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ В ГОРОДСКОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ПРИ РАБОТЕ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА.	61
3.1 Результаты натурных исследований по оценке запыленности воздушной среды при работе одноковшового экскаватора.	61
3.2 Обоснование и определение конфигурации поверхности виртуального источника при работе одноковшового экскаватора.	68
3.3 Исследование параметров процесса пылевыведения через поверхность виртуального источника.	72
3.4 Результаты расчета рассеивания выбросов пыли при земляных работах.	80
3.5 Выводы по главе 3.	88
ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПЫЛИ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПРИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТАХ..	89
4.1 Способы укрытия земляного отвала и обратной засыпки траншей с использованием биоразлагаемого материала.	89
4.2 Разработка технических решений по использованию аспирационных установок для снижения выбросов пыли в атмосферный воздух при земляных работах.	90
4.3 Разработка технических решений по использованию распылительных систем при работе землеройной техники.	94
4.4 Разработка технологических решений для снижения	

выбросов пыли в атмосферный воздух при земляных и монтажных работах.	96
4.5 Экономическая оценка экологической эффективности разработанных решений.	101
4.6 Выводы по главе 4.	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	103
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.	105
ПРИЛОЖЕНИЯ.	120
Приложение А Документация по измерениям.	121
Приложение Б Патентная документация.	133
Приложение В Свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.	150
Приложение Г Результаты исследований дисперсного состава пыли.	153
Приложение Д Документация о практическом использовании результатов исследований.	156

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность выбранной темы. Ежегодно для обеспечения жителей населенных пунктов нашей страны осуществляется строительство, капитальный ремонт и реконструкция трубопроводов газо-, водо- и теплоснабжения. Причем «львиная» доля инженерных сетей проложена в подземном исполнении. Поэтому невозможно обойтись без проведения земляных работ, которые сопровождаются пылением. Исследования запыленности воздуха, например, в зоне работы одноковшового экскаватора показали, что концентрация пыли вблизи места работы машин превышает нормативные значения ПДК в несколько раз, что приводит к загрязнению окружающей среды не только в месте проведения строительных или ремонтных работ, но и в зонах проживания населения. Для рабочих, находящихся в зоне распространения мелкодисперсной пыли при выполнении земляных работ, существует высокий риск возникновения профессиональных заболеваний дыхательной системы. Мелкодисперсные частицы пыли, попадая в органы дыхания человека, могут вызвать различные пульмонологические заболевания. Кроме этого, в настоящее время при осуществлении земляных работ характер движения частиц мелкой фракции менее 2,5 мкм (PM 2,5) и менее 10 мкм (PM 10) в условиях города являются недостаточно изученными.

При проведении расчетов по методике МРР-2017 в программе УПРЗА «Эколог» источник загрязнения работающего одноковшового экскаватора задается как точечный неорганизованный. Однако следует отметить, что рабочий орган одноковшового экскаватора циклически перемещается во времени и с изменяющимися координатами в пространстве, т. е. образуется сложный виртуальный источник загрязнения. Исследований, посвященных заданию виртуальных поверхностей, проведено недостаточно. Поэтому актуальным вопросом, особенно в условиях значительного увеличения ежегодных объемов земляных работ, является разработка экологически безопасных технических и технологических решений для снижения пылевого загрязнения близлежащей

к месту проведения работ территории с учетом расположения поверхностей виртуальных источников.

Диссертация выполнена на основе тематического плана научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО «Волгоградского государственного технического университета».

Степень разработанности темы. Исследованиями распространения мелкодисперсных частиц в атмосфере городов занимались следующие отечественные ученые: Азаров В.Н., Бакаева Н.Д., Беспалов В. И., Богуславский Е.И., Боровков Д.П., Ветрова О.А., Гаспарьян Н.А., Головина Е.И., Гурова О.С., Данелянц Д.С., Желтобрюхов В.Ф., Калюжина Е.А., Ковшов С.В., Кузьмичев А.А., Ложкина О.В., Лопатина Т.Н., Лупиногин В.В., Магомадов И.З., Май И.В., Манжилевская С.Е., Мензелинцева Н.В., Новиков В.С., Панков А.А., Савина А.М., Сергина Н.М., Сысоева Е.В., Тertiшников И.В., Трохимчук К.А., Тунакова Ю.А., Уляшева Е.Т., Фукс Н.А., Шагидуллин А.Р. и др. авторы. Исследованиями загрязнения воздушной среды при выполнении земляных работ занимались и иностранные ученые: M. Ishizuka, M. Mikami, J. Leys, Dale A. Gillette, Weinan Chen, L.I. Xiaolan, Zhang Hongsheng, Nitzan Swet, Tov Elperin, Jasper F. Kok, Raleigh L. Martin, Nicholas P. Webb, Sandra L.LeGrand, Brad F. Cooper, Erich M. Courtright, Brandon L. Edwards, Rende Wang, Qing Li, Na Zhou, Chunping Chang, Yaping Shao, Saeed Abolhasani, H. Christopher Frey, Kangwook Kim, William Rasdorf, Shih-HaoPang.

Однако характер пылевыведений и распространения мелкодисперсных частиц, дисперсный и химический состав пыли при прокладке и ремонте инженерных сетей являются недостаточно изученными.

Цель работы – снижение пылевого загрязнения воздушной среды при земляных работах по прокладке инженерных сетей за счет разработки защитных технических решений, а также совершенствования прогноза величины выбросов взвешенных частиц в атмосферный воздух на основе определения аэродинамических характеристик пыли и построения поверхностей виртуальных источников загрязнения.

Поставленная цель предопределила постановку следующих **задач исследования**:

- анализ опыта исследований особенностей пылевывделений при работе землеройной техники, а также известных технических решений и методов борьбы с распространением пыли при прокладке инженерных сетей;
- исследования с учетом влажности дисперсного состав пыли песка и глины, содержащейся в выбросах в атмосферный воздух при земляных работах;
- разработка методики построения непрерывно дифференцируемой интегральной функции распределения объемов частиц по эквивалентным диаметрам в виде пятизвенного сплайна и необходимые программы для ЭВМ;
- исследования аэродинамических характеристик частиц пыли, поступающей в атмосферный воздух при прокладке траншей и отсыпке отвалов, требуемых для расчета максимальных разовых и валовых выбросов, выявления закономерностей рассеивания и решения других задач экологической безопасности;
- обоснование выбора геометрической конфигурации виртуальных неорганизованных источников пылевывделения (разработка траншеи, отвал грунта при его хранении) на примере прокладки инженерных сетей и разработка методики их построения;
- экспериментальное определение параметров пылевывделения при прокладке инженерных сетей как основы для оценки валового и максимального разового значений выбросов от виртуальных источников;
- разработка и апробация технических решения для снижения загрязнения атмосферного воздуха при прокладке инженерных сетей подземного исполнения в городских и трассовых условиях, а также по результатам проведенных исследований разработка рекомендаций по организации строительного производства для снижения пылевого загрязнения окружающей среды при осуществлении земляных работ.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- на основании результатов натурных и лабораторных исследований доказано, что закон распределения частиц аэрозоля в месте работы экскаватора – усеченный логарифмически–нормальный, где для частиц с эквивалентным диаметром в диапазоне от 2,5 до 8 мкм, выполняется закон Колмогорова;

- впервые показано, что непрерывно дифференцируемую интегральную функцию распределения частиц земляной пыли в вероятностно-логарифмической сетке можно аппроксимировать пятизвенным сплайном, состоящим из гиперболы, параболы, прямой, параболы и гиперболы, и разработан алгоритм расчета, что позволило уточнить методику определения начальных условий при расчете рассеивания и аэродинамических характеристик взвешенных частиц, образующихся при выполнении земляных работ;

- установлены экспериментальные коэффициенты связи, позволяющие при изменении влажности грунта в пределах от 0,2 до 2,5 % корректировать интегральную функцию распределения дисперсного состава пыли и расчет ее максимального разового выброса в атмосферный воздух при земляных работах;

- впервые на основании экспериментально уточненных аэродинамических характеристик пыли и результатов натурных исследований получены исходные данные, позволяющие определить граничные и начальные условия для решения уравнений движения частиц аэрозоля, выделяющегося при земляных работах;

- впервые предложена методика построения поверхностей виртуальных источников выбросов взвешенных частиц в атмосферный воздух на примере циклической работы одноковшового экскаватора, что позволило рассчитать загрязнение воздушной среды на расстоянии от объекта.

Теоретическая и практическая значимость работы:

- уточнена методика расчета валовых выбросов взвешенных частиц при работе одноковшового экскаватора в зависимости от времени года;

- разработан алгоритм и программа расчета интегральной функции распределения дисперсного состава пыли песчаных и глинистых грунтов при земляных работах (Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2025662914);

- исследован дисперсный и химический состав пыли микроскопическим методом с помощью современного высокоточного оборудования с использованием программ SPOTEXPLORER 2018, DustMatrix, DustMatrix2.0;

- доказано, что интегральные функции распределения объемов частиц по эквивалентным диаметрам для пыли карьерного и речного песка различны (например: среднее значение медианного диаметра пыли карьерного песка составляет 30 мкм, речного – 80 мкм; доля частиц PM10 для карьерного песка находится в диапазоне от 0,8 до 5 %, для речного - от 0,01 до 0,02 %);

- предложены новые экологически безопасные технические решения, позволяющие снизить количество вредных веществ, выделяемых в атмосферный воздух при прокладке сетей, которые внедрены на предприятиях г. Волгограда: аспирационные пылеулавливающие установки; устройство для пылеподавления, смонтированное на отвале бульдозера; специальное комбинированное укрытие; система для пылеподавления на базе одноковшового экскаватора. Новизна предложенных разработок подтверждена патентами РФ;

- предлагаемые организационно-технологические решения по снижению выбросов в атмосферный воздух использованы при проектировании разделов производства работ (ППР), проектов организации строительства (ПОС), оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), перечня мероприятий по охране окружающей среды (ПМООС) с целью снижения вредного воздействия на здоровье работников на строительных площадках;

- материалы диссертационной работы использованы кафедрами «Безопасность жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве», «Технологии строительного производства» Волгоградского государственного технического университета при ведении учебного процесса у студентов, обучающихся по направлениям 20.03.01 «Техносферная безопасность», 20.04.01

«Техносферная безопасность», 08.03.01 «Строительство», 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Методология и методы диссертационного исследования: анализ и обобщение известных научно-технических результатов; проведение экспериментальных исследований в лабораторных и натурных условиях с применением методик, утвержденных межгосударственными стандартами и национальными стандартами РФ, с использованием современного поверенного оборудования; обработка экспериментальных данных с применением компьютерных программ, зарегистрированных в установленном порядке; сопоставление полученных результатов с данными других авторов.

Положения, выносимые на защиту:

- положение о том, что результаты проведенных автором экспериментальных исследований закономерностей распределения концентрации аэрозоля в зоне взмета пыли при работе экскаватора обеспечивают возможность построения поверхностей виртуальных источников, задания на них начальных условий уравнений движения с последующим использованием программных средств по действующим методикам расчетов рассеивания;

- положение о том, что при землеройных работах закон распределения частиц по дисперсному составу для пыли с размерами менее 10 мкм – логарифмически–нормальный (Колмогорова А.Н.), для пыли в месте расположения экскаватора – усеченный логарифмически–нормальный;

- положение о том, что предложенная автором методика построения поверхности виртуальных источников при работе одноковшового экскаватора и определения начальных условий, обеспечивает необходимую точность 25 % при расчете рассеивания взвешенных частиц в атмосферном воздухе по действующим нормативным документам;

- положение о том, что при изменении влажности грунта в пределах от 0,2 до 2,5 % следует корректировать интегральные функции распределения для частиц пыли на источнике пылевыведения, и, следовательно, корректировать расчеты валового выброса при земляных работах;

- положение о том, что разработанные с целью снижения загрязнения воздушной среды технологические и технические решения позволяют снизить запыленность воздуха в зонах жилой застройки при ведении земляных работ для прокладки (ремонта) инженерных сетей.

Степень достоверности обоснована использованием теоретического анализа, методов математической статистики, сравнением результатов экспериментальных исследований, как в лабораторных, так и натурных условиях, полученных с использованием современного высокоточного оборудования с результатами теоретических обобщений и с полученными ранее данными других исследователей.

Апробация работы. Основные материалы диссертации докладывались и получили одобрение на 15 международных, 3 Всероссийских и 4 региональных конференциях. Наиболее значимые из них: III научно-техническая конференция молодых исследователей «Современные вопросы безопасности» (Волгоград, 2025); II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023) (Узбекистан, Карши, 2023); XXIII, XXV, XXVI, XXVII Региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области (Волгоград, 2018, 2020, 2021, 2022); International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2018 (ICMTMTE 2017, 2018) (Севастополь, 2017, 2018); International science and technology conference «Earth Science» (FarIstCon) (Владивосток, 2018, 2019); «International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety» (ICCATS-2018, ICCATS-2019) (Челябинск, 2018, 2019); научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса» (Волгоград, 2020).

Публикации. По материалам диссертации соискателем опубликованы 48 печатных работы, из них: 12 статей в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК России (в том числе: 2 статьи в изданиях RSCI, 3 – в изданиях по научной специальности 2.10.2 Экологическая безопасность, 9 – в изданиях по научной специальности 2.1.10 (05.23.19) Экологическая

безопасность строительства и городского хозяйства). В наукометрических базах Scopus и Web of Science зарегистрированы 7 публикаций, получены 9 патентов РФ и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация включает введение, четыре главы, общие выводы, список литературы и приложения. Общий объем диссертационной работы 164 страницы, включая список литературы из 116 наименований, 5 приложений.

ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Воздействие на окружающую среду и организм человека при работе землеройной техники

Тепло-, водо- и газоснабжение зданий обеспечивается инженерными сетями. В городах последние проложены и прокладываются в основном под землей, поэтому ремонт, реконструкция, монтаж при новом строительстве начинаются с земляных работ. В России в капитальном ремонте нуждаются 44 % водопроводных сетей [1]. Количество трубопроводов, нуждающихся в ремонте, практически не изменяется. В условиях городской застройки для проведения земляных работ используется различная землеройная техника, в том числе одноковшовые экскаваторы, как на гусеничном, так и на пневмоколесном ходу [2] - [5].

Работа одноковшового экскаватора складывается из последовательно совершаемых циклов. Причем каждый цикл одноковшового экскаватора состоит из шести технологических операций [2] - [5], последовательность которых показана на рисунке 1.1



Рисунок 1.1 - Цикл действия одноковшового экскаватора
при разработке грунта

При осуществлении земляных работ разработанный грунт укладывают в отвал вдоль траншеи или с целью обеспечения доступа машин и людей к траншее с двух боковых сторон загружается в автосамосвалы с дальнейшей транспортировкой в специально отведенное для этого место. Перемещение грунта в другое место может осуществляться в условиях стесненности или в случае, когда грунт негде складировать, как показано на рисунке 1.2. В некоторых случаях это обусловлено градостроительной планировкой населенных пунктов.



а



б

Рисунок 1.2 – Хранение грунта (ремонт трубопровода,
ул. им. Землячки, г. Волгоград):

а – расстояние от траншеи до отвала грунта 25 м;

б – доступ к траншее обеспечен с двух сторон

На рисунке 1.3, 1.4 представлены фотографии, запечатлевшие последовательность операций при погрузке грунта в автосамосвалы одноковшовым экскаватором.

Разработка грунта одноковшовым экскаватором сопровождается набором факторов, негативное влияние которых на состояние окружающей среды отражено на рисунке 1.5 [6] - [15].

При земляных работах каждый технологический процесс – источник выделения пыли [10]. На рисунке 1.3, 1.4, 1.6 хорошо видно образование пылевого облака из земляной пыли на каждом этапе.



а



б

Рисунок 1.3 – Образование облака пыли при:

а – резании грунта и заполнении ковша; б – подъеме заполненного ковша

Масс пыли при земляных работах может быть весьма различна, и определяется видом выполняемых работ. Рисунок 1.7 демонстрирует перечень технологических процессов, проведению которых сопутствует выделение пыли. Третья часть [17] от общего числа выбросов загрязняющих веществ приходится на выполнение земляных работ (рисунок 1.8).

При ремонтных работах немаловажно, что существующие инженерные сети проложены на расстоянии 10 – 15 м от фасадов жилых и административных зданий и подведены к ним (рисунок 1.7, 1.10).

На процесс рассеивания пылевого аэрозоля в атмосфере городской среды при земляных работах влияет множество факторов - особенности рельефа места проведения работ, расположение городской застройки относительно траектории вскрываемой траншеи и отвала, наличие зеленых насаждений, а также влажность грунта, температура, скорость ветра и его направление [19] - [27].

Следует отметить, что при осуществлении работ по прокладке новых и ремонту существующих инженерных сетей площадка по периметру не ограждается забором и другими преградами, что позволяет пыли распространяться



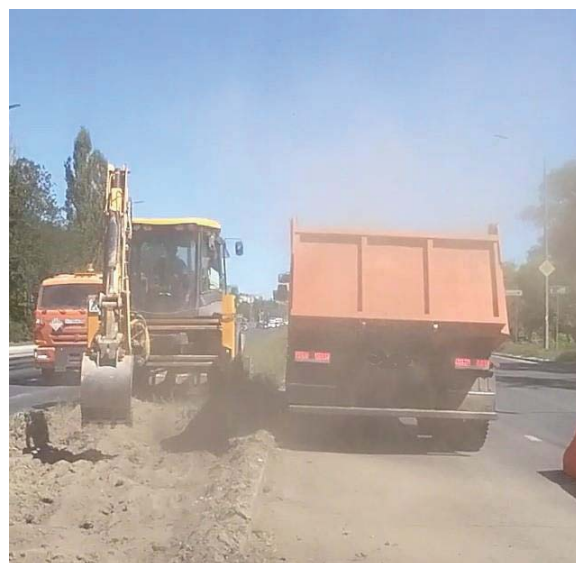
а



б



в



г

Рисунок 1.4 - Технологические операции при работе экскаватора:

а - поворот к месту выгрузки; б - выгрузка грунта;

в - обратный поворот; г - опускание ковша

в воздухе под действием ветра в любую сторону. Так, в работе [19] авторы приводят данные о том, что при прокладке участка газопровода на сели-тебной территории города от работы строительного потока выделяется 21 загрязняющее вещество, среди которых суммарный выброс неорганической пыли в воздух составляет более 0,085 г/с и валовые выбросы достигают 0,2 т/год на участке в 1 км.



Рисунок 1.5 - Факторы, негативно воздействующие на окружающую среду и людей при вскрытии траншеи



Рисунок 1.6 – Вскрытие аварийного участка трубопровода теплосети на улице им. 51-ой Гвардейской Дивизии в г. Волгограде

Опасность выбросов вредных веществ от землеройной техники для здоровья населения во многом определяется тем, что загрязняющие вещества находятся и выбрасываются в приземном слое атмосферы не только в непосредственной близости, к фасадам зданий, но и внутри селитебных зон и дворовых территорий микрорайонов [28], а также через окна и двери попадают в жилые пространства, места работы и времяпрепровождения людей.

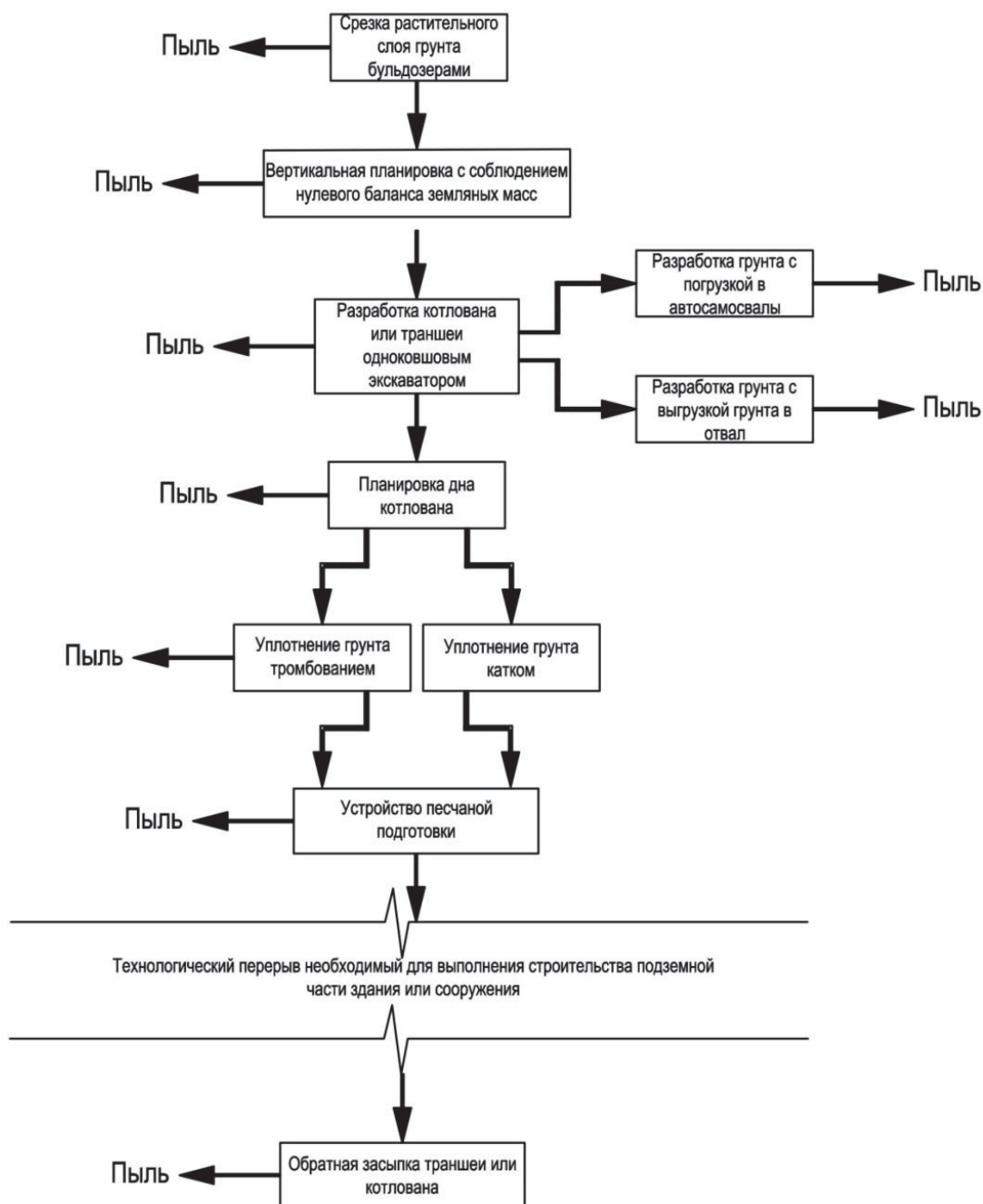


Рисунок 1.7 - Технологическая схема с обозначением технологических процессов, при проведении которых выделяется пыль

Также немаловажно, что повышение концентрации твёрдых взвешенных частиц (ТВЧ) при земляных работах пагубно влияет и на взрослых, и на детей. Установлено, что повышенное содержание пыли в атмосферном воздухе дворовых территорий обуславливает возрастание риска заболеваемости детей на 4,2 % [14].



Рисунок 1.8 - Диаграмма распределения выбросов взвешенных веществ [18]

По некоторым оценкам земляная и уличная пыль содержат частицы грубых фракций [29]. Однако результаты натурных исследований, проведенных, например, авторами [9], показали, что при земляных и отделочных работах от 40 до 90 % пылевых частиц имеют размеры 2,5 мкм и менее (PM_{2,5}).

В [30], [31] показано, что из-за медленного оседания мелкие частицы могут находиться в атмосферном воздухе во взвешенном состоянии продолжительное время, и переноситься на большие расстояния (от 10 м до 10 км и более) в зависимости от рельефа местности, существующей застройки и ситуации местности [29].

Частицы мелких фракций оседают медленно, поэтому могут находиться в атмосферном воздухе во взвешенном состоянии довольно долгое время [30], [31], и переноситься на большие расстояния (от 10 м до 10 км и более) в зависимости от рельефа местности, существующей застройки и ситуации местности [29]. Например, по данным натурных исследований, описанных в [16], на расстоянии 100 м от работающего экскаватора среднесуточная концентрация частиц PM₁₀ составила 30 мкг/м³, частиц PM_{2.5} - 10 мкг/м³.

Частицы PM₁₀ и PM_{2.5} в 2017 г. Всемирная организация здравоохранения объявила наиболее опасными загрязнителями атмосферного воздуха

наряду с бензапиреном [32]. С учетом значительного негативного воздействия таких частиц на окружающую среду и организм человека во многих странах мира, в том числе, в России [33], приняты нормативы содержания PM10 и PM2.5 в атмосферном воздухе населенных мест (рисунок 1.9, таблица 1.1).

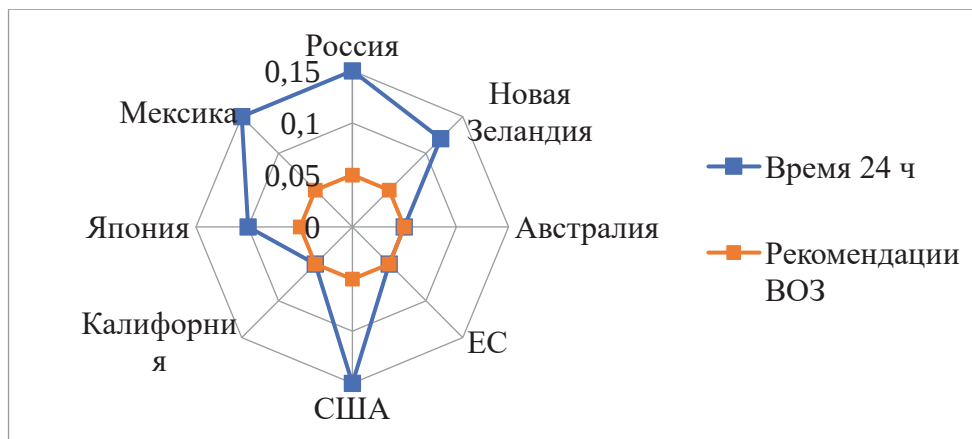


Рисунок 1.9 - Нормативы содержания взвешенных веществ PM10 в атмосферном воздухе в различных странах в сравнении с нормативом Всемирной организации здравоохранения

Т а б л и ц а 1.1 – Предельно допустимые концентрации взвешенных веществ (частиц) в атмосферном воздухе городских и сельских поселений по [33]

В миллиграммах на 1 м³

Наименование вещества	Предельно допустимые концентрации		
	максимальная разовая	среднесуточная	среднегодовая
Взвешенные вещества	0,5	0,15	0,075
Взвешенные частицы PM10	0,3	0,06	0,04
Взвешенные частицы PM2.5	0,16	0,035	0,025

Негативное воздействие мелкодисперсных частиц пыли на организм человека обусловлено не только их способностью глубоко проникать в дыхательную и сердечно-сосудистую системы [15], [34] - [43] но и их химическим составом. Частицы PM2.5 состоят из многих органических и неорганических соединений, в том числе сульфатов, нитратов, органического углерода и элементарного углерода, земляной пыли и биологических материалов (пыльца). Частицы PM10 преимущественно состоят из минералов и горных пород

(кальций, алюминий, кремний, магний, железо), первичных органических материалов (пыльца, споры грибов, растения и животные остатки) [44], [45].

По данным авторов работы [15] нитраты и калий, являются общими для PM_{2.5} и PM₁₀ при различии источников образования. Авторы работы [29] показали содержание оксидов алюминия, магния, титана, железа, соединений кремния и других веществ в частицах земляной пыли. Эти особенности в совокупности с глубиной проникновения в легкие обуславливают токсичность и разные биологические эффекты.

Кроме того, прокладка инженерных сетей сопровождается воздействием и на другие компоненты окружающей природной среды [46].

1.2 Анализ известных технических решений и способов снижения поступлений пыли в атмосферный воздух при подземной прокладке трубопроводов инженерных сетей

По данным [47] загрязнение воздуха некоторыми ТВЧ воздействует на здоровье даже при очень низких концентрациях. Однако такое пороговое значение, ниже которого вреда для здоровья не обнаружено, не установлено [47]. Все-таки задача снижения запыленности воздушной среды остается актуальной, т. к. ее решение будет способствовать сокращению потерь темпов строительства и выполнению работ в установленные сроки. Это, в свою очередь, является значительным резервом ускорения строительного производства и имеет большое социально-экономическое значение как при строительстве конкретного объекта, так и для города в целом [17].

В работе [12] для защиты рабочих-строителей от воздействия пыли при земляных работах рекомендуется использовать защитные маски. По мнению авторов, это обеспечит снижение затрат на здравоохранение на 69,4 %.

Один из эффективных способов пылеподавления - орошение водой [48], [49]. Дополнительное увлажнение грунта снижает интенсивность

пылевыведения при производстве земляных работ [48]. Однако увлажнение грунта невозможно при температурах ниже 0 °С.

В работе [19] при разработке грунта одноковшовым экскаватором с погрузкой в автосамосвалы для пылеподавления предлагается использование водяной пушки-туманообразователя, изменяющей направление струи в зависимости при перемещениях ковша.

Другой способ пылеподавления - укрепление пылящих поверхностей биоактивной пеной на основе сапропеля, который способен образовывать цепочки (склеиваться), подавляя в результате распространение пыли с поверхности отвала [11].

Согласно [50] наибольшая эффективность пылеподавления достигается аэрозольными каплями, имеющими размеры, близкие к размерам пылинок.ки. Следовательно, орошающие насадки должны иметь специальную конструкцию сопла. По данным работы [12] использование аэрозольных распылителей обеспечит эффективность снижения затрат на здравоохранение 38,56 %.

Для закрепления поверхности отвала в [51] предложено устройство, крепящееся к стреле экскаватора. При работе устройства гидросмесь для пылеподавления подается на поддон, с которого вентилятором распыляется на отвал [51]. Однако такое устройство не может быть использовано одновременно с ковшом, что требует привлечения дополнительной единицы техники, а это приведет к возрастанию затрат и выбросов загрязняющих веществ..

Еще один способ пылеподавления заключается в том, что в холодный период года (при температурах от минус 1,5 °С до минус 40 °С) пылеподавление производят с нанесением на пылящую поверхность искусственного снега, а в теплый период года (при температурах от плюс 40 °С до минус 1,5 °С) проводят туманообразование посредством распыления струи холодной воды на расстояние 15 - 20 м [52].

Описанный в работе [53] способ обеспыливания отвалов в строительстве включает разлив на пылящую поверхность отвала битумной эмульсии, содержащей нефтяной битум, эмульгатор и воду. Такой способ абсолютно

неприемлем для применения при проведении земляных работ, так как применение нефтесодержащих веществ приводит к серьезным экологическим последствиям.

Известны способы пылеподавления с использованием снегогенератора. В работе [54] для пылеподавления и защиты атмосферного воздуха от загрязнения пылью предлагается использовать снегогенератор, который подключают при помощи электрического кабеля и водного шланга к насосной станции. Посредством снегогенератора рассеивают снег над территорией, требующей очистки от пыли. Снегогенератор устанавливают на расстоянии 10 - 20 м от источника пыления.

В строительстве для подавления пыли от мощных точечных источников пылеобразования может использоваться способ пылеподавления, описанный в работе [55]. Этот способ включает подачу сжатого воздуха в форсунку снегогенератора с последующим направлением снежного факела в пылевое облако.

В работе [56] описана компактная система пылеподавления, установленная на экскаваторе. Система позволяет снизить распространение пылевых частиц при проведении земляных работ. Однако эта система не позволяет увлажнять отвал в сухую и жаркую погоду по всей его длине, поддерживать всю поверхность отвала влажной, увлажнение возможно только в радиусе действия рабочего органа экскаватора [57].

Для предотвращения распространения пыли могут использоваться защитные сооружения, выполняемые в виде экранов, насыпи или в ином исполнении. Например, в работе [58] предлагается применять пылезащитный экран, состоящий из металлических опор с объемной структурой, между которыми натягивается полупроницаемый полимерный защитный материал. Причем расположение пылезащитного экрана должно быть изначально рассчитано с учетом метеорологических условий конкретной площадки, что затруднительно выполнить, например, в городских условиях при осуществлении капитального ремонта или реконструкции. Чаще всего пылезащитные экраны

могут найти применение в тех местах, где земляные работы осуществляются на постоянной основе.

Для снижения уровня негативного воздействия от пыли, образующейся при разработке и пересыпке грунта или пород, можно использовать специальное защитное насыпное сооружение высотой 20 - 50 м в зависимости от рельефа местности с шириной 30 - 50 м. Такой экозащитный экран может быть успешно применен в тех случаях, когда строятся большие объекты, например, производственного назначения, в условиях крупных мегаполисов, когда экономически нецелесообразно транспортировать большие объемы разработанного грунта на дальние расстояния. При этом, сооружая экозащитные экраны в виде насыпей, можно исключить распространение пыли и загрязняющих веществ в сторону существующей жилой застройки, не только при осуществлении строительства, но и при работе самого предприятия.

Шумопылезащитный экран, конструкция которого представлена в работе [59], устанавливается на фундаменте, и состоит из акустических панелей со звукопоглощающими модулями с нанесенной перфорацией. Такой экран позволяет снизить и уровень шума, и распространение пыли. Недостатком является, то, что конструкция экрана несовершенна, так как монтируется на специально создаваемом для этого фундаменте, что увеличивает экономические затраты. Стационарное исполнение экрана не позволяет снизить вредное воздействие на окружающую среду при производстве отдельных технологических процессов непосредственно в рабочей зоне, что тоже является недостатком.

Предложенный в [60] способ снижения выноса пыли с техногенного массива заключается в том, что с учетом господствующих ветров в зоне проведения работ устанавливаются защитные ограждения в виде опор с закрепленной на них сеткой. Недостаток способа – повышение трудоемкости работ из-за использования опор. Кроме того, стационарное исполнение защитных ограждений не позволяет предотвратить рассеивание пыли под действием ветра непосредственно в месте расположения отвала.

Устройство для снижения выноса пыли со строительной площадки предложено в работе [61]. Устройство содержит установленные на каркасе две опоры с закрепленным на них сетчатым экраном. Каркас выполняется сплошным и служит основанием для опор. Зона каркаса обеспечивает осаждение крупнодисперсной пыли. Сетчатый элемент предназначен для частичного задержания мелкодисперсной пыли. Недостаток устройства – ограниченность его действия по высоте, т. е. его использование эффективно только при совсем низких отвалах, тогда как при большой высоте отвала сильный ветер вынесет частицы за пределы устройства. Кроме того, для размещения устройства необходима строго горизонтальная поверхность, что сложно обеспечить при земляных работах.

Другое защитное устройство от выноса пыли с земляного или строительного отвала по [62] состоит из сетчатого экрана, помещаемого на поверхности отвала, и системы фиксирующих элементов. Недостаток этого устройства – сетка не позволяет полностью исключить проскок мелкодисперсной пыли при ветреной погоде.

В работе [48] подчеркнута необходимость использования аспирационных установок в зоне действия рабочих органов землеройных машин.

Для снижения загрязнения мелкодисперсной пылью при срезке грунта в [63] предложена специальная система аспирации. Система имеет всасывающие головки, гофрированные шланги, вытяжные вентиляторы и сборный бункер. Устройство устанавливается над рабочим органом бульдозера. Недостаток – недостаточная эффективность системы, обусловленная тем, что под действием ветра часть частиц пыли будут рассеиваться до попадания в систему.

При капитальном ремонте и реконструкции существующих инженерных коммуникаций могут использоваться разные способы вскрытия траншей и извлечения труб, исключаящие образование пыли при обнажении трубопровода. Рассмотрим некоторые из них.

Согласно способу, представленному в [49], сначала вскрывают конец трубопровода и заводят под него клиновое устройство, которое посредством

тросов соединяют через специальную траверсу с тяговым средством, снабженным рыхлителем. При движении тягача вдоль участка трубопровода, который необходимо извлечь, рыхлитель, расположенный позади него, осуществляет рыхление грунта над верхней образующей трубы, а клиновое устройство при движении создает подъемную силу, которая выталкивает трубопровод на поверхность. Этот способ позволит обеспечить извлечение трубопровода без применения одноковшового экскаватора. Однако после проведения ремонтных работ для выполнения обратной укладки трубопровода на место заложения возникает необходимость восстановления траншеи и последующей обратной засыпки.

Существует и другой способ извлечения трубопровода из грунта [64], который заключается в том, что вскрывают трубопровод в начале извлекаемого участка и заводят под него клиновое устройство и подъемные ролики-катки, которые соединяют посредством платформ с тягачом. При передвижении тягача с позади расположенными устройствами трубопровод извлекается на поверхность.

При другом способе [65] для извлечения участка трубопровода из грунта при его ремонте или замене предлагается выполнять приямки на определенном расстоянии друг от друга с последующим рыхлением грунта над верхней образующей при помощи зуба-рыхлителя и извлечением трубы с протягиванием тросовой петли, охватывающей трубопровод. В описании изобретения указывается, что при этом способе сокращаются объемы земляных работ.

Устройство для извлечения трубопровода из грунта без вскрытия траншеи экскаватором описано в [66]. В [67] предложено устройство для извлечения трубопровода из грунта. Устройство состоит из корпуса с клином, который разрезает грунт над верхней образующей трубопровода, а траверса, расположенная позади него, предназначена для подъема трубы с отметки заложения. Устройство присоединено к базовой машине, которая создает тяговое усилие.

Существует устройство [68], при помощи которого можно извлечь трубопровод из грунта, состоящее из клиновидного выталкивателя, присоединенного к базовой машине. Позади выталкивателя установлен трубоукладчик с траверсой для окончательного подъема трубы на дневную поверхность.

Описанные выше технические решения позволяют осуществлять извлечение трубопроводов только при выполнении капитального ремонта и реконструкции. Однако для снижения выбросов и рассеивания частиц при восстановлении профиля траншеи можно применять землеройные машины непрерывного действия, оборудованные цепными и роторными рабочими органами.

Некоторые технические решения связаны со внесением изменений в конструктивные элементы базовой землеройной техники. Так, в работе [69] авторы предлагают решение, которое может быть использовано при планировке площадок, разработке траншей, рыхлении и перемещении сыпучих материалов и т.д. Предложено специальное устройство, состоящее из разнонаправленных фрез со шнеком, которое присоединено к отвалу бульдозера. При осуществлении работы грунт перемещается по обе стороны от отвала при помощи применения в устройстве фрезы и разнонаправленных шнеков. При этом исключается волочение призмы грунта, которое и создает запыленность. Однако имеется недостаток, который заключается в том, что формирование призм отвалов по обеим сторонам при проходе бульдозера требует осуществления дополнительных проходов, что в конечном итоге увеличивает выбросы в атмосферу от работы двигателя. Кроме того, следует отметить, что при каждом последующем проходе бульдозера по бокам бульдозера возникают новые отвалы с грунтом, что нетехнологично.

1.3 Обоснование и выбор направления исследования

В настоящее время при подземной прокладке инженерных сетей используется большое количество техники, в том числе землеройной, работа которой

оказывает негативное влияние на окружающую среду на месте выполнения работ. Загрязнения, выделяющиеся при работе техники, являются одним из главных факторов ухудшения качества воздуха при осуществлении строительных работ. Результаты проведенного анализа послужили основой для выбора направления исследований, которое заключается в разработке экологически безопасных технических, технологических и организационных решений и более глубоком изучении закономерностей загрязнения мест проведения строительных технологических процессов, осуществляемых при подземной прокладке и ремонте инженерных сетей.

Одним из важнейших вопросов является контроль за загрязнением окружающей среды и, в том числе, содержания в атмосферном воздухе частиц $PM_{2,5}$ и PM_{10} . Поскольку максимальная разовая ПДК PM_{10} составляет 60 % от норматива концентрации взвешенных веществ, для $PM_{2,5}$ – 32 %, то знание закономерностей интегральной функции пофракционного распределения частиц, содержащихся в атмосферном воздухе вблизи зоны проведения земляных работ поможет принять правильное техническое решение для снижения загрязнения. Кроме этого, вопросы, связанные с процессами образования и распространения пылевого облака, граничных и начальных условий распространения частиц $PM_{2,5}$ и PM_{10} , в частности, при выполнении земляных работ, необходимо учитывать при расчетах рассеивания вредных выбросов в атмосферный воздух. Для расчетов важно задать виртуальную поверхность ИЗАВ и начальные данные. Но при этом следует понимать, что существующие математические модели для расчета рассеивания частиц не учитывают, например, всю многогранность и цикличность в работе землеройных машин.

Цель работы – снижение пылевого загрязнения воздушной среды при земляных работах по прокладке инженерных сетей за счет разработки защитных технических решений, а также совершенствования прогноза величины выбросов взвешенных частиц в атмосферный воздух на основе определения аэродинамических характеристик пыли и построения поверхностей виртуальных источников загрязнения.

Поставленная цель предопределила постановку следующих **задач исследования:**

- анализ опыта исследований особенностей пылевывделений при работе землеройной техники, а также известных технических решений и методов борьбы с распространением пыли при прокладке инженерных сетей;
- исследования с учетом влажности дисперсного состав пыли песка и глины, содержащейся в выбросах в атмосферный воздух при земляных работах;
- разработка методики построения непрерывно дифференцируемой интегральной функции распределения объемов частиц по эквивалентным диаметрам в виде пятизвенного сплайна и необходимые программы для ЭВМ;
- исследования аэродинамических характеристик частиц пыли, поступающей в атмосферный воздух при прокладке траншей и отсыпке отвалов, требуемых для расчета максимальных разовых и валовых выбросов, выявления закономерностей рассеивания и решения других задач экологической безопасности;
- обоснование выбора геометрической конфигурации виртуальных неорганизованных источников пылевывделения (разработка траншеи, отвал грунта при его хранении) на примере прокладки инженерных сетей и разработка методики их построения;
- экспериментальное определение параметров пылевывделения при прокладке инженерных сетей как основы для оценки валового и максимального разового значений выбросов от виртуальных источников;
- разработка и апробация технических решения для снижения загрязнения атмосферного воздуха при прокладке инженерных сетей подземного исполнения в городских и трассовых условиях, а также по результатам проведенных исследований разработка рекомендаций по организации строительного производства для снижения пылевого загрязнения окружающей среды при осуществлении земляных работ.

1.4 Выводы по главе 1

1 Ежегодный рост объемов строительства зданий и инженерных сетей приводит к усилению отрицательного воздействия на окружающую среду, жителей населенных пунктов, рабочий персонал, находящийся в зоне проведения работ. Наиболее интенсивными источниками загрязнения окружающей среды являются следующие технологические процессы - разработка грунта, перемещение грунта, отсыпка отвалов, погрузка грунта в автосамосвалы и т.п.

2 Проведен анализ существующих решений, результаты которого показали, что при прокладке инженерных сетей в условиях городской застройки необходимо использование экологически безопасных технических решений, устройств обеспыливания и пылеподавления.

ГЛАВА 2 ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПЫЛИ, ПОСТУПАЮЩЕЙ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПРИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТАХ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ И РЕМОНТА ГОРОДСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

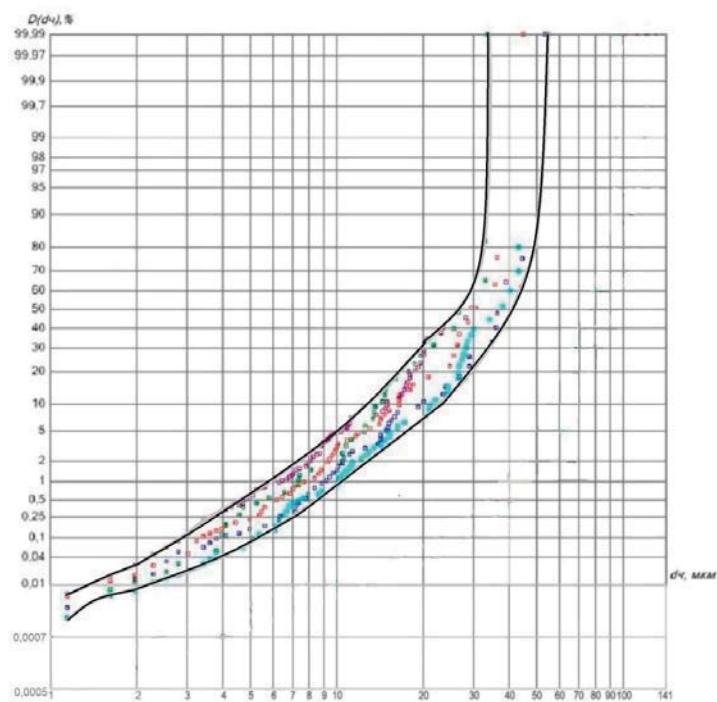
2.1 Исследование дисперсного состава пыли грунта при земляных работах

2.1.1 Интегральная функция прохода и диапазоны ее изменения на примере песка, глины и суглинка

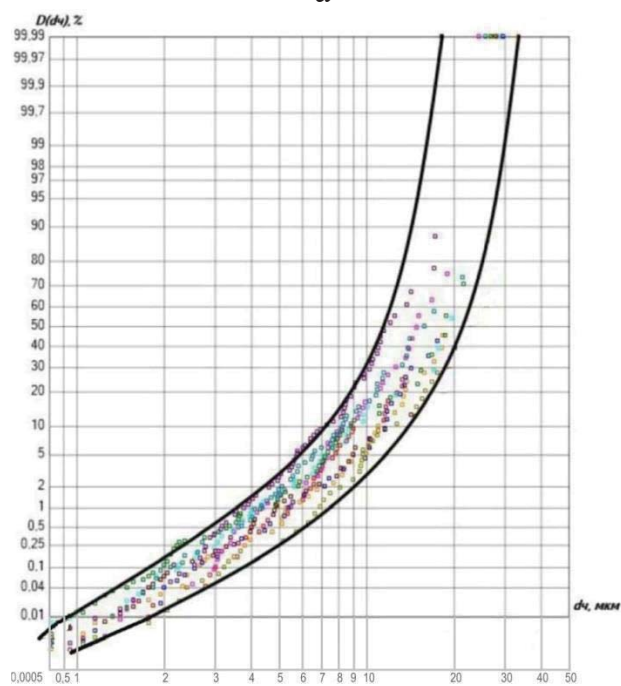
Отбор проб пыли в атмосферном воздухе при работе одноковшового экскаватора для последующего анализа дисперсного состава выполнен сотрудниками испытательной лаборатории филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Южному Федеральному округу» - Центр лабораторного анализа и технических измерений по Волгоградской области, аккредитованного в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации [70] (Аттестат аккредитации РОССТУ. 0001.510592 (приложение А). Отбор проб выполнен по правилам [71].

Исследования дисперсного состава пыли выполнены микроскопическим методом [72] - [78] по ГОСТ Р 56929 [79], ГОСТ Р 59667 [80] с применением программы SPOTEXPLORER 2018 [81]. Результаты оценки фракционного состава пыли песка и глины показаны на рисунке 2.1, 2.2.

Получаемые в результате данные фактически представляют собой функцию прохода, получаемую, например, ситовым методом. Однако сит с малыми отверстиями практически не существует. Микроскопический метод дает достаточно надежные данные. Использование программ SPOTEXPLORER [81], DustMatrix и их модификаций показало их достаточно высокую степень точности.



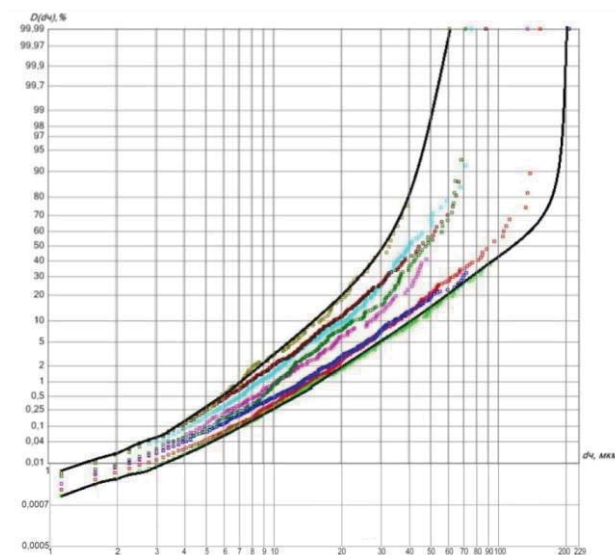
а



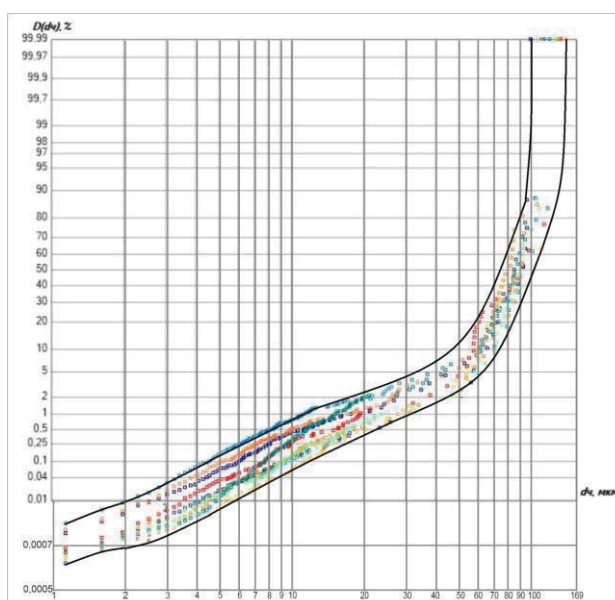
б

Рисунок 2.1 - Диапазоны изменения интегральных функций распределения массы частиц по эквивалентным диаметрам:
а - пыли мелкого песка; б – пыли глины песчаной и пылеватой

В реальных условиях даже за незначительный период ремонта и ликвидации аварии на подземной инженерной сети, могут изменяться



а



б

Рисунок 2.2 - Диапазоны изменения интегральных функций распределения массы частиц по эквивалентным диаметрам:

а - пыли суглинка; б – пыли супеси

климатические условия (влажность, температура воздуха, скорость ветра, влажность грунта) на разной глубине подземной выработки. Поэтому полученные значения функции прохода часто могут быть представлены диапазоном измерения (рисунок 2.1, 2.2).

При решении уравнений движения такие параметры, как скорость воздушного потока, давление, температура, концентрация пыли задаются, как правило, непрерывными функциями от времени и координат точки. Естественно, что начальные условия для общей концентрации пыли - функция распределения массы пыли по эквивалентным диаметрам тоже должна быть непрерывной и, желательно, дифференцируемой по такому параметру, как диаметр частицы.

Для описания интегральных функций распределения массы частиц по эквивалентным диаметрам на основании экспериментальных значений функции прохода для пыли, выделяющейся при работе экскаватора, возникает необходимость построить интегральную функцию распределения. Используем для этого вероятностно-логарифмическую сетку $(x; y)$ вместо декартовой сетки $(\delta; D)$ (где δ – эквивалентный диаметр частиц, $D(\delta)$ – массовая доля частиц пыли не более δ). Связь между D и y , а также между δ и x определяется зависимостями:

$$\lg \delta = x, \quad (2.1)$$

$$D(y) = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^y e^{-t^2/2} dt \quad (2.2)$$

Выбор сетки определяется тем, что по гипотезе Колмогорова распределение функции D – логарифмически нормальное, и тогда в вероятностно-логарифмической сетке график интегральной функции распределения имеет вид прямой [82].

Зависимость (2.2) можно заменить на выражения [83]:

$$D(y) = 50 \operatorname{erf} \left(\frac{y}{\sqrt{2}} \right) + 50, \text{ если } y \geq 0, \quad (2.3)$$

или

$$(y) = -50 \operatorname{erf} \left(\frac{y}{\sqrt{2}} \right) + 50, \text{ если } y < 0. \quad (2.4)$$

Функция $\operatorname{erf}(x)$ (рисунок 2.3) имеет вид [83]

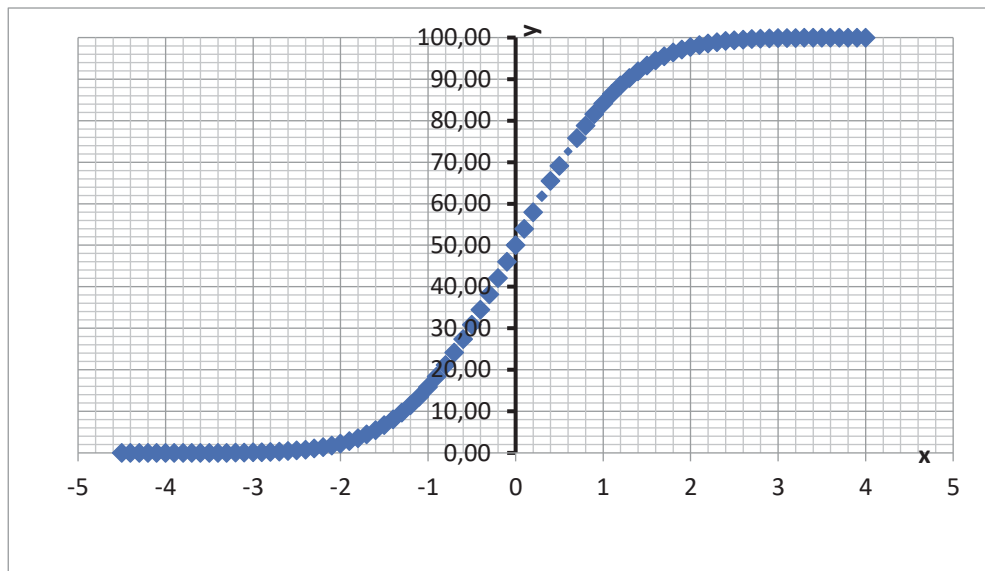


Рисунок 2.3 – График функции $\text{erf}(x)$ [83]

2.1.2 Построение непрерывно дифференцируемой интегральной функции распределения для дисперсного состава

Результаты проведенных многочисленных исследований распределения дисперсного состава показывают, что всегда возможно найти одну функцию, описывающую интегральную функцию распределений на основании функции прохода). Поэтому для решения целого ряда экологических задач (например, при решении уравнений движения) был выбран способ ее построения на основе сплайнов.

Для описания интегральных функций распределения массы частиц по эквивалентным диаметрам для пыли, выделяющейся при работе экскаватора, воспользуемся аппроксимацией экспериментальных значений интегральной функции прохода. Проведенные многочисленные натурные исследования не позволили найти одну параметрическую функцию от влажности и диаметра, описывающую интегральную функцию распределения. Во многих задачах, связанных с анализом дисперсного состава пыли, важно, чтобы описывающая его функция была непрерывна и дифференцируема. Поэтому она была

построена на основе сплайнов, у которых в общих узловых точках имеются разные значения, а также производные слева и справа.

На рисунке 2.4 в вероятностно-логарифмической сетке представлена интегральная функция для пыли, отобранной в атмосферном воздухе при проведении земляных работ, построенная по результатам исследований и аппроксимированная на различных участках пятью функциями – гипербола, парабола, линейная, парабола, гипербола. Рассмотрим в качестве примера область значений всех размеров частиц d_q на пяти участках. Соответственно, на оси $x = \lg \delta$ участки (z_i) могут быть представлены в виде $[z_0, z_1]$, $[z_1, z_2]$, $[z_2, z_3]$, $[z_3, z_4]$, $[z_4, z_{max}]$.

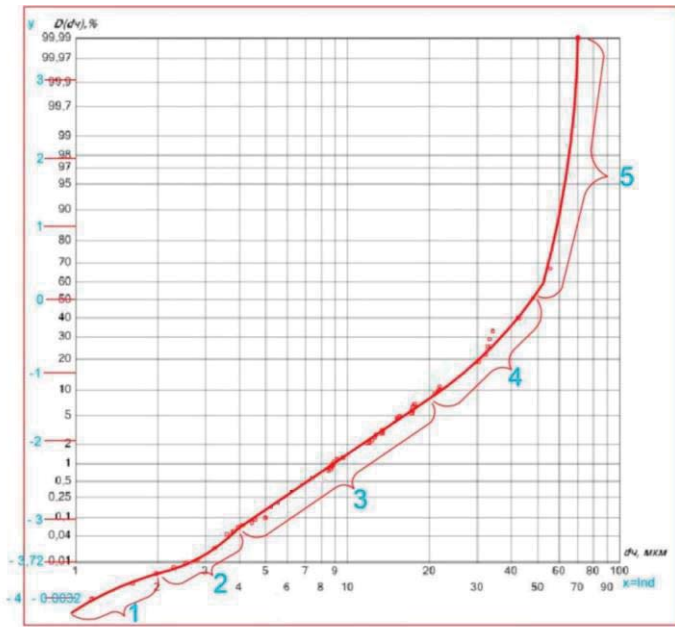


Рисунок 2.4 – Аппроксимация интегральной функции прохода пятью функциями:

1 – гипербола; 2 – парабола; 3 – линейная; 4 - парабола; 5 – гипербола

$$\begin{aligned}
 \lg \delta_{min} < x = \lg \delta \leq z_1, \\
 z_1 < x = \lg \delta \leq z_2, \\
 z_2 < x = \lg \delta \leq z_3, \\
 z_3 < x = \lg \delta \leq z_4, \\
 z_4 < x = \lg \delta \leq \lg z_{max}
 \end{aligned} \tag{2.5}$$

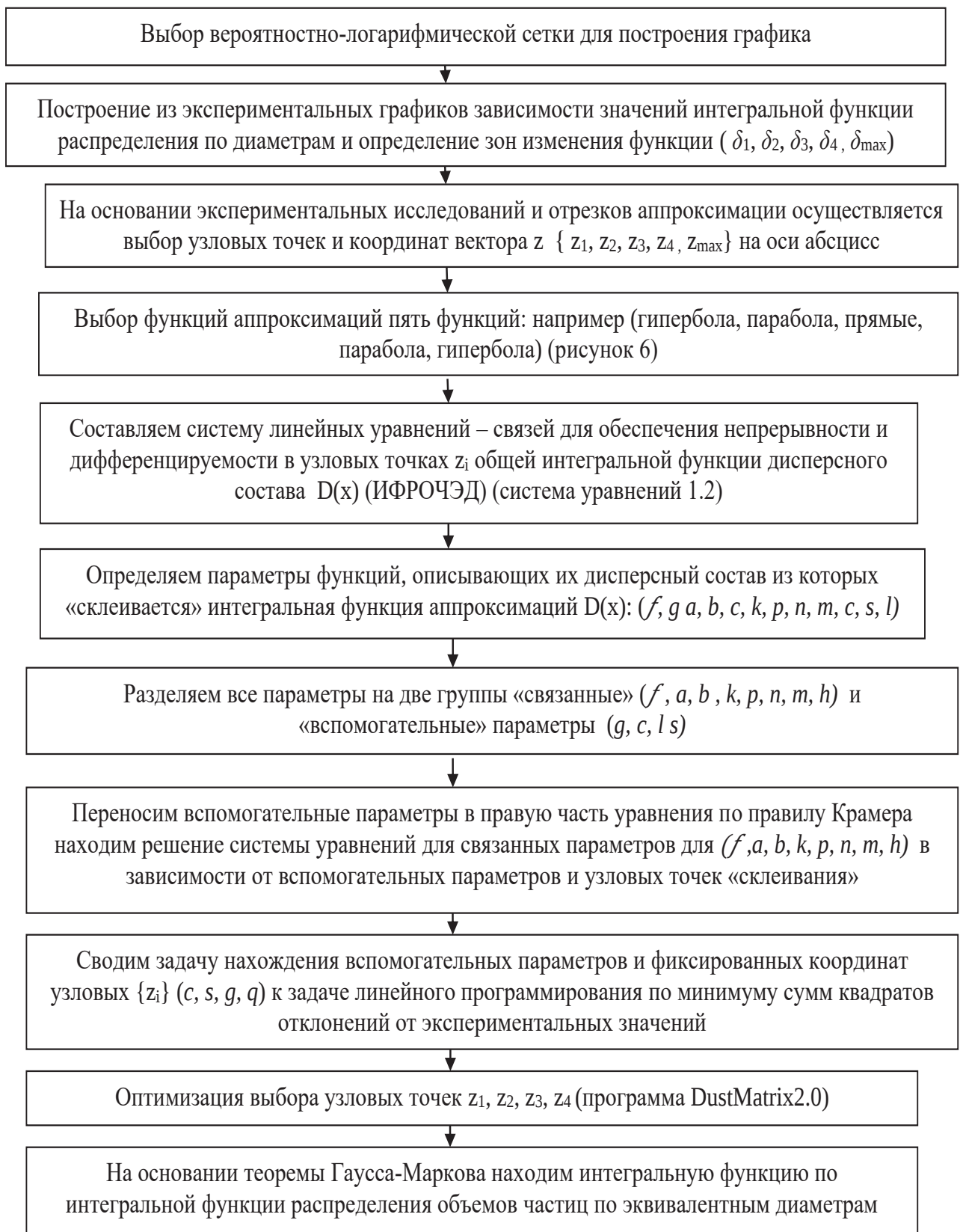


Рисунок 2.5 - Общая схема построения непрерывно-дифференцируемой функции распределения объема частиц по эквивалентным диаметрам на основании функции прохода

Общая схема решения задачи построения непрерывно дифференцируемой интегральной функции распределения (аппроксимации функции прохода) представлена на рисунке 2.5.

Задача нахождения вспомогательных параметров g, c, s, l сводится к задаче оптимального программирования. Решение задачи можно условно разделить на две части. Вначале с помощью 12 коэффициентов задаем пять функций сплайнов и на основании непрерывности этих функций и их производных в узловых точках z_1, z_2, z_3, z_4 , составляем 8 уравнений, из которых 8 коэффициентов в матричной форме, выражаем через остальные вспомогательные 4 параметра, как координаты неизвестного вектора v (g, c, s, l).

Задача описания аппроксимации экспериментальных значений (x_j, y_j) состоит в нахождении функции $Y = D(x)$ по выбранным пяти кусочным функциям (таблица 2.1). Характеристики функций, аппроксимирующих интегральную функцию распределения, приведены в таблице 2.2.

Т а б л и ц а 2.1

δ_i	δ_0	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_{max}
$d_{эқв}$	1	2	4	20	50	70
$D(d), \%$	0,000869	0,004828	0,066681	8,452498	59,71606	100

Т а б л и ц а 2.2

i	Область определения	Вид линии	Формула
1	при $z_{min} < x \leq z_1$	гипербола	$y = \frac{f}{1+x} + g$
2	при $z_1 < x \leq z_2$	парабола	$y = ax^2 + bx + c$
3	при $z_2 < x \leq z_3$	прямая	$y = kx + p$
4	при $z_3 < x \leq z_4$	парабола	$y = mx^2 + nx + s$
5	при $z_4 < x \leq z_{max}$	гипербола	$y = \frac{h}{x - z_{max}} + l$
Примечание. $f, k, p, a, b, m, n, h, g, c, s, l$ - неизвестные параметры; i - номер участка, j - сквозной номер замера			

Таким образом, есть система из N уравнений, составленных на основании экспериментальных данных (x_j, y_j) (где y_j – элементы вектор-

столбца Y экспериментальных значений, x_j – соответствующие элементы вектор-столбца X экспериментальных значений, $100 < N \leq 1500$) с учетом линейных связей между двумя векторами, выраженными через вспомогательные параметры g, c, s, l . Тогда задача сводится к нахождению элементов вектора v из четырех вспомогательных параметров. Теперь задача аппроксимации состоит в определении параметров, характеризующих аппроксимирующие функции – гиперболу, параболу, прямую, параболу и гиперболу. Таким образом, требуется найти 12 параметров – восемь коэффициентов (f, a, b, k, p, m, n, h) по требованию дифференцируемости и четыре (g, c, s, l) на основании минимума суммы ε_{ji}^2 .

В качестве связей для пяти участков и четырех узловых точек составим восемь уравнений – четыре уравнения непрерывности функции и четыре уравнения непрерывности ее производных в четырех узлах стыковки с учетом $z_1, z_2, z_3, z_4, z_{max}$. В результате преобразований получим систему уравнений (2.6)

$$\left\{ \begin{array}{l} 2az_1 + b + \frac{f}{(x_1 + z_0)^2} = 0; \\ az_1^2 + bz_1 + c - \frac{f}{x_1 + z_0} - g = 0; \\ k - 2az_2 - b = 0; \\ kz_2 + p - az_2^2 - bz_2 - c = 0; \\ k - 2mz_3 - n = 0; \\ kz_3 + p - mz_3^2 - nz_3 - s = 0; \\ 2mz_4 + n - \frac{h}{(x_{max} - x_4)^2} = 0; \\ mz_4^2 + nz_3 - \frac{h}{x_4 - z_{max}} + s - l = 0. \end{array} \right. \quad (2.6)$$

Для решения задач нахождения 12 коэффициентов разобьем их на 2 части. Поскольку уравнений неразрывности и непрерывности производных в узловых точках – 8, то 8 из 12 будут выражаться линейно от остальных четырех. Пусть вспомогательными будут g, c, s, l , из которого составляем вектор $v(g, c, s, l)$.

Исходная система уравнений в векторно-матричной форме имеет вид (2.7).

$$M = \begin{pmatrix} a & b & f & g & c & k & p & m & n & s & h & l \\ 2z_1 & 1 & \frac{1}{(x_1+z_0)^2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ z_1^2 & z_1 & -\frac{1}{x_1+z_0} & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2z_2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -z_2^2 & -z_2 & 0 & 0 & -1 & z_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -2z_3 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & z_3 & 1 & -z_3^2 & -z_3 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2z_4 & 1 & 0 & -\frac{1}{(x_{max}-x_4)^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & z_4^2 & z_3 & 1 & \frac{1}{x_4-z_{max}} & -1 \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

Выбираем из 12 неизвестных 8 параметров основных (f, a, b, k, p, m, n, h) и 4 вспомогательных (g, c, s, l), координаты которых не зависят от выбора узловых точек и сами являются параметрами. Вследствие чего получаем систему из 8 уравнений с 8 неизвестными с 4-мя параметрами (g, c, s, l):

$$M\vec{T} = \vec{u} \quad (2.8)$$

или

$$T = M^{-1}\vec{u} \quad (2.9)$$

где $\vec{T}$ – вектор-столбец, составленный из восьми неизвестных параметров искомой и «склеенной» функции прохода F ;

M – матрица (2.7) размерностью $[8 \times 8]$;

$\vec{u}$ – вектор, составленный из правых (свободных) частей уравнений, включающий вспомогательные параметры

$$\vec{T} = \begin{pmatrix} a \\ b \\ f \\ k \\ p \\ m \\ n \\ h \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \\ t_5 \\ t_6 \\ t_7 \\ t_8 \end{pmatrix} \quad (2.10)$$

$$M = \begin{pmatrix} a & b & f & k & p & m & n & h \\ 2z_1 & 1 & \frac{1}{(x_1 + z_o)^2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ z_1^2 & z_1 & -\frac{1}{x_1 + z_o} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2z_2 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -z_2^2 & -z_2 & 0 & z_2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -2z_3 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & z_3 & 1 & -z_3^2 & -z_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2z_4 & 1 & -\frac{1}{(x_{max} - x_4)^2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & z_4^2 & z_3 & -\frac{1}{x_{max} - z_{max}} \end{pmatrix} \quad (2.11)$$

$$\vec{u} = \begin{pmatrix} 0 \\ g - c \\ 0 \\ c \\ 0 \\ s \\ 0 \\ l - s \end{pmatrix} \quad (2.12)$$

В общем виде уравнение (2.3) имеет единственное решение, если определитель матрицы M отличен от нуля, поэтому важно, чтобы выбор z_i не приводил к случаю $|M| = 0$. Найдем вектор T . Обратим внимание на то, что матрица M^{-1} не зависит от вспомогательных параметров (g, c, s, l) , то есть зависимость вектора T из восьми связанных параметров t_i и вектора-столбца $v(g, c, s, l)$ из четырех вспомогательных параметров линейна. Тогда можем записать

$$T = Qv \quad (2.13)$$

где Q – некоторая матрица 8×4 ;

v - вектор-столбец из вспомогательных параметров.

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} g \\ c \\ s \\ l \end{pmatrix} \quad (2.14)$$

$$Q = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & q_{14} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} & q_{24} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} & q_{34} \\ q_{41} & q_{42} & q_{43} & q_{44} \\ q_{51} & q_{52} & q_{53} & q_{54} \\ q_{61} & q_{62} & q_{63} & q_{64} \\ q_{71} & q_{72} & q_{73} & q_{74} \\ q_{81} & q_{82} & q_{83} & q_{84} \end{pmatrix} \quad (2.15)$$

Тогда задача нахождения вспомогательных параметров сводится к задаче оптимального программирования. Если не вычислять v_i , то можно воспользоваться вектором

$$\vec{u} = \begin{pmatrix} g - c \\ c \\ s \\ l - s \end{pmatrix} \quad (2.16)$$

который получился из вектора (2.12) исключением нулевых строк.

Рассмотрим конкретный пример, в котором получены экспериментальные значения y_i для набора конкретных значений x_i ($i = 1 \div N$). Рассмотрим систему N уравнений, полученных после сравнения экспериментальных y_i^3 и теоретических y_i^T значений. Очевидно, что, вообще говоря, y_i^3 не равно y_i^T . При этом пусть $y_i^T - y_i^3 = \varepsilon_j$. Тогда на основании полученных измерений параметров дисперсного состава получим N пар (x_i, y_i) и для каждой точки $x_j = \lg \delta_j$ выписываем уравнение и затем систему из N уравнений

$$\begin{cases} y_j = \frac{f}{-z_0 + x_j} + g + \varepsilon_{j1}, & \text{при } z_0 < x_j \leq z_1 \\ y_j = ax_j^2 + bx_j + c + \varepsilon_{j2}, & \text{при } z_1 < x_j \leq z_2 \\ y_j = kx_j + p + \varepsilon_{j3}, & \text{при } z_2 < x_j \leq z_3 \\ y_j = mx_j^2 + nx_j + s + \varepsilon_{j4}, & \text{при } z_3 < x_j \leq z_4 \\ y_j = \frac{h}{x_j - z_{\max}} + l + \varepsilon_{j5}, & \text{при } z_4 < x_j \leq z_{\max} \end{cases} \quad (2.17)$$

На основании N уравнений из условия минимума суммы ε_{ji}^2 находятся составляющие вектора v (g, c, s, l), где $1 \leq j \leq N$.

Сформулируем задачу линейного программирования. Разобьем правую часть системы 2.17 на две части и выразим вектор T , состоящий из 8 основных

$$B = \begin{matrix} & g & c & s & l \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix} \quad (2.23)$$

$$\begin{aligned}
\vec{Y} = & \begin{array}{c}
\begin{array}{c}
y_1 = \\
y_2 = \\
\vdots \\
y_{n_1} = \\
y_{n_1+1} = \\
\vdots \\
y_{n_2} = \\
y_{n_2+1} = \\
\vdots \\
y_{n_3} = \\
y_{n_3+1} = \\
= \\
\vdots \\
y_{n_4} = \\
y_{n_4+1} = \\
= \\
\vdots \\
y_n =
\end{array}
\begin{array}{c}
\left| \begin{array}{cccccccc}
0 & 0 & \frac{1}{1+x_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & \frac{1}{1+x_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & \frac{1}{1+x_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
x_{n_1+1}^2 & x_{n_1+1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
x_{n_2}^2 & x_{n_2}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & x_{n_{i+1}} & 1 & 0 & 0 & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & x_{n_{i+1}} & 1 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_{n_3+1}^2 & x_{n_3+1} & 0 \\
= & & & & & & & \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_n^2 & x_{n_4} \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
= & & & & & & & \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_n - 1
\end{array} \right|
\begin{array}{c}
\begin{array}{c}
1 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
1 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 0 & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 1 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 1 & 0 \\
= & & & \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 1 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 1 \\
= & & & \\
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
0 & 0 & 0 & 1
\end{array}
\end{array}
\begin{array}{c}
+\varepsilon_1 \\
+\varepsilon_2 \\
\vdots \\
+\varepsilon_{n_1} \\
+\varepsilon_{n_1+1} \\
\vdots \\
+\varepsilon_{n_2} \\
+\varepsilon_{y_{n_2}+1} \\
\vdots \\
+\varepsilon_{n_3 1} \\
+\varepsilon_{n_3+1} \\
\vdots \\
+\varepsilon_{n_4} \\
+\varepsilon_{n_4+1} \\
\vdots \\
+\varepsilon_n
\end{array}
\end{array}
\end{array}
\end{aligned}
\tag{2.24}$$

$$v = (F^T F)^{-1} F^T Y \quad (2.25)$$

Отсюда

$$T = Qv = Q(F^T F)^{-1} F^T Y \quad (2.26)$$

$$v = (AQ + B)v + \varepsilon \quad (2.27)$$

где A – матрица размерами $N \times 4$, состоящая из репрезентаций построчно из экспериментальных параметров y_j через коэффициенты линейной комбинации элементов v (которые сами являются элементами Q и определены на основе значений $z_1, \dots, z_4$);

$x_j \vec{\varepsilon}$ – вектор-строка соответственно значений и ошибок (разница между экспериментальными и теоретическими значениями).

Далее по теореме Гауса-Маркова [84] возможно выразить v как

$$v = Q(F^T F)^{-1} A^T Y \quad (2.28)$$

$$v = [(AQ + B)^T (AQ + B)]^{-1} (AQ + B)^T Y \quad (2.29)$$

Таким образом, нахождение вектора T и вектора v позволяет вычислить все 12 коэффициентов из интегральной функции распределения $Y = D(x)$. Для вычисления элементарных функций-аппроксимаций для интегральной функции распределения объемов пыли по эквивалентным диаметрам разработана программа *DustMatrix*. Входными данными являются предоставляемые пользователем значения интегральной функции и соответствующие им значения эквивалентного диаметра, а также значений отрезков, используемых для нахождения самого приближения сплайн-функций. В качестве выходных данных она имеет общие выражения для функций-приближений, конкретные значения коэффициентов, для их определения используемых, значения вычисленных приближений исключительно для входных данных, значения ошибок этих данных относительно данного ожидаемого, а также конкретное текстовое выражение для сплайн-функции со вставленными коэффициентами и отформатированное в соответствии с набором предопределённых правил. Помимо этого программа позволяет пользователю визуализировать входные и выходные данные. Алгоритм программы приведен в приложении В (рисунок В.1).

Также для упрощения расчетов предлагается следующий подход. В качестве функции отклика рассмотрим функцию доли мелкодисперсной пыли от PM_{10} и доли $D_{PM_{10}}(d)$, равной

$$D_{PM_{10}}(d) = PM_{10} \quad (2.30)$$

При исследовании дисперсного состава с использованием разных средств измерений концентрации РМ в атмосферном воздухе получаем небольшое число данных, например, доли (в процентах) $PM_{0,3}$, $PM_{0,5}$, PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_5 , PM_{10} . Эти данные с точностью до 25 % [85] могут быть полезны при нормировании содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе, тем более, что концентрации $PM_{2,5}$ и PM_{10} нормируются и в России, и в большинстве стран мира.

В процессе диссертационного исследования в августе 2023 г. при работе одноковшового экскаватора в радиусе 5 м в восьми точках были отобраны пробы атмосферного воздуха. Пробы 1, 2 отобраны при движении полного ковша, 3, 4 - при движении пустого ковша, пробы 5, 6 – при наполнении ковша, пробы 7, 8 – при выгрузке грунта из ковша. Попытки построить по полученным данным для каждой технологической операции интегральную кривую распределения объема частиц по эквивалентным диаметрам в виде линейной, квадратичной, степенной или иной функции не удалось. Однако для каждой пробы удалось получить довольно простые полиномиальные зависимости (таблица 2.3), ограниченные верхней и нижней огибающими.

Результаты проведенных исследований показали, что функции прохода для мелкодисперсных частиц PM_1 - PM_{10} близки (рисунок 2.6, приложение Г). Доля PM_i в PM_{10} остается постоянной и при движении, и при выгрузке ковша. Незначительные отклонения наблюдаются лишь при движении пустого ковша, которые, как правило, продолжаются не более 5 – 10 с.

При этом пользоваться соотношениями таблицы 2.3 для вычисления начальных условий, на наш взгляд, нецелесообразно, ввиду небольшого количества точек измерения. В этом случае увеличение числа замеров не приводит

Т а б л и ц а 2.3 – Результаты расчетов интегральных аппроксимирующих функций по упрощенному методу

№ пробы	Технологическая операция	Уравнение регрессии
1	Движение ковша в наполненном состоянии	$D(x) = 0,636x^3 + 0,385x^2 + 0,0022$
2		$D(x) = 0,602x^3 + 0,460x^2 + 0,031$
3	Движение рабочего органа с пустым ковшом	$D(x) = 0,155x^4 + 0,815x^3 + 0,057$
4		$D(x) = 0,324x^4 + 0,655x^3 + 0,039$
5	Наполнение ковша	$D(x) = 0,656x^3 + 0,345x^2 + 0,001$
6		$D(x) = 0,591x^4 + 0,402x^3 + 0,009$
7	Выгрузка грунта из ковша	$D(x) = 0,682x^3 + 0,294x^2 + 0,024$
8		$D(x) = 0,664x^4 + 0,332x^3 + 0,004$

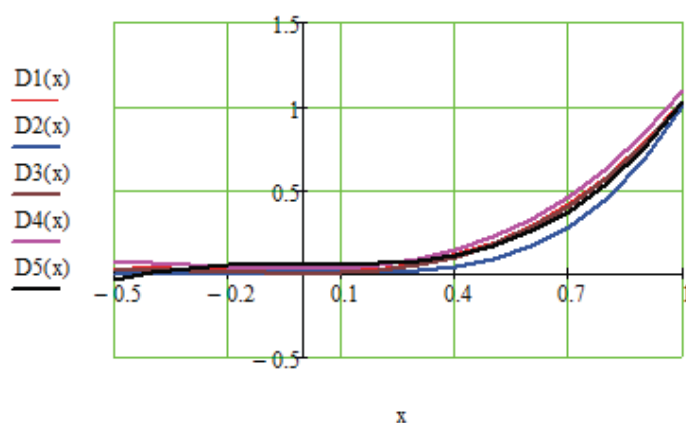


Рисунок 2.6 – Графики регрессионных зависимостей

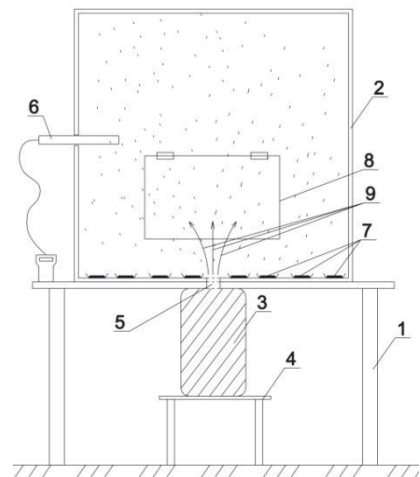
к увеличению коэффициента корреляции R . Например, в таблице 2.3 большинство функций по каждой пробе имеет $R = 0,99$, а совокупная обработка всех проб дает $R = 0,98$. Однако использование приборов с точными измерениями $PM_1, PM_{2,5}, PM_5, PM_{10}$ и полиномиальная аппроксимация позволяет получить ряд важных значений для построения интегральной функции распределения кусочно-рациональными функциями на основании экспериментальных значений, полученных микрометрическим методом или с использованием сенсорных датчиков.

2.2 Исследование дисперсного состава пыли при различной влажности грунта

Экспериментальные исследования влияния влажности грунта на дисперсный состав пыли на примере песка и глины проведены в лабораторных условиях на установке, общий вид и схема которой показаны на рисунке 2.7.



а



б

Рисунок 2.7 – Экспериментальная установка:

а – общий вид; б – схема.

1 – стол; 2 – куб; 3 - увлажнитель воздуха *Xiaomi*; 4– подставка;
5 – отверстие, выполненное через столешницу стола и нижнюю грань куба; 6 - метеометр МЭС-200А; 7 - лабораторная тарелочка с образцом грунта; 8 - окно для выполнения манипуляций внутри куба

Основным элементом установки был прозрачный куб из поликарбоната с размерами 1000x1000x1000 мм. Внутри куба размещались лабораторные тарелочки с образцами грунта (рисунок 2.8). Подача воздуха в куб осуществлялась через отверстие в нижней грани куба. Для доведения влажности воздуха внутри куба до фиксируемых значений использовался увлажнитель воздуха *Xiaomi*, установленный на подставке. Для контроля влажности использовался

метеометр МЭС-200А (рисунок 2.9, а), для измерения влажности образцов грунта - высокоточный влагомер MS – 70 (рисунок 2.9, б).



а



б

Рисунок 2.8 – Общий вид лабораторных тарелочек с образцами грунта:

а – перед началом эксперимента; б – в кубе



а



б

Рисунок 2.9 – Общий вид использованных приборов:

а - метеометр МЭС-200А; б - влагомер MS – 70

При доведении влажности воздуха в кубе до 60 % через каждые 5 минут образцы извлекались из куба для измерения их влажности. Частицы

увлажненных образцов исследовались под микроскопом с помощью программы *SPOTEXPLORER* 2018 [81].

Для примера на рисунке 2.10 показаны микрофотографии частиц песка и глины при влажности образца 2,5 %. В приложении Г приведены микрофотографии частиц песка (рисунок Г.1) и глины (рисунок (Г. 2) при влажности образцов 0,1 - 1,7 % и 0,25 – 4 % соответственно.

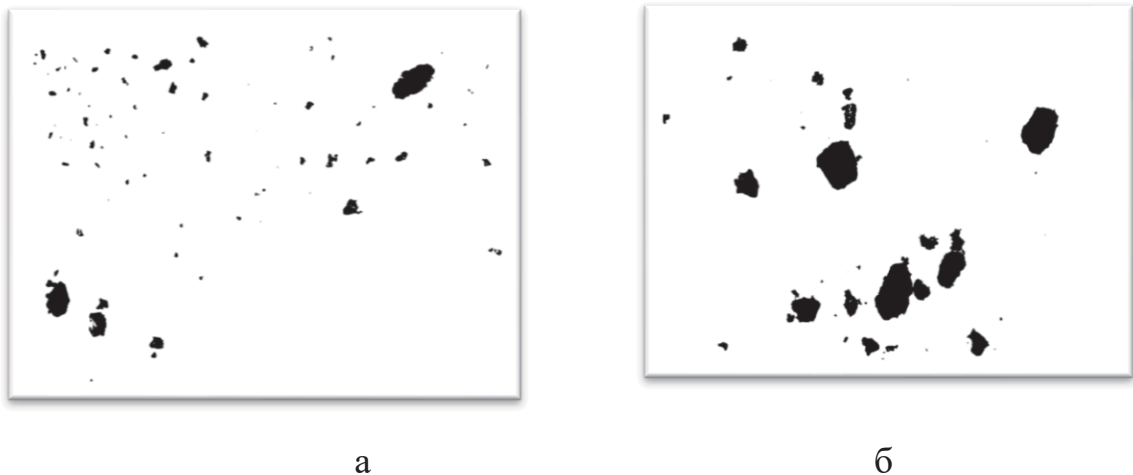


Рисунок 2.10 – Микрофотографии частиц грунта при влажности 2,5 %:
а – песка; б - глины

Результаты исследований дисперсного состава частиц песка при разной влажности представлены на рисунке Г. 3, Г.4 (приложение Г). Сводные данные приведены на рисунке 2.11. Получить уравнение регрессии для двух факторов (d , φ) не представляется возможности.

Для аппроксимации полученных данных в диапазоне диаметров частиц от 0 до 100 мкм рассматривались линейная, кусочно-линейная, показательная и квадратичная функции. Наилучшее приближение дала квадратичная регрессионная зависимость вида $D = ad^2 + bd + c$. Результаты аппроксимации приведены в таблице 2.4.

При влажности песка от 0,1 до 0,5 % закон Колмогорова выполняется для частиц с размерами от 2,5 до 18 мкм, при большей влажности (от 0,75 до 2,5 %) – для размеров от 2 до 15 мкм.

Т а б л и ц а 2.4 – Регрессионные зависимости для песка

Влажность песка, %	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Объем выборки	График
0,1	$D = 0,0379d^2 + 1,1804d - 5,7032$	0,99	65	Рисунок Г.3, а
0,15	$D = 0,0550d^2 + 0,9677d - 5,7949$	0,97	73	Рисунок Г.3, б
0,25	$D = 0,0432d^2 + 0,1567 \cdot d - 0,9971$	0,97	34	Рисунок Г.3, в
0,5	$D = 0,0138d^2 + 0,2878d - 2,1780$	0,99	75	Рисунок Г.3, г
0,75	$D = 0,0535d^2 - 0,6801d + 1,2263$	0,98	68	Рисунок Г.3, д
0,85	$D = 0,0127d^2 + 0,0803d - 1,9174$	0,99	117	Рисунок Г.3, е
1,25	$D = 0,0193d^2 - 0,4460d + 2,5037$	0,99	57	Рисунок Г.3, ж
1,5	$D = 0,0113d^2 + 0,0290d - 0,6373$	0,99	82	Рисунок Г.3, з
1,7	$D = 0,0148d^2 - 0,4508d + 2,9264$	0,97	74	Рисунок Г.4, а
2,5	$D = 0,0024d^2 - 0,1471d + 1,6715$	0,97	24	Рисунок Г.4, б

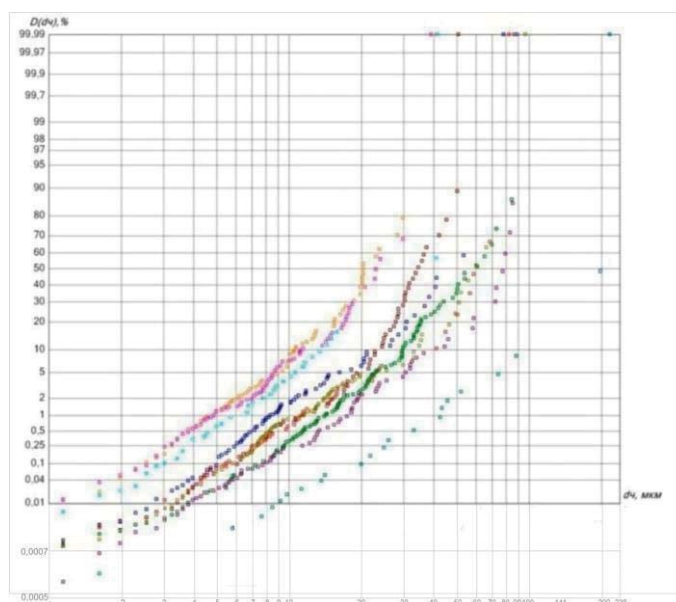


Рисунок 2.11 – Интегральные функции распределения частиц песка по эквивалентным диаметрам при разной влажности

Интегральные функции распределения объема частиц глины по эквивалентным диаметрам приведены на рисунке Г.5, Г.6 (приложение Г), функции прохода показаны на рисунке 2.12, результаты аппроксимации экспериментальных данных представлены в таблице 2.5. Для глины при малой влажности (от 0,25 до 0,5 %) закон Колмогорова выполняется для частиц с размерами от 2,5 до 10 мкм, при большей влажности (от 1 до 3 %) – с размерами от 2 до 20 мкм.

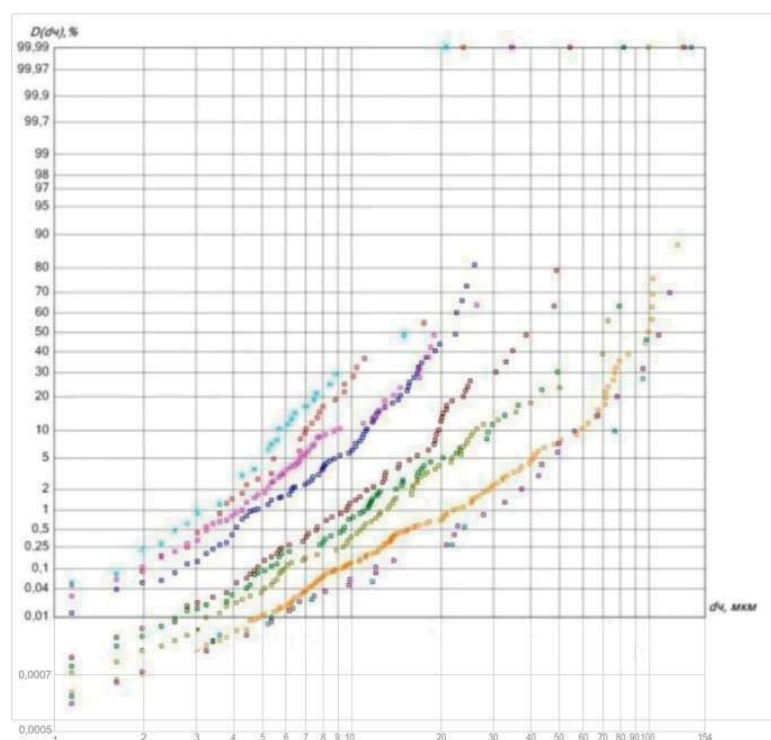


Рисунок 2.12 – Интегральные функции распределения частиц глины по эквивалентным диаметрам при разной влажности

Т а б л и ц а 2.5 – Регрессионные зависимости для глины

Влажность глины, %	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Объем выборки	График
0,25	$D = 0,1501d^2 + 1,7778d - 4,8083$	0,99	24	Рисунок Г.5, а
0,5	$D = 0,0574d^2 + 1,0635d - 4,2019$	0,99	53	Рисунок Г.5, б
0,6	$D = 0,0872d^2 + 0,5108d - 4,2307$	0,98	72	Рисунок Г.5, в
1	$D = 0,0327d^2 - 0,0064d - 1,0863$	0,99	64	Рисунок Г.5, г
1,25	$D = 0,0092d^2 + 0,0503d - 0,5222$	0,99	73	Рисунок Г.5, д
1,5	$D = 0,0129d^2 - 0,0389d + 0,0059$	0,98	60	Рисунок Г.5, е
2,25	$D = 0,0078d^2 - 0,2572d + 1,7715$	0,99	133	Рисунок Г.6, а
2,5	$D = 0,0076d^2 - 0,3278d + 2,1735$	0,99	35	Рисунок Г.6, б
3	$D = 0,008d^2 - 0,4608d + 2,3557$	0,98	17	Рисунок Г.6, в

На основе полученных для пыли песка и глины уравнений регрессии определены понижающие коэффициенты $k(\delta, \varphi)$ (таблица 2.6), позволяющих корректировать интегральную функцию распределения при влажности материала, отличной от 0,25 %, по выражению

$$D(\delta, \varphi) = k(\delta, \varphi)D(\delta, 0,25) \quad (2.31)$$

Таким образом:

Т а б л и ц а 2.6 - Понижающие коэффициенты для корректировки интегральной функции распределения при разной влажности материала (на примере песка и глины)

$d_{\text{ц}}, \text{ мкм}$	Коэффициенты перехода при влажности песка $\varphi, \%$				Коэффициенты перехода при влажности глины $\varphi, \%$			
	0,5	1	1,5	2,5	0,5	1	1,5	2,5
2,5	0,121	0,015	0,010	0,010	0,424	0,029	0,023	0,0015
5	0,148	0,115	0,041	0,002	0,3702	0,031	0,019	0,001
8	0,48	0,223	0,055	0,003	0,411	0,032	0,016	0,0015
10	0,438	0,2	0,074	0,0035	0,359	0,042	0,025	0,0018
20	0,219	0,184	0,107	0,003	0,81	0,2	0,074	0,0038
30	0,459	0,255	0,168	0,017	0,752	0,298	0,1199	0,0092
40	0,544	0,448	0,312	0,005	0,99	0,512	0,2070	0,0282
50	0,56	0,391	0,305	0,024	1,0	0,801	0,31	0,07342

$$\text{- для песка} \quad D(\delta, \varphi) = k_{\text{п}}(\delta, \varphi) D_{\text{п}}(\delta, 0,25), \quad (2.32)$$

$$\text{- для глины} \quad D(\delta, \varphi) = k_{\text{гл}}(\delta, \varphi) D_{\text{гл}}(\delta, 0,25), \quad (2.33)$$

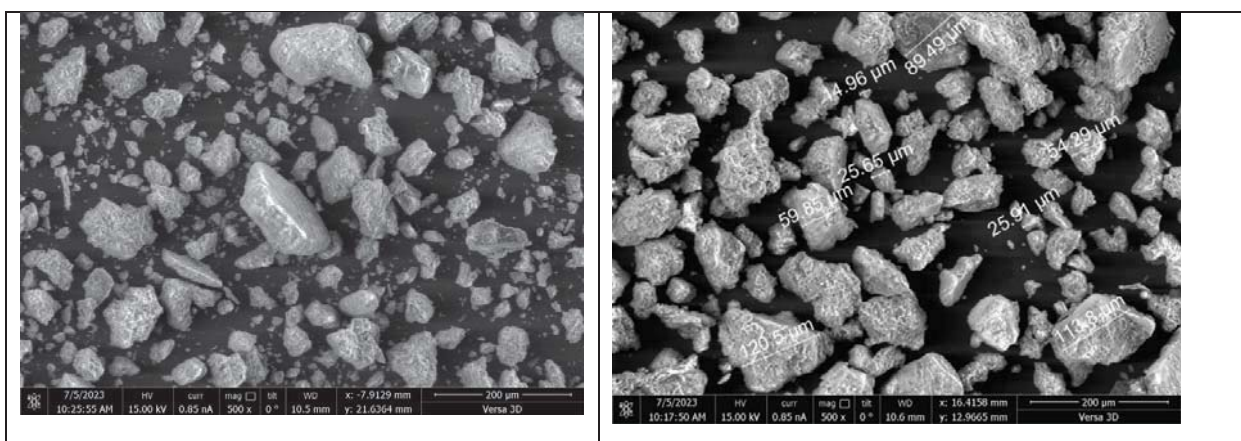
где $D_{\text{п}}$ – доля пылевых частиц песка с диаметром δ при влажности материала 0,25 %;

$D_{\text{гл}}$ - доля пылевых частиц глины с диаметром δ при влажности материала 0,25 %.

2.3 Исследование химического состава и формы частиц пыли песка и глины

Изучение формы и химического состава частиц песка и глины проводилось с помощью микроскопа *Versa 3D DualBeam*. Пробы материалов отобраны на площадке проведения ремонта подземного трубопровода по ул. им. 51-й Гвардейской Дивизии в двух точках на расстоянии 20 м друг от друга, по 10 проб в каждой точке. На рисунке 2.13 представлены микрофотографии, полученные при анализе проб песка и глины.

Данные о химическом составе образцов, полученные с помощью микро-рентгеноспектрального анализа, приведены на рисунке 2.14.

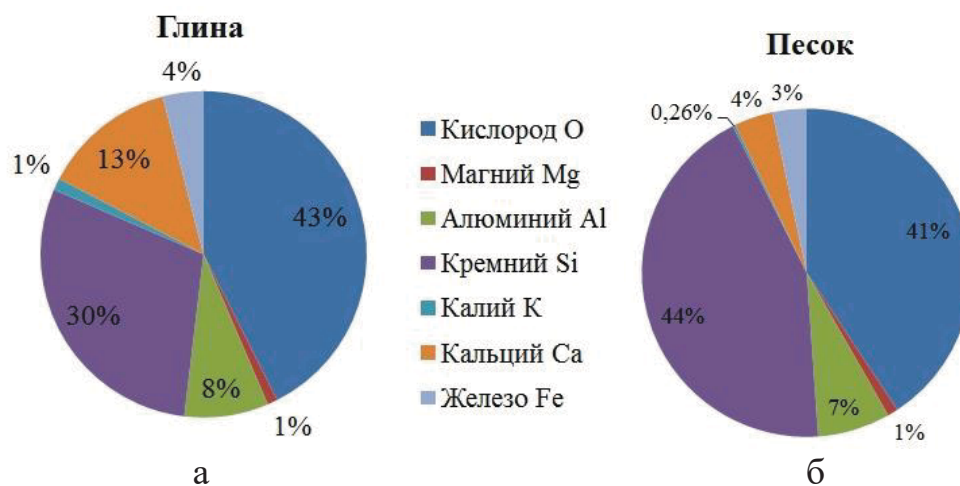


а

б

Рисунок 2.13 – Микрофотографии частиц, полученные при анализе проб:

а – песка; б - глины



а

б

Рисунок 2.14 – Результаты анализа химического состава образцов:

а – песка; б - глины

Очевидно, что частицы обоих материалов имеют сложную неправильную форму. При этом частицы песка не имеют каверн, их поверхность более гладкая.

При исследованиях выявлено наличие металлических включений в составе образцов грунта, что наглядно показывает наличие окалины, металлических частиц, образующихся при обработке металла и при сварочных работах.

2.4 Исследования для оценки аэродинамических характеристик пыли

Для оценки закономерностей распространения частиц пыли грунта, образующихся при земляных работах, на примере глины и песка проведены исследования по оценке аэродинамических характеристик, таких как сдуваемость и скорость оседания, в связи с несферической формой частиц и невозможностью применения формулы Стокса.

Исследования по оценке сдуваемости проведены в аэродинамической трубе (рисунок 2.15).

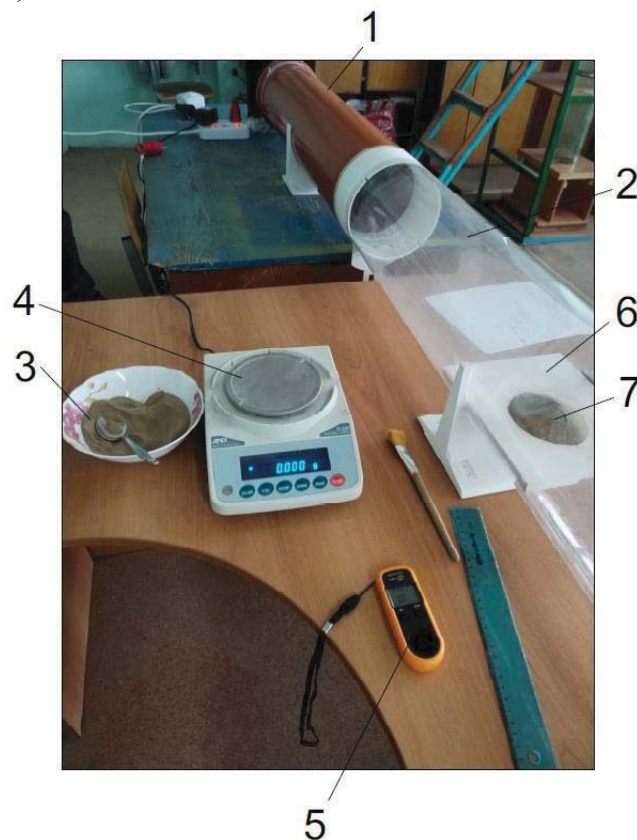


Рисунок 2.15 – Общий вид аэродинамической трубы для экспериментальной оценки сдуваемости пыли.

1 – непрозрачная часть аэродинамической трубы; 2 – прозрачная часть аэродинамической трубы; 3 – образец глины; 4 – весы ANDDL-300;

5 – анемометр; 6 – пластиковая пластина; 7 – навеска исследуемого грунта

Результаты исследований в виде графических зависимостей показаны на рисунке 2.16 – 2.21.

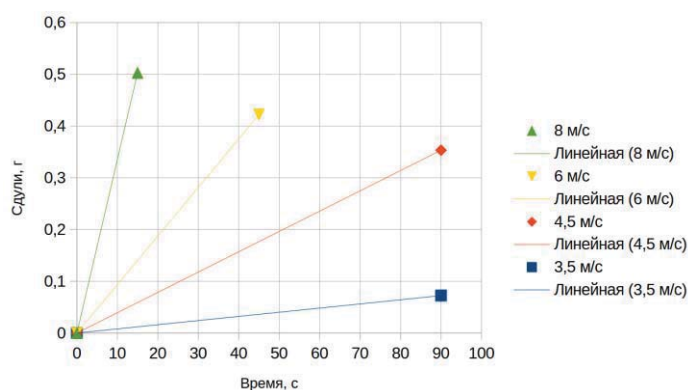


Рисунок 2.16 – Изменение массы сдуваемой пыли глины в зависимости от времени и скорости воздушного потока

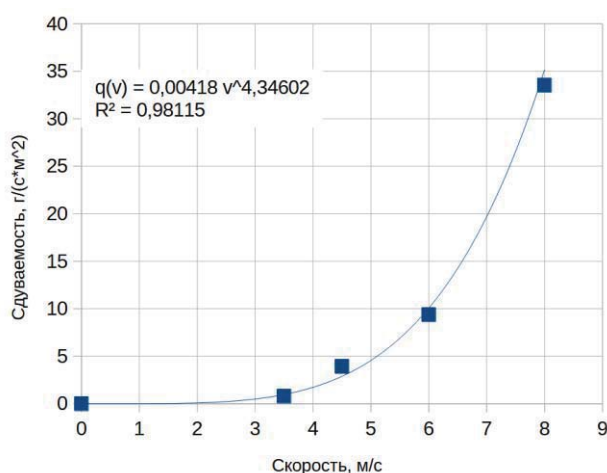


Рисунок 2.17 – Зависимость удельной сдуваемости пыли глины от скорости воздушного потока

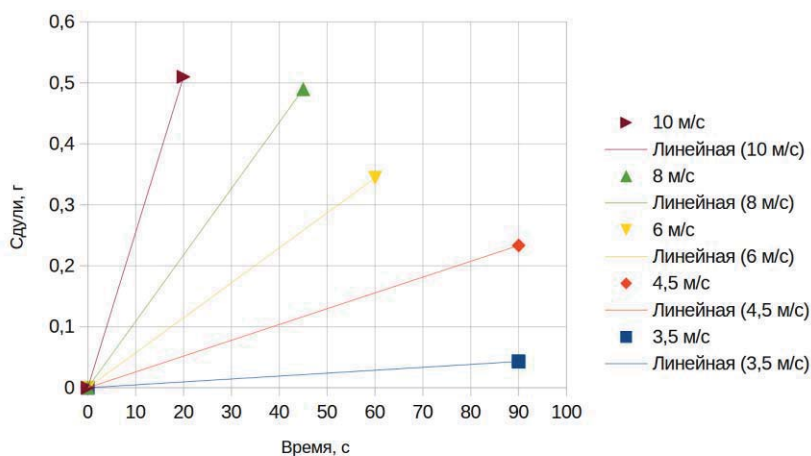


Рисунок 2.18 – Изменение массы сдуваемой пыли карьерного песка в зависимости от времени и скорости воздушного потока

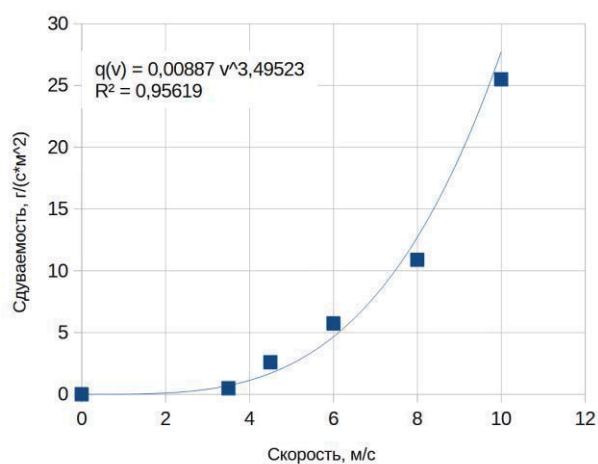


Рисунок 2.19 – Зависимость удельной сдвигаемости пыли карьерного песка от скорости воздушного потока

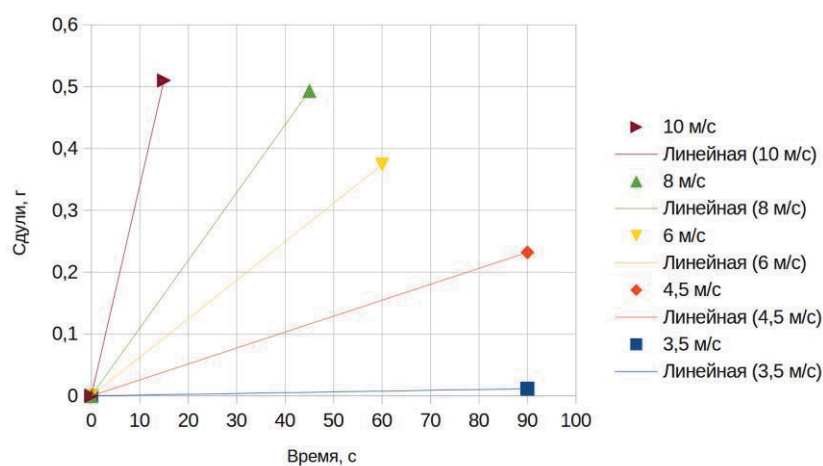


Рисунок 2.20 – Изменение массы сдвигаемой пыли речного песка в зависимости от времени и скорости воздушного потока

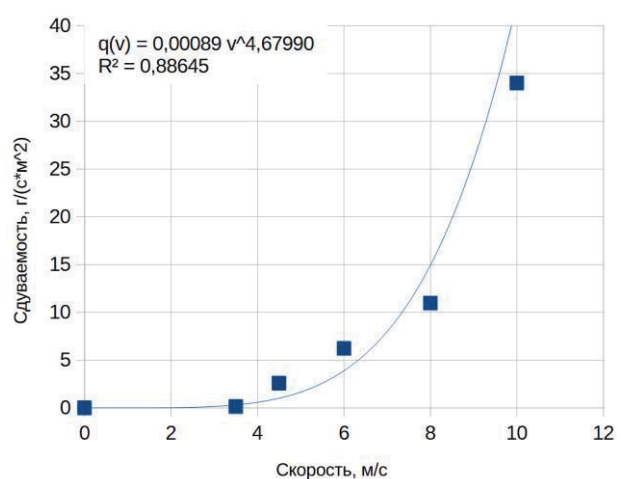
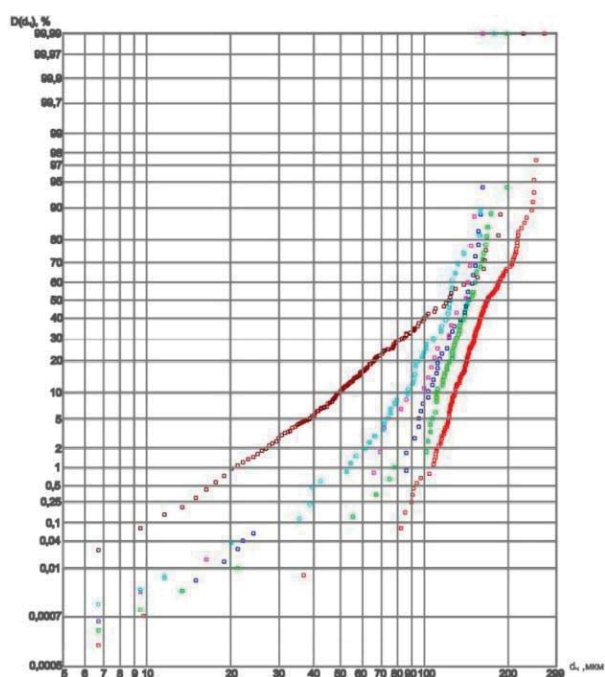
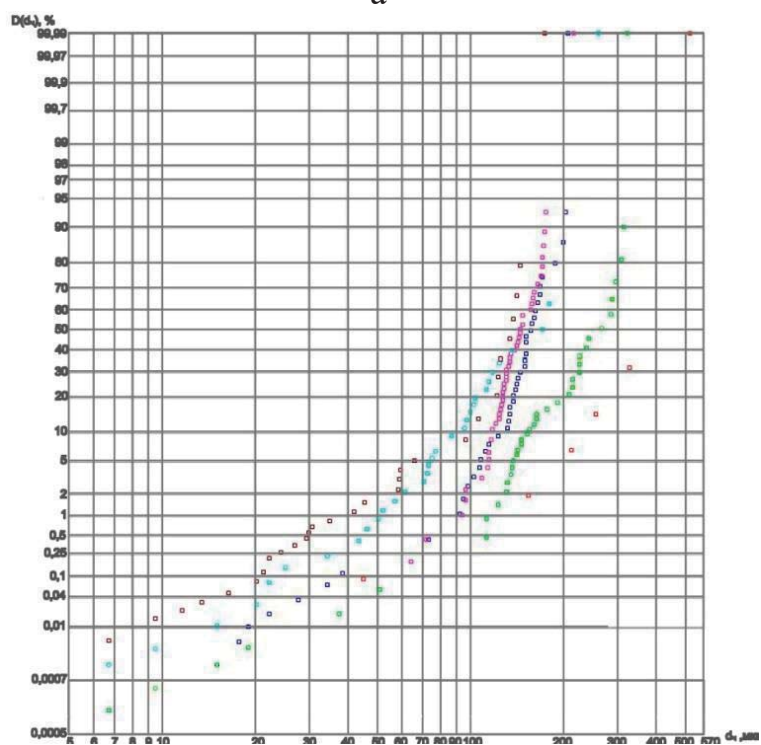


Рисунок 2.21 – Зависимость удельной сдвигаемости пыли речного песка от скорости воздушного потока



а



б

Рисунок 2.22 - Функции прохода пылевых частиц при диапазонах скорости оседания v :

а – для глины; б – для песка.

- - $v \geq 5$ см/с; ■ - $2,5 \leq v < 5$ см/с; ■ - $1,67 \leq v < 2,5$ см/с;
■ - $1,25 \leq v < 1,67$ см/с; ■ - $1 \leq v < 1,25$ см/с; ■ - $0,5 \leq v < 1$ см/с

На рисунке 2.22 показаны функции прохода частиц пыли глины и песка для различных диапазонов скорости оседания.

2.5 Выводы по главе 2

1 Исследования дисперсного состава пыли, отобранной в атмосферном воздухе на строительной площадке при земляных работах, показали, что интегральные функции распределения объемов частиц пыли по эквивалентным диаметрам находятся в узком диапазоне, где верхняя и нижняя огибающие ограничены усеченными логарифмически нормальным законом.

2 Установлено, что функция прохода частиц пыли песка, суглинка, глины может быть аппроксимирована пятизвенным сплайном гипербола – парабола – прямая – парабола - гипербола.

3 Разработана программа для построения на основе результатов измерений функций прохода частиц пыли, непрерывно дифференцируемых функций распределения объемов частиц пыли по диаметрам с использованием пятизвенного сплайна.

4 Показано, что при работе одноковшового экскаватора в выбросах в атмосферный воздух фракция мелкодисперсных частиц грунта от 2 до 7 мкм при влажности грунта до 0,5 % в вероятностно-логарифмической сетке характеризуется линейной зависимостью, то есть выполняется закон Колмогорова А.Н. Для песка при влажности 2,5 % верхний предел линейности увеличивается до 15 мкм, для глины при влажности 3% – до 20 мкм.

5 На основании результатов экспериментальных исследований влияния влажности грунта на дисперсный состав пыли на примере глины и песка получены уравнения интегральных функций распределения частиц по эквивалентным диаметрам, и показано, что при изменении влажности глины в диапазоне от 0,25 до 2,5 % доля $PM_{2,5}$ изменяется на 0,49 %, доля PM_{10} - на 33,96 %. При влажности песка в пределах от 0,25 до 3 %, доля $PM_{2,5}$ изменяется на 0,49 %, доля PM_{10} - на 31,95 %.

6 По результатам исследования дисперсного состава и экспериментальной оценки сдуваемости пыли выявлено, что при влажности грунта более 2,5 % выбросы пыли PM10 и PM2,5 от поверхности отвала можно не учитывать.

7 Результаты микрорентгеноспектрального анализа показали, что в пробах песка и глины, отобранных в месте расположения ремонтируемого участка трубопровода, содержатся железо, алюминий, кремний и кальций, из которых два последних составляют большую часть.

ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ В ГОРОДСКОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ПРИ РАБОТЕ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

3.1 Результаты натурных исследований по оценке запыленности воздушной среды при работе одноковшового экскаватора

Для оценки влияния работы одноковшового экскаватора на качество воздушной среды были проведены натурные измерения в разных районах г. Волгограда [86]. Задачей исследований было определение параметров виртуальных источников и проверки закономерностей рассеивания. Так в декабре 2024 г. были выполнены измерения концентрации взвешенных веществ в условиях строительной площадки на ул. Пржевальского в Краснооктябрьском районе (рисунок 3.1).

Измерения выполнены при участии аккредитованных лабораторий (приложение А). Отбор проб выполнен по правилам [71], [87].

Метеорологические условия при измерениях: температура воздуха минус 7 °С; скорость ветра – 6 м/с; относительная влажность воздуха – 58 % (приложение А).

Использованные приборы (приложение А):

- прибор ПА-300М-2 (отбор проб атмосферного воздуха) (рисунок 3.2);
- метеорологическая станция М – 49;
- весы лабораторные второго класса *BUP* – 200.

Объем ковша экскаватора 0,16 м³. Продолжительность цикла работы рабочего органа экскаватора составляла 15 секунд, т.е. в 1 минуту осуществлялось 4 выгрузки (броска) грунта из ковша. Отбор проб на фильтры АФА для каждого режима работы одноковшового экскаватора осуществлялся в течение 30 минут в соответствии с [87].



а



б



в



г

Рисунок 3.1 – Фотографии работы одноковшового экскаватора:
 а – выгрузка грунта из ковша: б – момент завершения выгрузки грунта
 из ковша: в – высыпание грунта из ковша при переносе последнего
 в наполненном состоянии; г – пыление после завершения выгрузки
 грунта из ковша



а



б

Рисунок 3.2 - Размещение оборудования для отбора проб атмосферного
 воздуха:

а - прибор ПА-300М-2 на расстоянии 5 м от места выгрузки грунта;
 б - фильтр АФА, установленный на трубке прибора ПА-300М-2

В таблице 3.1 для примера приведены некоторые результаты измерений концентрации пыли в атмосферном воздухе при разных высоте выгрузки грунта и расстоянии от прибора для отбора проб до точки броска [88].

Т а б л и ц а 3.1 – Результаты измерений концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе при работе одноковшового экскаватора в зимнее время

Место отбора проб	Высота выгрузки грунта, м	Расстояние от прибора до точки броска, м	Концентрация, мг/м ³
По направлению ветра			
Подветренная сторона	2	5	2,6
	4	5	4,1
	2	7,5	0,39
	4	7,5	1,9
Под углом 90 градусов к направлению ветра			
Со стороны, противоположной выемке	2	5	2,2
	4	5	4,5
Со стороны выемки	2	5	4,3
	4	5	6,1

Аналогичные замеры запыленности в летний период осуществлялись при разработке траншеи на строительной площадке по ул. Картоева в Дзержинском районе г. Волгограда.

Для отбора проб оседающей земляной пыли на поверхности земли были установлены пластиковые панели (рисунок 3.3) вдоль (точки № 1, № 2) (рисунок 3.4, а) и перпендикулярно (точки № 3, № 4) (рисунок 3.4, б) траектории движения одноковшового экскаватора. Для исключения их перемещения от действия ветра они были закреплены шпильками. Расстояние между точками отбора проб в парах (т.е. между точкой № 1 и точкой № 2, между точкой № 3 и точкой № 4) – 10 м.

Отбор проб и их обработка выполнялись в соответствии с [79], [80], [87]. Условия отбора проб: температура воздуха плюс 25 °С; относительная влажность 19 %. Интервал между замерах 6 секунд.

При проведении исследований особое внимание уделялось



а



б



в

Рисунок 3.3 – Пластиковая панель для отбора проб оседающей пыли:
 а – общий вид; б – размещение панели при выгрузке грунта из ковша;
 в – отбор пробы пыли, осевшей в точке № 1 после 10 минут работы
 экскаватора, в контейнер для последующего лабораторного анализа



а



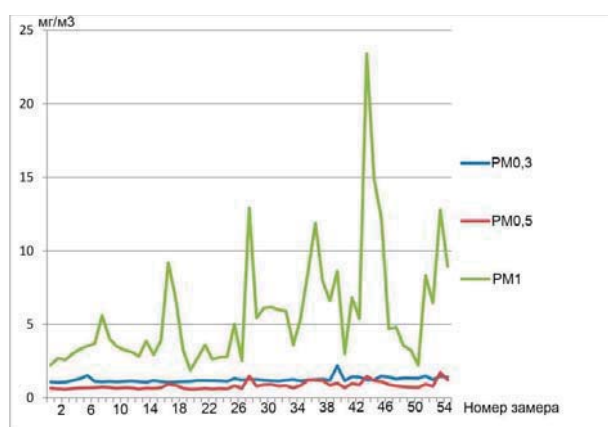
б

Рисунок 3.4 – Расположение точек отбора проб:

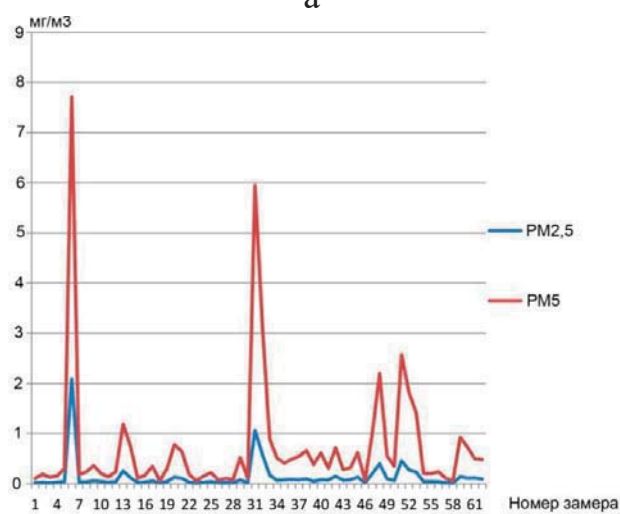
а – точки № 1, № 2; б – точки № 3, № 4

концентрации мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе при работе одноковшового экскаватора. Результаты измерений приведены на рисунке 3.5 - 3.7.

При выполнении натурных исследований по оценке пылевыведений и



а



б

Рисунок 3.5 – Изменение концентрации мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе при работе одноковшового экскаватора:

а - $PM_{0,3}$, $PM_{0,5}$, PM_1 ; б - $PM_{2,5}$, PM_5

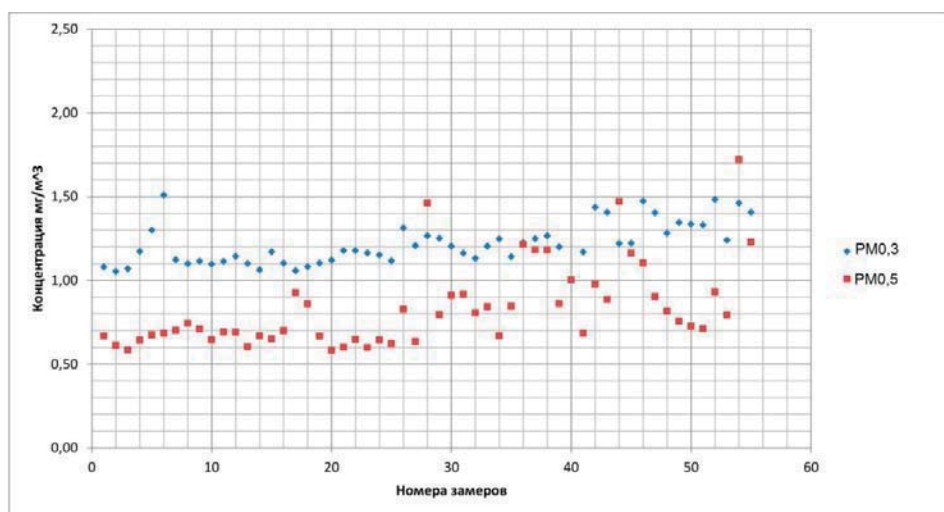


Рисунок 3.6 – Изменение концентрации мелкодисперсной пыли в атмосферном воздухе при вскрытии траншеи

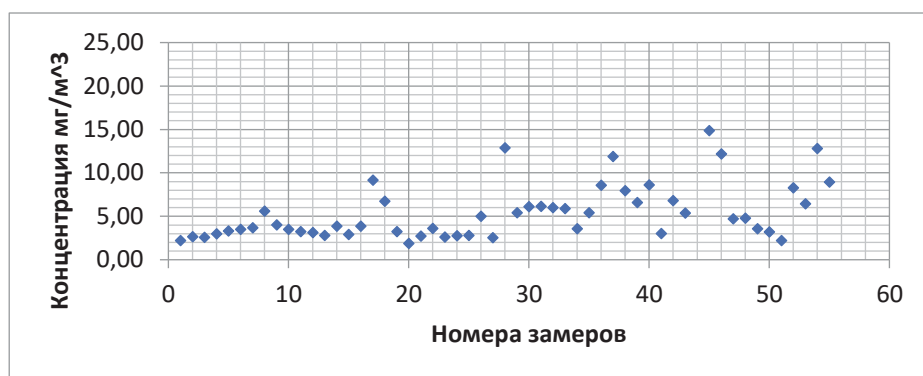


Рисунок 3.7 – Изменение концентрации частиц PM_1 в атмосферном воздухе при вскрытии траншеи

рассеивания пыли в атмосферном воздухе вблизи одноковшового экскаватора в период его работы точки отбора проб выбраны по схеме, показанной на рисунке 3.8. Характеристики точек показаны в таблице 3.2.

Т а б л и ц а 3.2 – Перечень точек отбора проб аккредитованной лаборатории (рисунок 3.8)

Номер точки	Расстояние от работающего экскаватора до точки отбора проб, м	Высота отбора проб, м
Подветренная сторона		
1	3,0	0,75
2	3,0	1,5
3	3,0	2,25
4	7,5	1,5
5	15,0	1,5
6	30,0	1,5
Боковая сторона (боковая огибающая поверхности виртуального источника)		
7	3,0	1,5
Боковая сторона (противоположная боковая огибающая поверхности виртуального источника)		
8	3,0	1,5

Результаты измерений концентраций (таблица 3.3) показали, что на расстоянии 3 м от точки броска доля мелкодисперсной пыли возрастает по высоте отбора пробы (высоте поверхности виртуального источника) (рисунок 3.10).

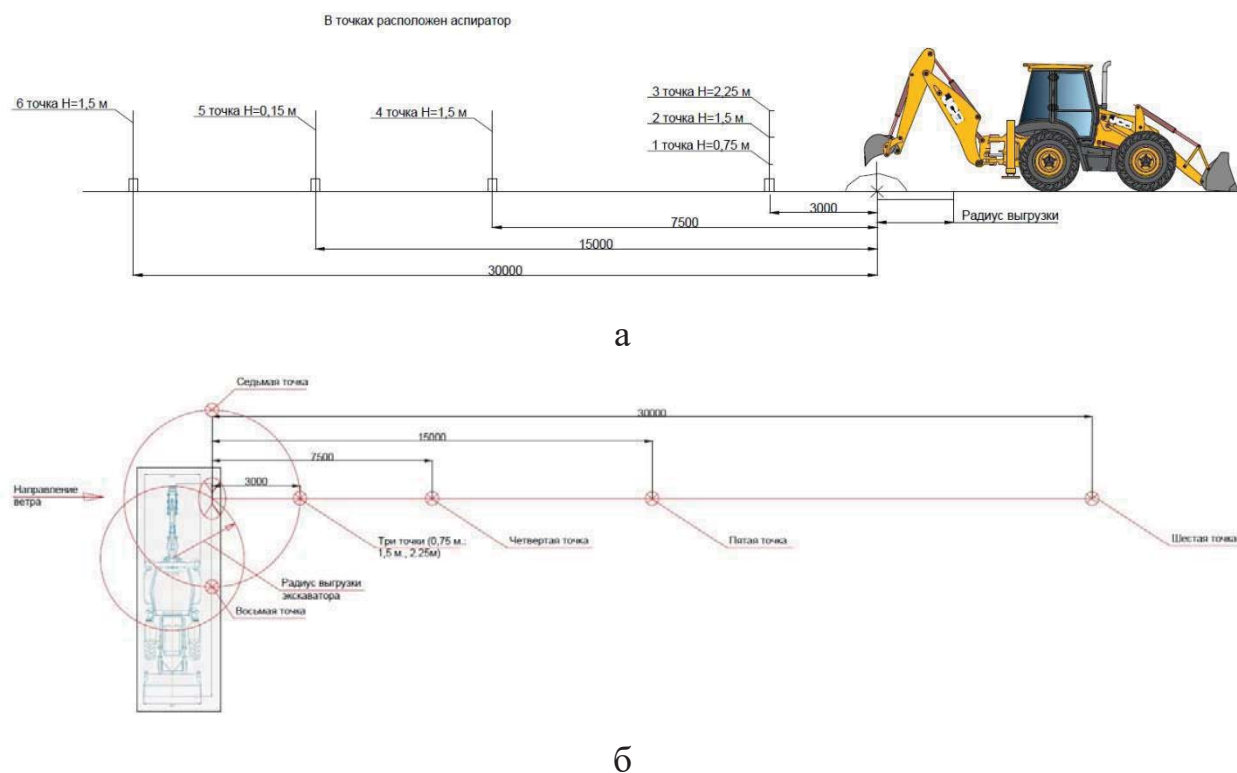


Рисунок 3.8 – План-схема расположения точек отбора проб:

а – параллельно направлению ветра (подветренная сторона);

б – вид сверху

Т а б л и ц а 3.3 - Результаты измерений концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе при работе одноковшового экскаватора в летнее время

Место отбора проб	Номер точки	Высота выгрузки грунта, м	Расстояние от прибора до точки броска, м	Высота размещения аспиратора, м	Концентрация, мг/м ³
По направлению ветра					
Подветренная сторона	№ 1	2	3	0,75	10,0
	№ 2			1,5	7,61
	№ 3			2,25	3,7
	№ 4		7,5	1,5	4,5
	№ 5		15		3,0
	№ 6		30		0,571
Под углом 90 градусов к направлению ветра					
Со стороны, противоположной выемке	№ 7	2	3	1,5	9,7
Со стороны выемки	№ 8	2	3	1,5	3,7



а



б



в

Рисунок 3.9 – Фотографии положения точек отбора проб на строительной площадке по ул. Пржевальского (г. Волгоград)

Следует отметить, что диапазон разброса (расстояния между верхней и нижней огибающей) (рисунок 3.10) функции прохода пыли на расстоянии 3 м от точки броска в несколько раз превышает разброс на расстоянии 30 м.

3.2 Обоснование и определение конфигурации поверхности виртуального источника при работе одноковшового экскаватора

Понятие «виртуальный» источник введено в книге К. Уорка и С. Уорнера [89]. Этот термин использован, например, в [90], [91], где трактуется как «точечный источник, положение которого смещено относительно реального источника в подветренную сторону». В настоящее время этот термин используется и в расчетных методах [22] и подразумевает группу точечных

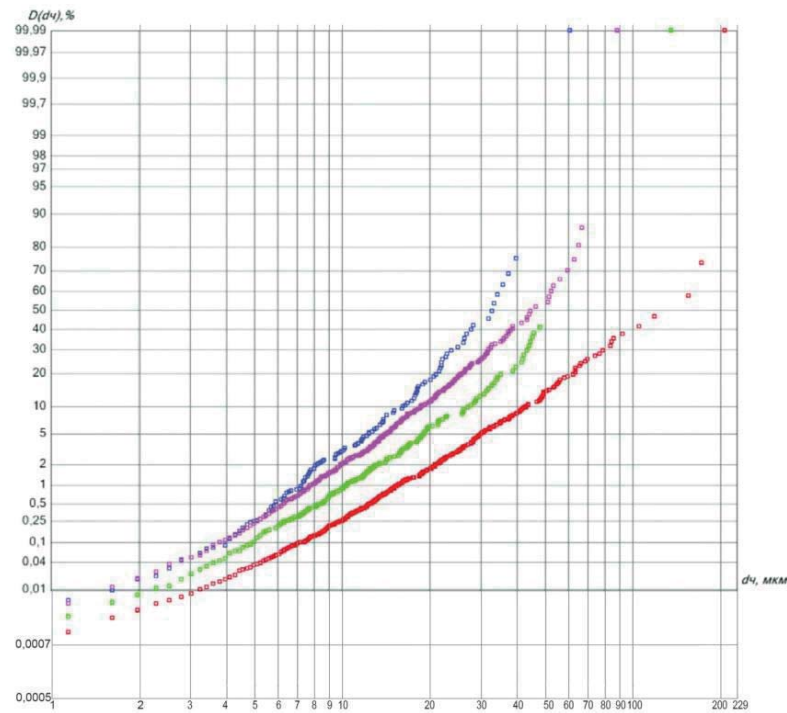


Рисунок 3.10 – Интегральные функции прохода частиц пыли суглинка на расстоянии от точки выгрузки грунта из ковша в летнее время

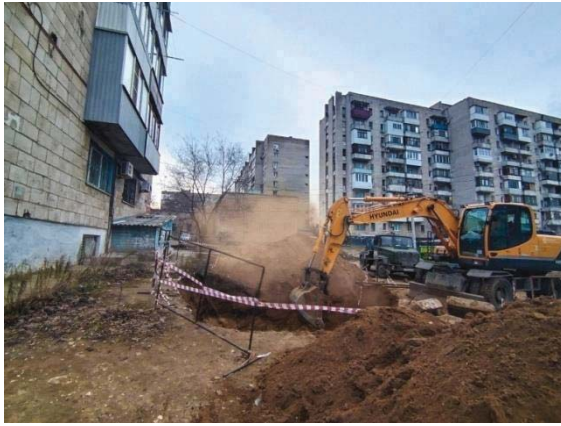
■ - 3 м; ■ - 7,5 м; ■ - 15 м; ■ - 30 м

источников, объединяемых в соответствии с установленными в [22] «. . . критериями близости . . .».

Рассмотрим в этом аспекте работу одноковшового экскаватора. Как показано в первой главе, рабочий цикл экскаватора состоит из шести технологических операций, пять из которых сопровождаются выделениями пыли. В целом продолжительность рабочего цикла экскаватора по времени можно разделить на три этапа, каждому из которых будет соответствовать своя «виртуальная» поверхность пылевыведения.

Первый этап (рисунок 3.11, а) включает резание грунта и наполнение ковша, по продолжительности составляет в среднем 8 секунд [2]. Этому этапу соответствует «виртуальная поверхность наполнения ковша» [88].

Второй этап - «виртуальная поверхность перемещения ковша» соответствует перемещению наполненного ковша и возврат опорожненного (рисунок 3.11, б, в).



а



б



в

Рисунок 3.11 - Фотографии с участка проведения работ во дворе по ул. им.51-ой Гвардейской Дивизии в Дзержинском районе (г. Волгоград):

а – пыление при разработке грунта (вид сбоку);

б – пыление при выгрузке грунта;

в – пыление при перемещении ковша в обратную сторону к месту наполнения ковша

Третий этап - «виртуальная поверхность выгрузки грунта» относится к опрокидыванию ковша и высыпанию грунта в отвал [88].

По результатам измерений в натурных условиях и визуальных наблюдений установлено, что пыление на каждом из перечисленных этапов можно рассматривать как объемный источник, т.е. «источник, формирующийся из

выбросов загрязняющих веществ в виде локального пространственного образования с выраженной границей» [90]. Согласно [90] «объемный источник моделируется в виде цилиндра. . .».

По данным натурных исследований имеем, что при вместимости ковша от 0,15 до 2 м³ за «виртуальную поверхность наполнения ковша» наиболее целесообразно принять сегмент виртуальной поверхности, ограниченный поверхностью полуцилиндра [88]. При этом для ковшей с емкостью от 0,15 до 0,8 м³ радиус поверхности виртуального источника будет равен сумме оптимального радиуса копания плюс 3 м, для ковшей с вместимостью от 0,8 до 2 м³ – равен сумме оптимального радиуса копания плюс 4 м [88].

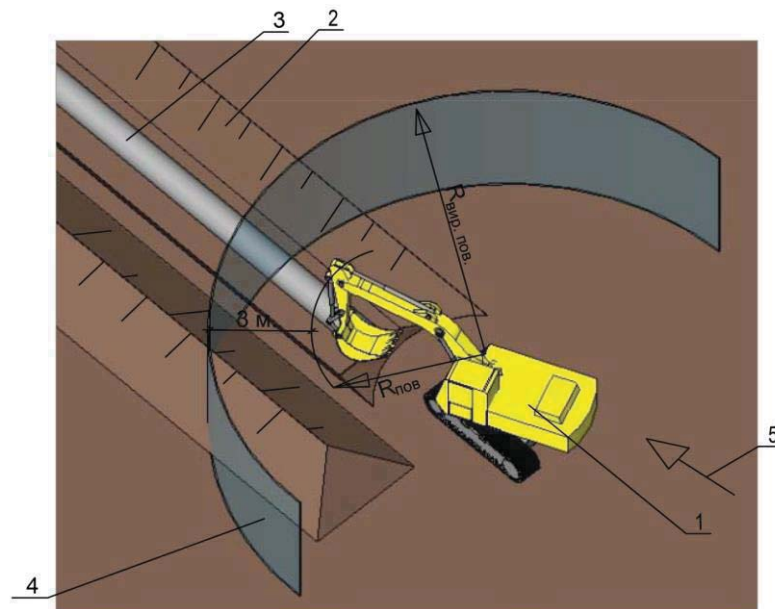


Рисунок 3.12 – Поверхность виртуального источника при переносе ковша в наполненном/пустом состоянии.

1 – одноковшовый экскаватор; 2 – траншея; 3 – трубопровод;
4 - поверхность виртуального источника, образующаяся при технологической операции переноса ковша; 5 – направление ветра;
 $R_{\text{вирт.пов.}}$ – радиус поверхности виртуального источника; $R_{\text{пов.}}$ – радиус поворота ковша в наполненном/пустом состоянии; R_0 – оптимальный радиус копания [2]; R_{max} – максимальный радиус копания; $R_{\text{выгр.}}$ – радиус выгрузки ковша

При переносе наполненного ковша образуется поверхность, которая показана на рисунке 3.12. Радиус выгрузки грунта, оптимальный радиус и радиус поворота ковша экскаватора принимается в зависимости от технических характеристик экскаватора [2], [88] плюс 3 - 4 м для учета возникающего взмета частиц. Поэтому виртуальные источники предлагается располагать на подветренной половине цилиндрической поверхности с радиусом 3 м с центром в точке выгрузки.

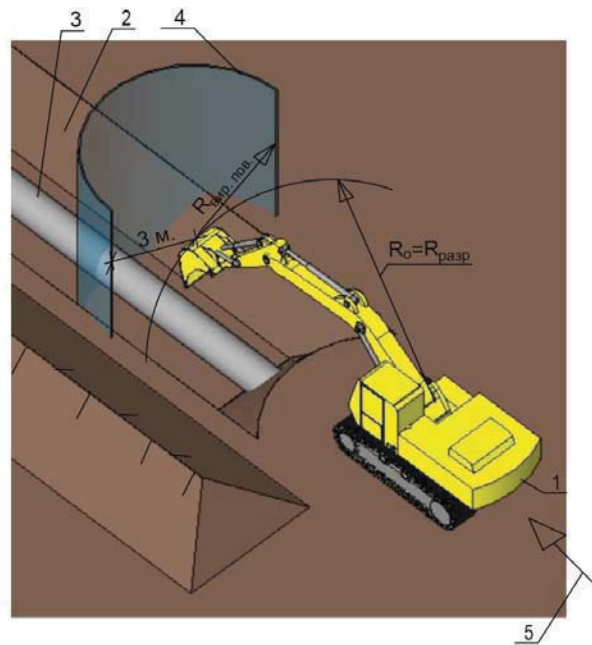
При резании грунта поверхность виртуального источника будет зависеть от оптимального радиуса копания (R_0) [2]. При этом в зависимости от направления ветра поверхность виртуального источника изменяет свое пространственное положение.

На рисунке 3.13 показаны результирующие виртуальные поверхности, образующиеся при работе одноковшового экскаватора, при вскрытии траншеи для ремонта подземных инженерных коммуникаций.

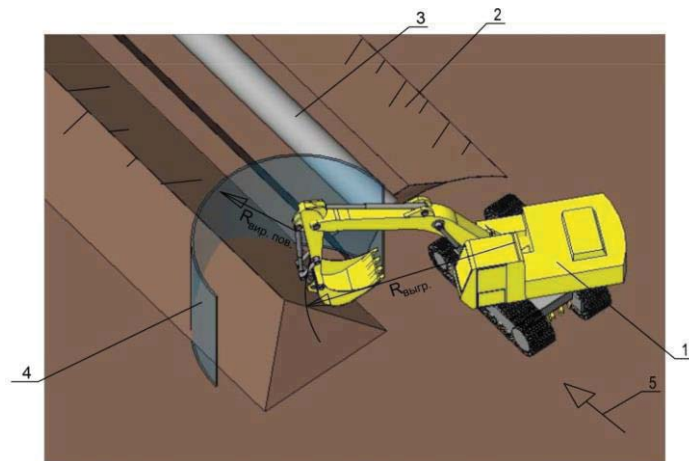
В качестве примера на рисунке 3.14, 3.15 показаны некоторые варианты расположения поверхности виртуального источника при работе экскаватора при направлении ветра под углом 45 градусов по отношению к направлению движения гусениц экскаватора.

3.3 Исследование параметров процесса пылевыведения через поверхность виртуального источника

Для определения закономерностей пылевыведения с виртуальной поверхности и реальных значений концентрации пыли в условиях строительной площадки в Краснооктябрьском и Ворошиловском районах г. Волгограда при разных режимах работы автором были проведены натурные исследования с участием аккредитованных лабораторий. При измерениях использовался прибор для отбора проб воздуха ПА-300М-2 и фильтры АФА.



а



б

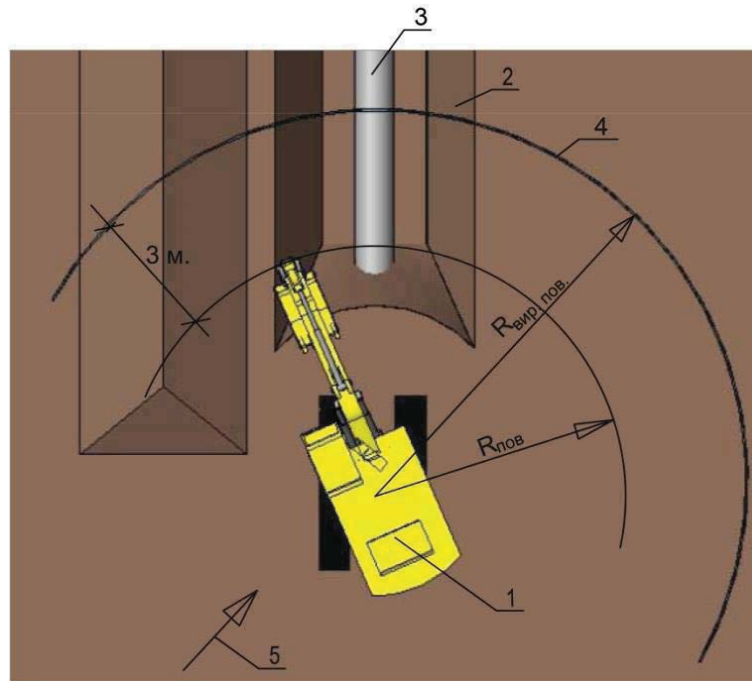
Рисунок 3.13 – Поверхности виртуального источника при работе одноковшового экскаватора:

а - поверхность виртуального источника, образующаяся при резании грунта; б – поверхность виртуального источника, образующаяся при выгрузке грунта из ковша в отвал.

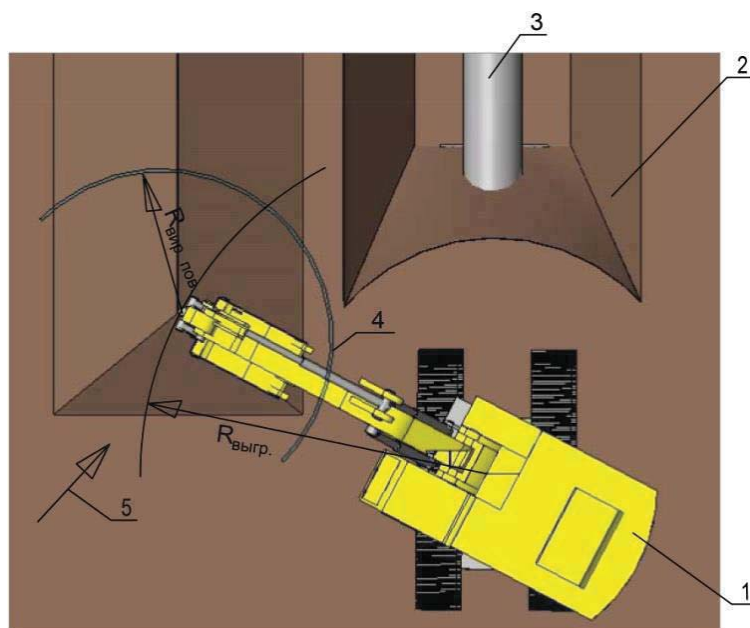
1 – одноковшовый экскаватор; 2 - траншея; 3 – трубопровод;

4 - поверхность виртуального источника; 5 – направление ветра

Условия отбора проб: а) в летний период: температура воздуха – от плюс 27 до плюс 29 °С, скорость ветра – от 0,5 до 4 м/с; б) в сухую зимнюю погоду: температура воздуха – минус 9 °С, скорость ветра – от 5 до 9 м/с.



а



б

Рисунок 3.14 – Поверхности виртуального источника при работе одноковшового экскаватора при направлении ветра под углом 45 градусов по отношению к направлению движения гусениц экскаватора:

а - поверхность виртуального источника, образующаяся при переносе ковша в наполненном/пустом состоянии; б – поверхность виртуального источника, образующаяся при выгрузке грунта из ковша в отвал.

1 – одноковшовый экскаватор; 2 - траншея; 3 – трубопровод;
4 - поверхность виртуального источника; 5 – направление ветра

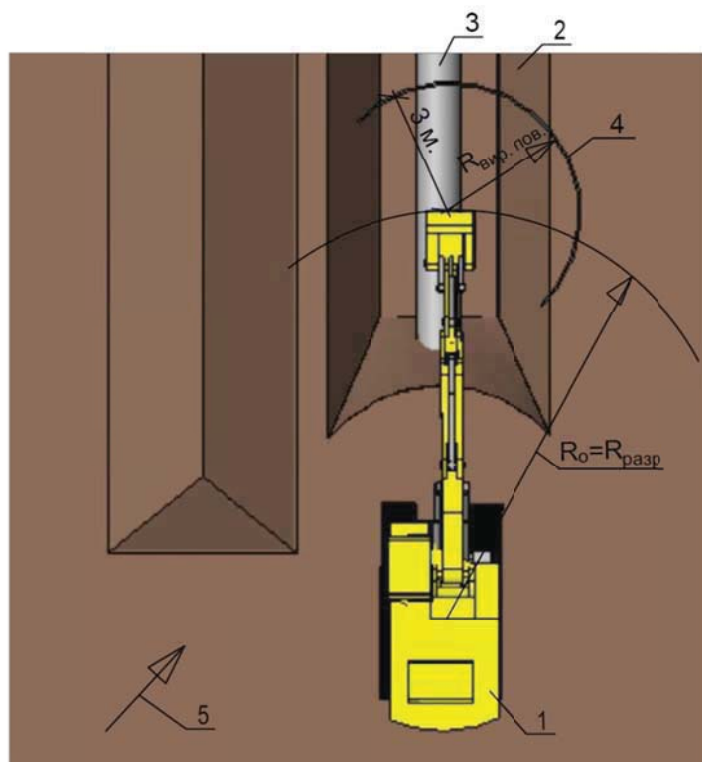


Рисунок 3.15 – Поверхность виртуального источника, образующаяся при резании грунта при направлении ветра под углом 45 градусов по отношению к направлению движения гусениц экскаватора.

1 – одноковшовый экскаватор; 2 - траншея; 3 – трубопровод;
4 - поверхность виртуального источника; 5 – направление ветра

Объем ковша $0,16 \text{ м}^3$. Отбор проб атмосферного воздуха осуществлялся в соответствии с требованиями [87] на разной высоте – 0,75 м, 1,5 м, 2,25 м, 3 м – по 6 проб на каждом уровне. Интервал цикла работы рабочего органа экскаватора - 15 секунд, т.е. в 1 минуту осуществлялось 4 выгрузки (броска) грунта из ковша.

Результаты исследований показали, что на каждом из четырех уровней отклонения значений концентраций пыли в шести точках не превышали 20% от среднего значения по высоте, т. е. в пределах точности измерений. Анализ распределения значений концентраций по радиусу виртуальной поверхности показал, что эти значения можно считать постоянными для каждой из высот.

Поэтому можно считать, что концентрация на виртуальной поверхности является функцией только высоты расположения точки - $C(h)$.

Так, при выгрузке грунта из ковша (броска) для одноковшовых экскаваторов с большим ковшом (например, вместимостью 1 м^3) функцию $C(h)$ (рисунок 3.16, а) можно представить в виде формулы (3.1)

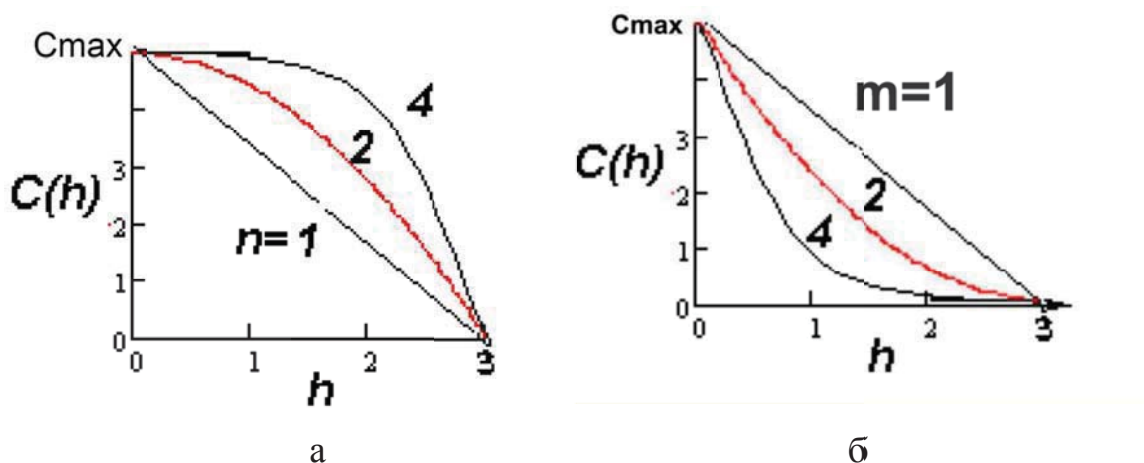


Рисунок 3.16 – Зависимость концентрации пыли от высоты точки:

а – для ковшей большой вместимости; б – для малых ковшей

$$C(h) = C_{max} \left[1 - \left(\frac{h}{H} \right)^{2n} \right] \quad (3.1)$$

где n – коэффициент, определяемый экспериментально;

R, H – соответственно радиус и высота поверхности виртуального источника, зависящая от высоты выгрузки грунта из ковша, м;

h – высота точки на виртуальной поверхности, м.

Для одноковшовых экскаваторов с ковшами малой вместимости (например, $0,16 \text{ м}^3$) функцию $C(h)$ (рисунок 3.16, б) можно представить в виде (3.2)

$$C(h) = C_{max} \left(1 - \frac{h}{H} \right)^{2m} \quad (3.2)$$

где m – коэффициент, определяемый экспериментально.

Установлено, что для ковшей большой вместимости наилучшее приближение к (3.1) достигается при $n = 2,3$. Для малых ковшей наилучшее приближение к (3.2) достигается при $m = 1,6$. Тогда при выгрузке грунта из ковша максимальный разовый выброс как функция от высоты составит:

- для ковшей с большой емкостью

$$G = \frac{4n}{2n + 1} VRC_{max} H \quad (3.3)$$

- для малых ковшей

$$G = \frac{2}{2m + 1} VRC_{max} H \quad (3.4)$$

Также автором при участии сотрудников аккредитованной лаборатории в натурных условиях в соответствии с требованиями [87] проведены измерения массовой концентрации пыли в атмосферном воздухе при других технологических операциях – резка грунта, перенос ковша с грунтом и без. Для отбора проб атмосферного воздуха с подветренной стороны устанавливалась специальная рама с пробоотборниками, размещенными на высоте 0,75 м, 1,5 м, 2,25 м, 3 м. Обработка результатов измерений позволила построить дифференциальные функции распределения величины отношения максимальных разовых выбросов при резании грунта и переноса ковша к величине выброса при броске (рисунок 3.17).

При резке грунта и наполнении ковша $x = G_{рез}/G_{выгр}$, при переносе ковша $x = G_{перен}/G_{выгр}$,

где $G_{рез}$ – максимальный разовый выброс при резке грунта и наполнении ковша;

$G_{перен}$ – максимальный разовый выброс при переносе ковша;

$G_{выгр}$ – максимальный разовый выброс при броске.

Так как время наполнения ковша составляет не более 20 % от продолжительности цикла, максимальный разовый выброс за эти 4 – 5 секунд с высокой степенью точности описывается случайной функцией, среднее

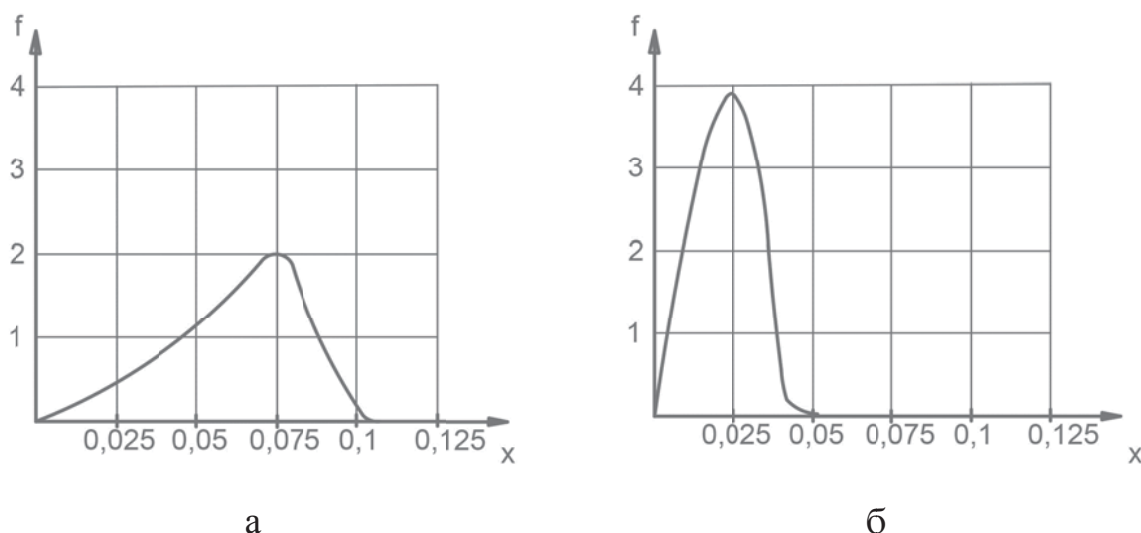


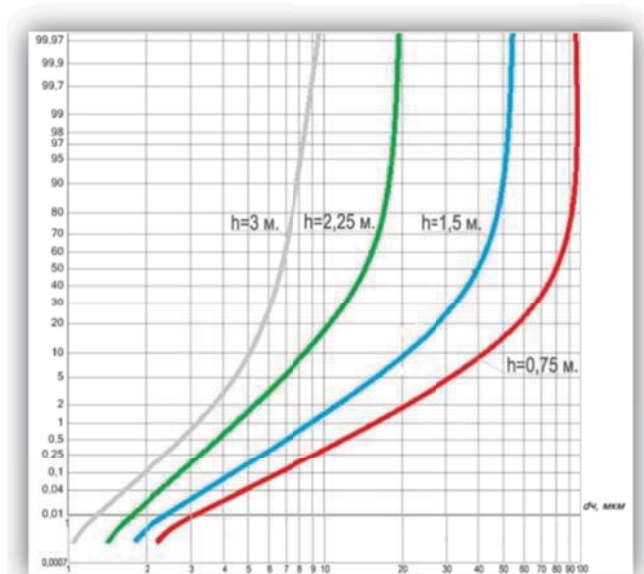
Рисунок 3.17 - Дифференциальные функции распределения величины отношения выброса при операциях а) и б) к выбросу при выгрузке грунта из ковша:

а – при переносе ковша; б – при резке грунта и наполнении ковша

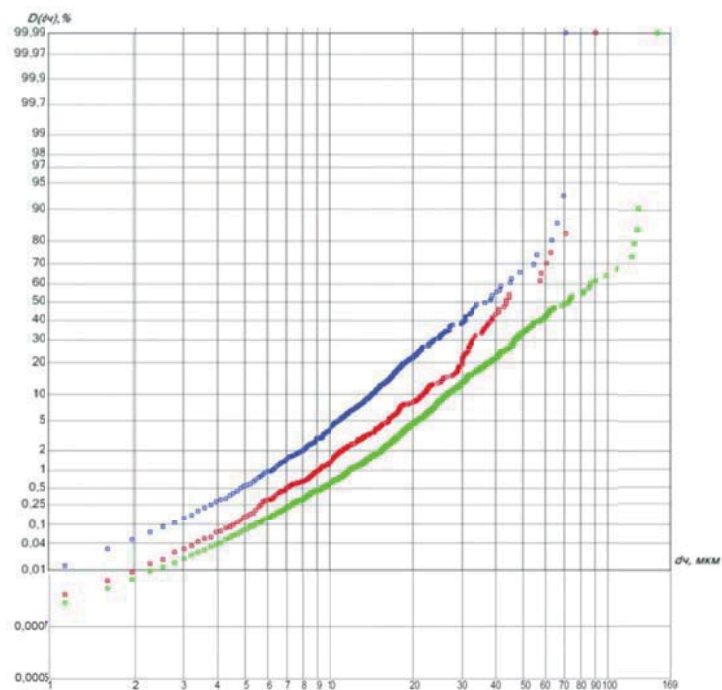
значение которой не превосходит 5% от величины выброса на этапе броска (выгрузки грунта из ковша). При переносе грунта и возврате ковша наблюдалось аналогичная картина. При этом максимально-разовый выброс не превышает 10%. Поэтому предлагается в расчетах рассеивания при известной величине выбросов при выгрузке грунта увеличивать ее на 15% для учета операций переноса ковша и резания грунта.

Результаты экспериментальных исследований дисперсного состава взвешенных частиц грунта (на примере песка и глины) дают наглядное представление об изменении крупности частиц по высоте виртуальной поверхности. Исследования дисперсного состава пыли на виртуальной поверхности показали, что основные характеристики (медианный размер d_{50} , доля частиц с размерами до 10 мкм, максимальный размер частиц d_{max}) также можно считать постоянными для каждой высоты h . На рисунке 3.18 представлены средние интегральные функции распределения объема частиц по эквивалентным диаметрам на разных высотах h (0,75 м, 1,5 м, 2,25 м, 3 м) поверхности виртуального источника.

Для определения максимального разового выброса использована



а



б

Рисунок 3.18 - Средние по высоте h интегральные функции распределения объема частиц по эквивалентным диаметрам на поверхности виртуального источника:

а – в зимний период; б – в летний период.

■ - 0,75 м; ■ - 1,5 м; ■ 2,25 м

формула (3.5)

$$G = \frac{1}{100} \int_0^{\infty} \int_s v C(s) \frac{\partial D(s, \delta)}{\partial \delta} dS d\delta \quad (3.5)$$

где v – скорость ветра;

D - интегральная функция распределения объема частиц по эквивалентным диаметрам в точке виртуальной поверхности s , %;

δ - диаметр частиц;

S – площадь виртуальной поверхности.

Для расчета максимального разового выброса мелкодисперсной пыли G_i ($i = 2,5$ или $i = 10$) использована формула (3.6)

$$G_i = \frac{1}{100} \int_0^i \int_s v C_{\Sigma}(s) \frac{\partial D(s, \delta)}{\partial \delta} dS d\delta \quad (3.6)$$

3.4 Результаты расчета рассеивания выбросов пыли при земляных работах

Для расчета рассеивания взвешенных веществ при использовании предлагаемых нами поверхностей виртуальных источников использован программный комплекс УПРЗА «Эколог», реализующий положения МРР – 2017 [22]. При этом использована расчетная схема (рисунок 3.19), разработанная с учетом реальной обстановки по ул. Грушевской в Ворошиловском районе г. Волгограда.

Расчет выполнен с учетом результатов исследований дисперсного состава пыли, т.к. в расчетную формулу для определения максимальной приземной концентрации входит коэффициент F , значения которого в соответствии с [22] принимаются в зависимости от скорости оседания частиц.

Выполнено два варианта расчета – стандартный по [22] и предлагаемый,

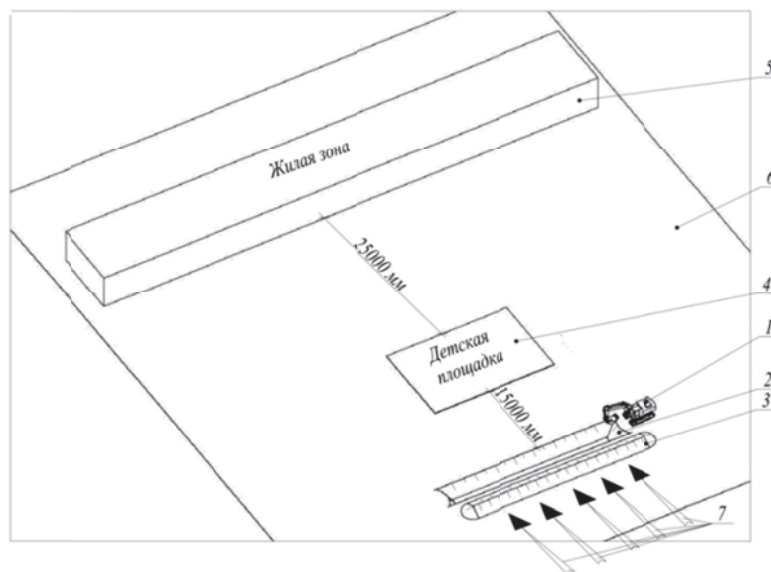


Рисунок 3.19 - Схема для расчета рассеивания.

- 1 – одноковшовый экскаватор; 2 – траншея; 3 – отвал грунта;
 4 – детская площадка, расположенная вблизи места выполнения земляных работ; 5 – существующее одноэтажное здание;
 6 – поверхность земли; 7 – направление ветра (перпендикулярно к оси траншеи и боковой грани отвала)

учитывающий виртуальную поверхность источника пыления и полученные данные о скоростях оседания частиц.

При расчетах задавались два типа источника (рисунок 3.20):

1) цилиндрический источник – половина цилиндрической поверхности, разделенная на 21 сегмент с 21 точечным источником посередине каждого сегмента (рисунок 3.20, а);

2) цилиндрический источник – половина цилиндрической поверхности, разделенная на 15 сегментов с 15 точечными источниками посередине каждого сегмента (рисунок 3.20, б).

Отметим, что разделение на 21 сегмент не увеличило точность расчетов и практически совпало с вариантом 15 источников (расхождение полученных расчетных значений не превышало 2%).

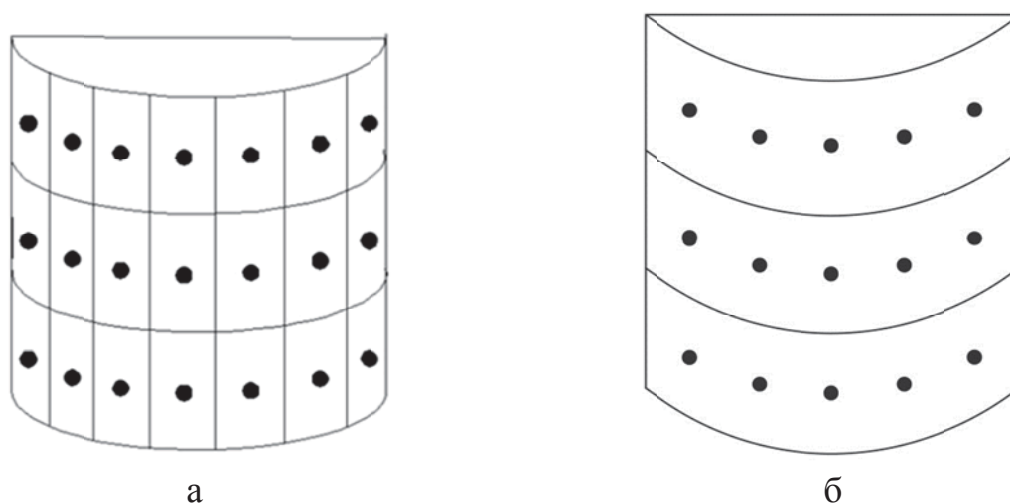


Рисунок 3.20 - Варианты представления типа источника:

а – с разбиением на 21 сегмент; б - с разбиением на 15 сегментов

Был проведен вычислительный эксперимент для определения концентрации пыли в атмосферном воздухе (в долях ПДК) при земляных работах на расстоянии 3 м (C_3), 7,5 м ($C_{7,5}$), 15 м (C_{15}), 30 м (C_{30}) при изменении трех параметров – температура воздуха (t , $^{\circ}\text{C}$), скорость ветра (v , м/с), величина максимального разового выброса (G , г/с). Указанные расстояния выбраны из соображений того, что земляные работы проводятся в жилой зоне в стесненных условиях и, как правило, не далее, чем 30 метров от жилых и общественных зданий. Принятые параметры выбраны по результатам расчета пыления от виртуального источника. Диапазоны изменения параметров, принятые при вычислительном эксперименте, соответствуют условиям выполнения натуральных исследований и приведены в таблице 3.4. При этом для сокращения объема вычислений, но обеспечения необходимой точности, по аналогии с полным факторным экспериментом вида 3^3 [92] в расчетах использовались максимальные, минимальные и средние значения параметров (таблица 3.4).

Принятые параметры были представлены в безразмерном виде

$$x_1 = \frac{t - t_{\text{ср}}}{\Delta t}; \quad x_2 = \frac{v - v_{\text{ср}}}{\Delta v}; \quad x_3 = \frac{G - G_{\text{ср}}}{\Delta G} \quad (3.7)$$

Т а б л и ц а 3.4 – Значения принятых для расчетов кодированных параметров

Параметр	Половина интервала изменения	Значения параметров		
		минимальное	максимальное	среднее
Для ковшей большой вместимости				
$t, ^\circ\text{C}$	19	-9	29	10
$v, \text{м/с}$	4,25	0,5	9	4,75
$G, \text{г/с}$	0,6	0,5	1,5	0,9
Для малых ковшей				
$t, ^\circ\text{C}$	19	-9	29	10
$v, \text{м/с}$	4,25	0,5	9	4,75
$G, \text{г/с}$	0,21	0,08	0,5	0,29

Для удобства обработки полученных данных искомые значения концентраций пыли в атмосферном воздухе также были представлены в кодированном виде, где значения $y_{maxj}, y_{minj}, y_{срj}, \Delta y_j$ представлены в таблице 3.5.

$$y_1 = \frac{C(3\text{М}) - C_{ср1}}{\Delta y_1}; \quad y_2 = \frac{C(7,5\text{М}) - C_{ср2}}{\Delta y_2}; \quad y_3 = \frac{C(15\text{М}) - C_{ср3}}{\Delta y_3}; \quad y_4 = \frac{C(30\text{М}) - C_{ср4}}{\Delta y_4} \quad (3.8)$$

Для установления зависимости между y_i и x_1, x_2, x_3 использовалась программа STATISTICA 10. При этом рассматривались линейная и полиномиальная зависимости второй и третьей степени. Наибольший коэффициент корреляции получается для квадратичной зависимости, уравнение которой, для каждого $y_j (j = 1, 2, 3, 4)$ имеет вид [93]

$$y_j = b_{0j} + b_{1j}x_1 + b_{2j}x_2 + b_{3j}x_3 + b_{11j}x_1^2 + b_{12j}x_1x_2 + b_{13j}x_1x_3 + b_{22j}x_2^2 + b_{23j}x_2x_3 + b_{33j}x_3^2 \quad (3.9)$$

В таблицах 3.4 и 3.5 показаны диапазоны изменения x_i и y_j . Исходные данные для получения регрессионной зависимости приведены в таблице 3.6. В таблице 3.7 – значения вычисленных коэффициентов b_{ij} и коэффициентов корреляции R . Вычисления показали, что как для больших, так и для малых ковшей во всех четырех уравнениях регрессии значимыми являются коэффициенты у свободного члена, у переменных x_2, x_3, x_2^2 , а также у члена x_2x_3 .

Т а б л и ц а 3.5– Диапазоны изменения x_i и y_i

Наименование параметров функций отклика	Значения параметров функций отклика y_j							
	Для малых ковшей				Для больших ковшей			
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_1	y_2	y_3	y_4
Максимальное, y_{maxj}	20,46	28,94	21,06	14,36	61,39	86,82	63,18	43,07
Минимальное, y_{minj}	0,04	0,06	0,11	0,14	0,11	0,17	0,32	0,41
Среднее, $y_{срj}$	10,25	14,50	10,585	7,25	30,75	43,495	31,75	21,74
Половина интервала изменения, Δy_j	10,21	14,44	10,475	7,11	30,64	43,325	31,43	21,33

Т а б л и ц а 3.5 – Исходные данные для вывода регрессионных зависимостей

Но- мер опыта	Кодированные переменные			Кодированные функции для малых ковшей				Кодированные функции для больших ковшей			
	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3	y_4	y_1	y_2	y_3	y_4
1	-1	-1	-1	-0,644	-0,652	-0,668	-0,694	-0,64	-0,65	-0,67	-0,69
2	-1	0	-1	-0,996	-0,995	-0,987	-0,977	-1,00	-1,00	-0,99	-0,98
3	-1	1	-1	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
4	0	-1	-1	-0,760	-0,740	-0,723	-0,721	-0,76	-0,74	-0,72	-0,72
5	0	0	-1	-0,996	-0,995	-0,987	-0,977	-1,00	-1,00	-0,99	-0,98
6	0	1	-1	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
7	1	-1	-1	-0,784	-0,750	-0,706	-0,696	-0,78	-0,75	-0,71	-0,70
8	1	0	-1	-0,996	-0,995	-0,987	-0,977	-1,00	-1,00	-0,99	-0,98
9	1	1	-1	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-	-	-	-
10	-1	-1	1	1,000	1,000	1,000	0,939	1,00	1,00	1,00	0,94
11	-1	0	1	-0,953	-0,950	-0,871	-0,751	-0,95	-0,95	-0,87	-0,75
12	-1	1	1	-0,981	-0,979	-0,947	-0,898	-0,98	-0,98	-0,95	-0,90
13	0	-1	1	0,522	0,645	0,788	0,846	0,52	0,65	0,79	0,85
14	0	0	1	-0,953	-0,950	-0,871	-0,751	-0,95	-0,95	-0,87	-0,75
15	0	1	1	-0,981	-0,979	-0,947	-0,898	-0,98	-0,98	-0,95	-0,90
16	1	-1	1	0,369	0,581	0,893	1,000	0,37	0,58	0,89	1,00
17	1	0	1	-0,953	-0,950	-0,871	-0,751	-0,95	-0,95	-0,87	-0,75
18	1	1	1	-0,981	-0,979	-0,947	-0,898	-0,98	-0,98	-0,95	-0,90
19	-1	-1	0	0,158	0,158	0,156	0,116	0,16	0,16	0,16	0,12
20	-1	0	0	-0,974	-0,973	-0,929	-0,863	-0,97	-0,97	-0,93	-0,86
21	-1	1	0	-0,990	-0,990	-0,974	-0,949	-0,99	-0,99	-0,97	-0,95
22	0	-1	0	-0,248	-0,155	-0,008	0,052	-0,25	-0,16	-0,01	0,05
23	0	0	0	-0,974	-0,973	-0,929	-0,863	-0,97	-0,97	-0,93	-0,86
24	0	1	0	-0,990	-0,990	-0,973	-0,949	-0,99	-0,99	-0,97	-0,95
25	1	-1	0	-0,206	-0,084	0,094	0,151	-0,21	-0,08	0,09	0,15
26	1	0	0	-0,974	-0,973	-0,929	-0,863	-0,97	-0,97	-0,93	-0,86
27	1	1	0	-0,990	-0,990	-0,974	-0,949	-0,99	-0,99	-0,97	-0,95

Т а б л и ц а 3.7– Значения значимых коэффициентов в уравнениях регрессии

Наименование коэффициента	Значение коэффициентов уравнения (3,9), при j							
	Для малых ковшей				Для больших ковшей			
	j = 1	j = 2	j = 3	j = 4	j = 1	j = 2	j = 3	j = 4
b_{0j}	-0,9903	-0,9981	-0,9571	-0,8816	-0,9899	-0,9978	-0,9574	-0,8811
b_{1j}	0,0632	0,0422	0,0115	0,0052	0,0631	0,0422	0,0124	0,0052
b_{2j}	0,4623	0,4952	0,5329	0,5300	0,4622	0,4951	0,5337	0,5317
b_{3j}	0,2370	0,2537	0,2938	0,3268	0,2369	0,2536	0,2937	0,3268
b_{11j}	0,0481	0,0418	0,0362	0,0255	0,0481	0,0418	0,0353	0,0255
b_{22j}	0,4462	0,4782	0,4882	0,4440	0,4461	0,4782	0,4872	0,4440
b_{33j}	0,0164	0,0138	0,0055	0,0015	0,0164	0,0138	0,0074	0,0015
b_{12j}	0,0947	0,0633	0,0172	0,0077	0,0947	0,0633	0,0158	0,0077
b_{13j}	0,0409	0,0266	0,0058	0,0052	0,0409	0,0266	0,0058	0,0052
b_{23j}	0,3352	0,3591	0,3850	0,3828	0,3318	0,3590	0,3849	0,3828
R	0,97	0,97	0,97	0,98	0,97	0,96	0,97	0,98

Проверка адекватности модели, проведенная по критерию Фишера [93], показала, что модель адекватна.

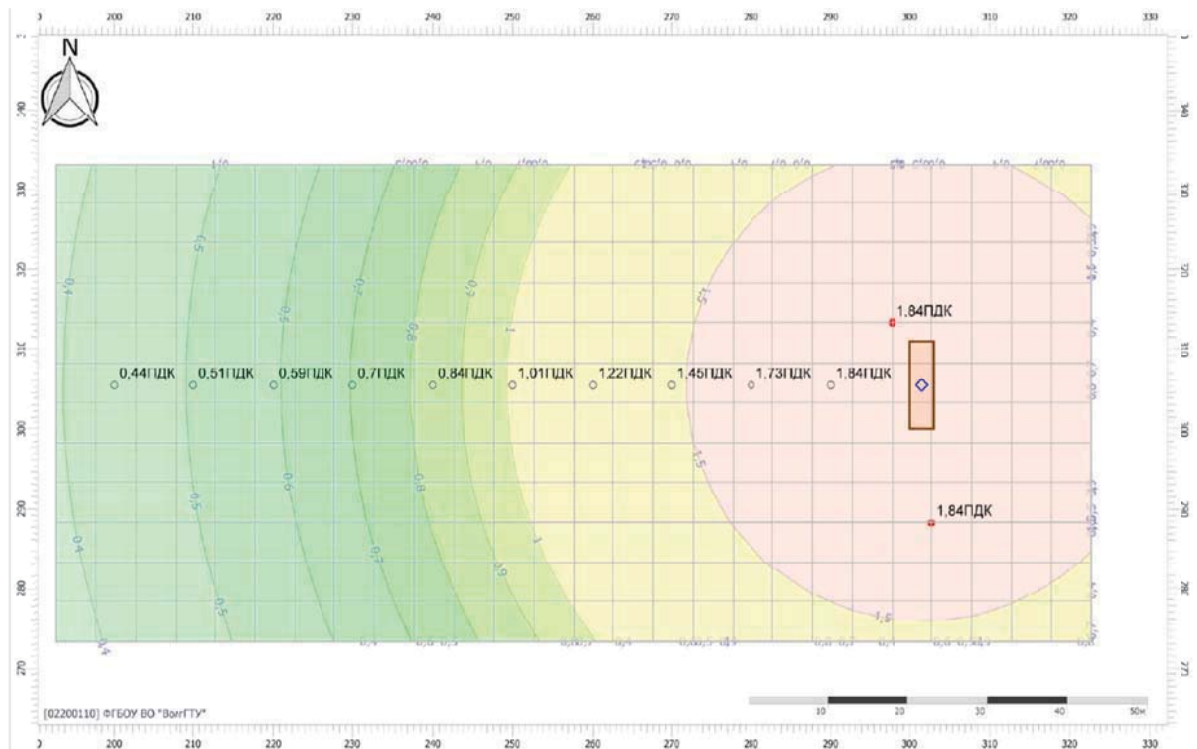
Некоторые результаты выполненных расчетов в качестве примера приведены на рисунке 3.21. В таблице 3.8 показано сравнение результатов расчетов по стандартной методике [22] и по предлагаемому варианту с результатами измерений в натурных условиях.

Т а б л и ц а 3.8– Сопоставление результатов расчетов и измерений в натурных условиях

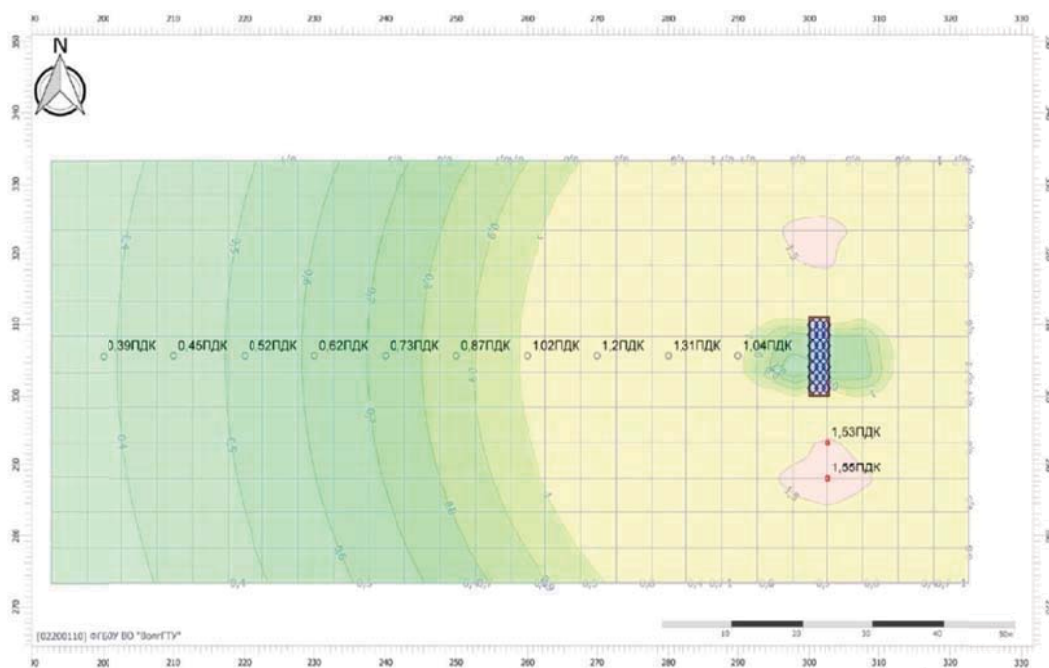
Способ определения	Концентрация взвешенных веществ на расстоянии 30 м		Расхождение, %
	мг/м ³	в долях ПДК	
Расчет по стандартной методике [22]	0,725	1,45	- 17,2
Расчет по предлагаемому варианту	0,6	1,2	
Измерения в натурных условиях	0,571	1,14	5,3

Согласно Постановлению Правительства РФ № 692 от 21 мая 2025 г. [93] результаты предлагаемых методик следует сравнивать с результатами

расчетов по действующим методикам и с результатами замеров аккредитованных лабораторий. Расхождение результатов расчетов по предлагаемому варианту



а



б

Рисунок 3.21–Результаты расчетов концентраций пыли в атмосферном воздухе:

а – по методике [22]; б – по предлагаемому варианту

с результатами расчетов по методике [22] составляет минус 17,2 %, с результатами инструментальных измерений – плюс 5,3 %, что соответствует требованиям [93].

Расчеты рассеивания пыли в атмосферном воздухе были также выполнены с помощью программы, разработанной в ВолгГТУ, в основу которой положены уравнения диффузионного типа для описания перемещения примесей в воздухе. Математическая модель построена на решении дифференциального уравнения при заданных автором начальных условиях пылевыведения при моодисперсном составе аэрозоля. Полученные результаты этих расчетов показаны на рисунке 3.22 [94].

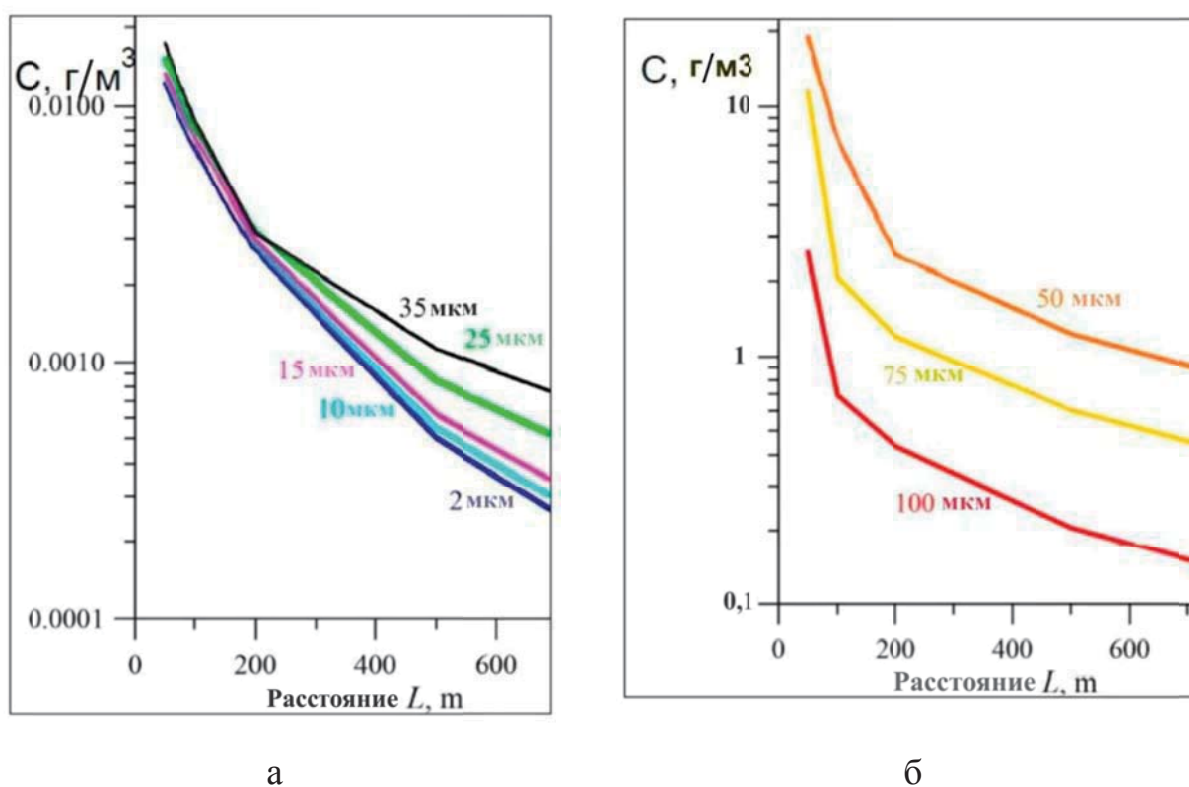


Рисунок 3.22 – Результаты расчетов по диффузионной модели [94]
 а – при диаметре частиц до 35 мкм; б - при диаметре частиц более 35 мкм

3.5 Выводы по главе 3

1 Показано, что в процессе работы одноковшового экскаватора в качестве загрязнителя можно рассматривать виртуальный источник вредных веществ, выделяющихся в атмосферный воздух, который моделируется в виде половины боковой поверхности цилиндра с подветренной стороны.

2 Рабочий цикл экскаватора по времени можно разделить на три этапа, каждому из которых будет соответствовать своя «виртуальная» поверхность пылевыведения. В этом случае для расчета рассеивания пыли по МРР – 2017 работа экскаватора представляется как совокупность трех «виртуальных» и одного площадного источника – отвала грунта.

3 Результаты измерений концентраций пыли в атмосферном воздухе при работе одноковшового экскаватора показали требуемую сходимость с результатами расчетов рассеивания по действующей методике МРР – 2017 и выполненных на основе предложенного подхода. Расхождение составляет минус 17,2 %, расхождение с результатами замеров аккредитованной лабораторией – плюс 5,3 %, т. е. не превышают 25 %, что соответствует методике и Правилам разработки и утверждения методик расчета выбросов загрязняющих веществ.

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПЫЛИ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПРИ ЗЕМЛЯНЫХ И МОНТАЖНЫХ РАБОТАХ

4.1 Способы укрытия земляного отвала и обратной засыпки траншей с использованием биоразлагаемого материала

Для снижения пыления с поверхности отвала и при обратной засыпке траншей в работе [95] автором предложены следующие решения. Рядом с отвалом размещается металлическая/пластиковая транспортная сетка, на которую укладывается биоразлагаемый материал (рисунок 4.1) [95].

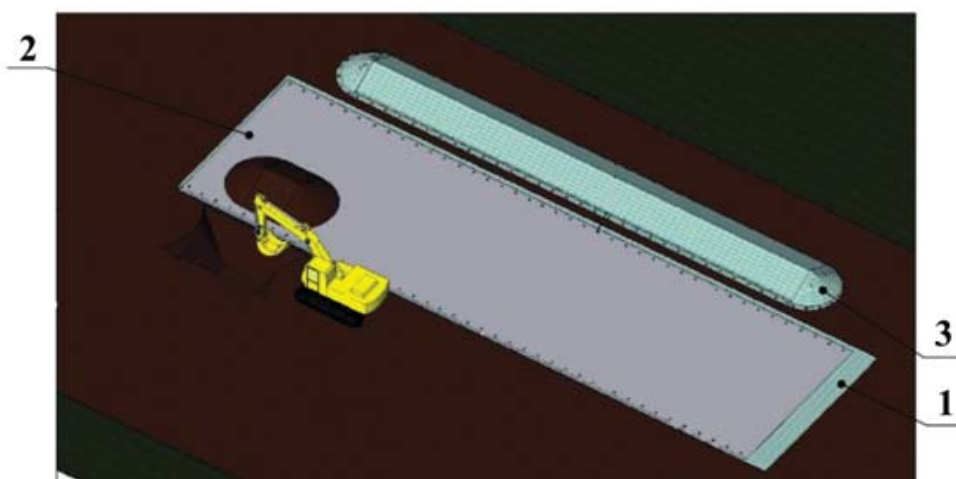


Рисунок 4.1 – Размещение сетки с биоразлагаемым материалом около
отвала по [95]

где 1 - сетка, 2 - биоразлагаемый материал, 3 - отвал

По окончании строительных (ремонтных) работ призму грунтового отвала стропуют и отдельными частями стреловым краном перемещают в траншею. При этом сетка извлекается, грунт в обертке из биоразлагаемого материала остается в траншее, и в завершение производят рекультивацию [95].

Для выполнения ремонтных работ трубопровод укладывается на грунтовые призмы, которые могут располагаться как в траншее (рисунок 4.2, б),

так и вдоль нее (рисунок 4.2, б). Для предотвращения пыления от таких опор также возможно использование биоразлагаемого материала [96].

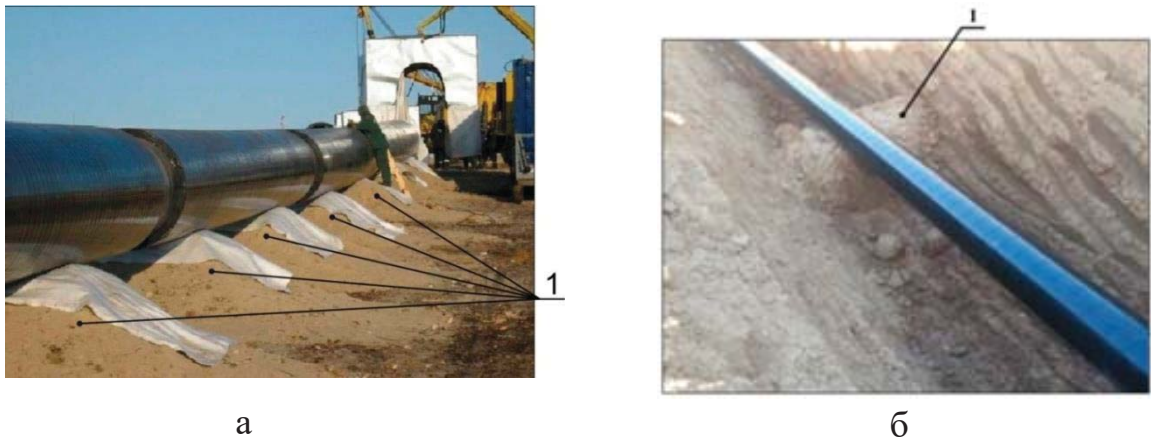


Рисунок 4.2 – Размещение грунтовых призм как временных опор
при ремонте трубопровода по [96]
где 1 - грунтовая призма

4.2 Разработка технических решений по использованию аспирационных установок для снижения выбросов пыли в атмосферный воздух при земляных работах

При вскрытии траншей и котлованов разработка грунта может осуществляться не только навывмет, но и с погрузкой в автосамосвалы. Причем при выгрузке грунта из ковша экскаватора в кузов автосамосвала возникает удар выгружаемого массива грунта о стенки и днище кузова, в результате чего происходит взмет частиц, которые устремляются в стороны и вверх, т.е. возникает пыление. Для снижения таких выбросов пыли в атмосферный воздух предложены несколько вариантов использования аспирационных установок.

Один из вариантов компоновки системы пылеулавливания (с увлажнением) предложен в работе [97] (приложение Б). Устройство аспирационной установки показано на рисунке 4.3а.

Для снижения пылепоступлений в атмосферный воздух при загрузке самосвала его кузов накрывается крышкой (укрытием) с люком для подачи

сыпучего материала и местным отсосом для улавливания образующейся пыли [97] (приложение Б). Сама предлагаемая пылеулавливающая установка устанавливается на тележке. Перечень пылеулавливающего оборудования, включая увлажнитель, входящего в состав установки, приведен в [97].

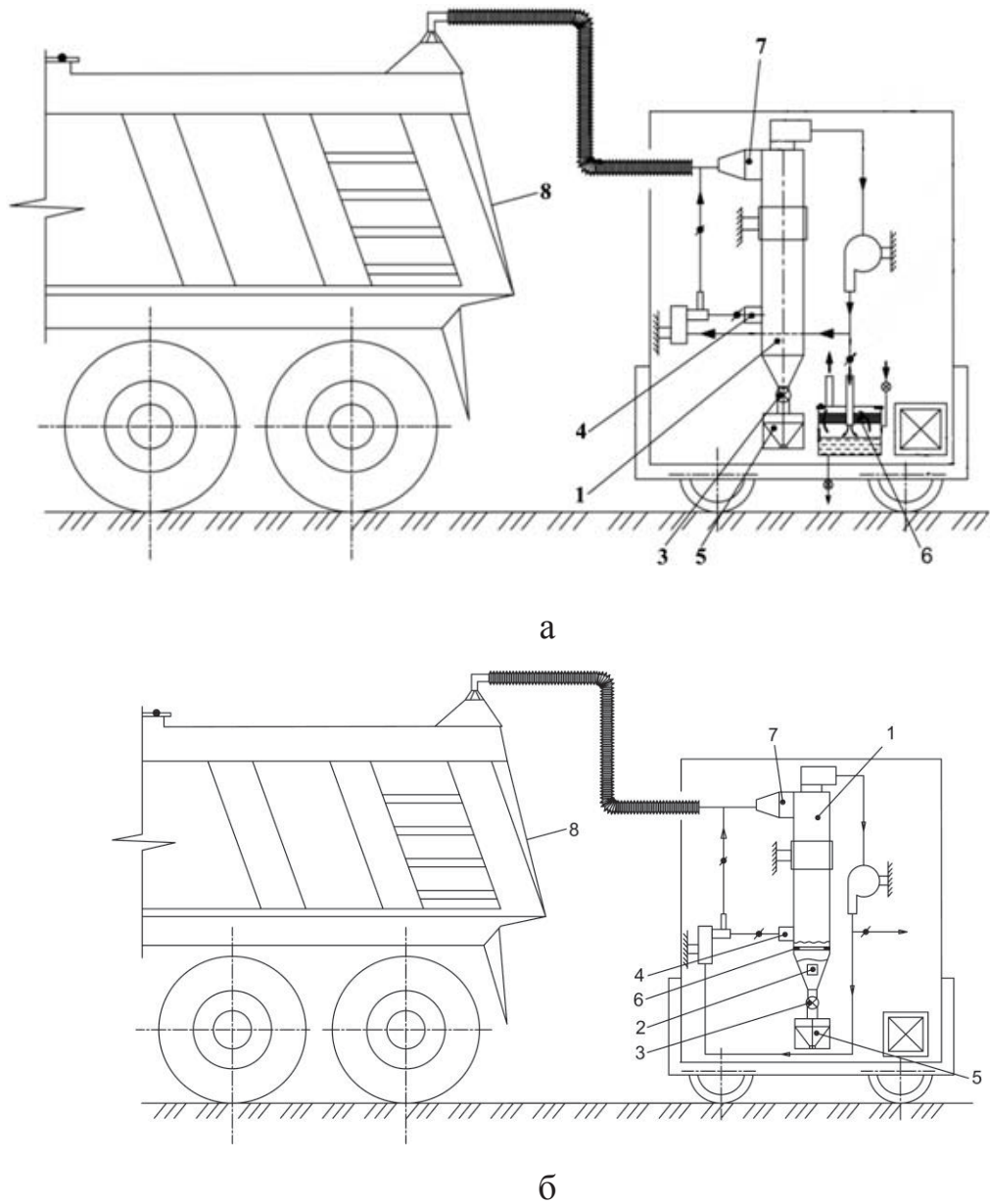


Рисунок 4.3 – Пылеулавливающие установки
где а - установка с дополнительным увлажнением по [97], б - с вибратором по [98]

1 – вихревой инерционный пылеуловитель; 2 – вибратор; 3 – шлюзовой затвор; 4 – нижний ввод запыленного воздуха; 5 – пыленакопительный бункер; 6 – эластичные прокладки; 7 – верхний ввод запыленного воздуха; 8 - самосвал

Аналогичная компоновка обеспыливающей установки, но без дополнительного увлажнения пыли (рисунок 4.3б), представлена в [98]. Эксплуатационная надежность обеспечивается за счет размещения вибратора между шлюзовым затвором и нижним входом пылеуловителя. Такое решение позволяет предотвратить накопление пыли между перечисленными элементами [98].

В работе [99] предложена измененная конструкция местного отсоса (рисунок 4.4).

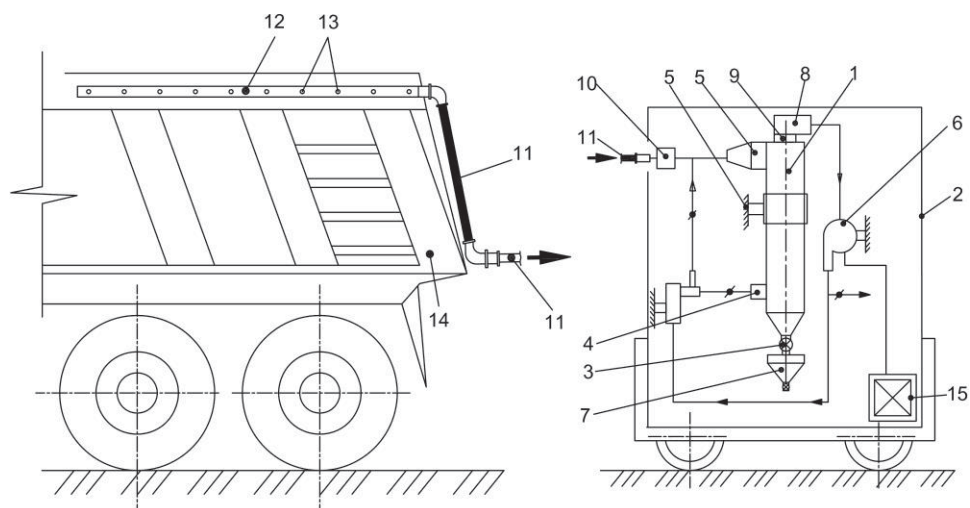


Рисунок 4.4 - Схема пылеулавливающей установки с измененной конструкцией местного отсоса по [99]

В [100] описана конструкция укрытия (рисунок 4.5), назначение которого – снижение пылевых выбросов при загрузке сыпучего материала в бункер или транспортное средство. Укрытие выполняется из укрывного материала (например, из брезента). В плоскости укрытия проделывают два отверстия: первое – для загрузки; второе – для установки устройства обеспыливания, в котором запыленный воздух последовательно проходит очистку в «мокром» и «сухом» отсеках. Направленный в корпус из выходного патрубка вентилятора воздух воздействует на верхние лопасти, одновременно приводя в движение нижние лопасти, которые находятся в воде. Центробежные силы отбрасывают пыль на стенки корпуса, в результате чего она осыпается в ванну с водой. Отражённый от поверхности водяной ванны воздух проходит через отверстие в П-образной раме в фильтр, где происходит окончательная очистка воздуха и выброс в атмосферный воздух.

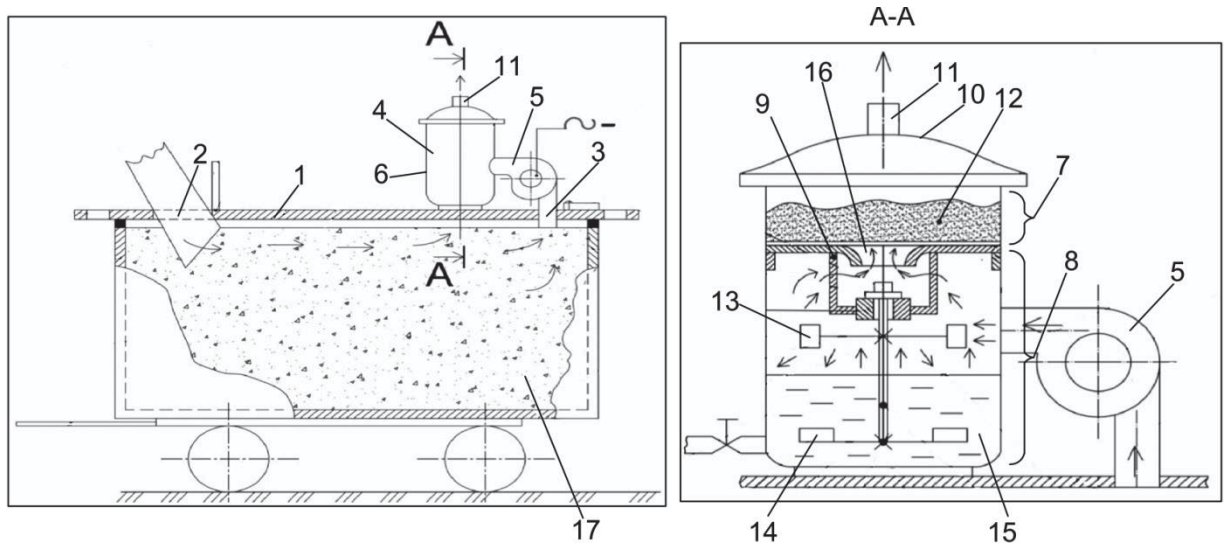


Рисунок 4.5 – Схема укрытия по [100]

Для снижения пылепоступлений в атмосферный воздух при выгрузке грунта из самосвала в [101] (приложение Б) предложена конструкция пылеулавливающей установки, устанавливаемой на шасси за кабиной самосвала на металлической опоре (рисунок 4.6). Подробное описание установки приведено в [101].

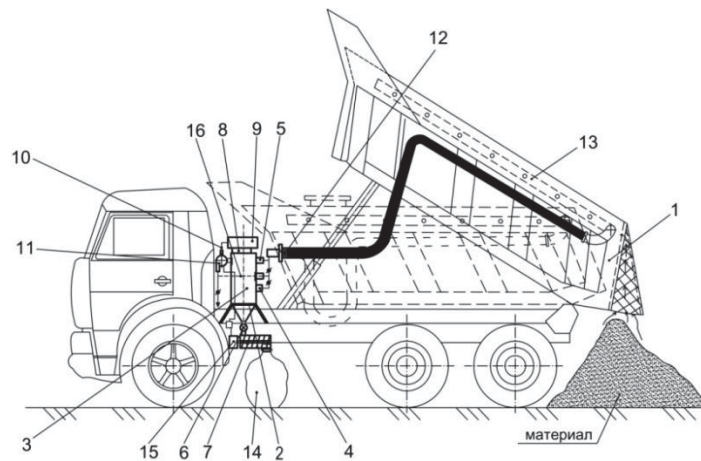


Рисунок 4.6 – Схема пылеулавливающей установки по [101]

Запыленный воздух, уловленный местными отсосами, проходит очистку в вихревом инерционном пылеуловителе. Уловленная пыль по шнеку

поступает в герметичный мешок, который надевается на хобот шнека перед началом работы установки. При полном заполнении мешка отключается вентилятор, мешок опорожняют и снова крепится к шнеку [101].

4.3 Разработка технических решений по использованию распылительных систем при работе землеройной техники

Как отмечено в первой главе, для снижения поступлений пыли в атмосферный воздух может применяться орошение поверхности сыпучего материала. В работе [102] (приложение Б) предлагается конструкция предназначенного для пылеподавления устройства, которое устанавливается на металлической площадке между толкающими брусками с тыльной стороны отвала бульдозера (рисунок 4.7).

Устройство имеет электродвигатель, насос, бак с водой и систему Г-образных кронштейнов с форсунками. Для распыления жидкости на пылевое облако, которое образуется над поверхностью земли при формировании отвалом призмы волочения, машинист бульдозера включает устройство из кабины с помощью пульта.

Для операций выгрузки грунта из ковша, перемещения рабочего органа с наполненным ковшом. резания грунта и наполнения ковша, выполняемых одноковшовым экскаватором, разработана конструкция распылительной системы, устанавливаемой на его рукояти (рисунок 4.8) [103].

В разработанной системе линии подачи жидкости и электропитания закрепляются на рабочем органе экскаватора по всей длине, с учетом запаса - в узлах сопряжения стрелы с поворотной частью экскаватора, а также в месте соединения стрелы с рукоятью для надежности работы системы распыления при работе экскаватора. Для передвижения распылителей используются

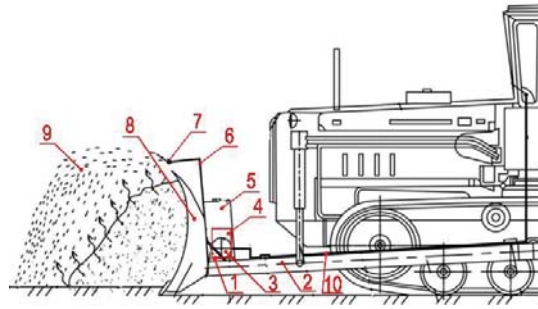


Рисунок 4.7 – Устройство для распыления воды, устанавливаемое за отвалом бульдозера [102] (приложение Б).

- 1 – площадка; 2 – брусья; 3 – электродвигатель; 4 – насос; 5 – бак;
6 - Г-образные кронштейны; 7 – форсунки; 8 – отвал;
9 - пылевое облако; 10 - электрическая цепь

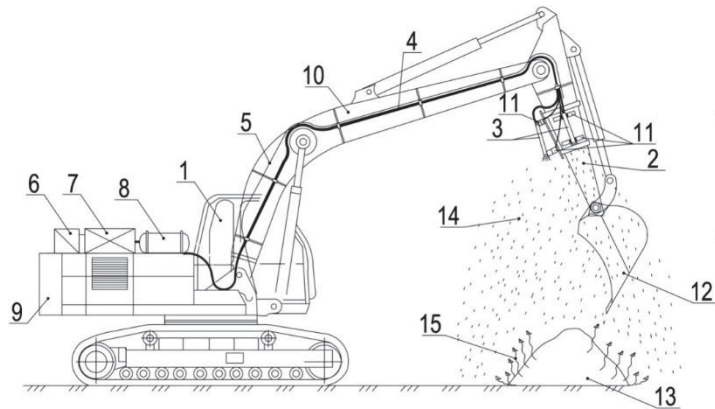


Рисунок 4.8 – Устройство разработанной распылительной системы, устанавливаемой на одноковшовом экскаваторе [103].

- 1 – одноковшовый экскаватор с рабочим органом «обратная лопата»;
2 – рукоять экскаватора; 3 – распылители, установленные на каждой грани рукояти; 4 – линия для подачи жидкости; 5 – линия для подачи электропитания к механизму распылителя; 6 – электрогенератор;
7 – насос; 8 - емкость для жидкости; 9 – поворотная часть экскаватора;
10 – стрела одноковшового экскаватора, 11 - раскладные системы с электроприводами; 12 – ковш; 13 – выгруженный из ковша грунт;
14 – распыленная жидкость; 15 – направление движения частиц при падении грунта на поверхность земли

раскладные системы с электроприводами. Распылители на рукояти одноковшового экскаватора устанавливаются с трех сторон, что позволяет одновременно распылять жидкость сразу в трех направлениях. Управление распылительной системой осуществляется машинистом экскаватора из кабины с пульта управления [103].

При земляных работах одним из мероприятий по предотвращению распространения пыли в воздушной среде является установка экранов из сеток, которые задерживают пыль. Однако, земляные работы могут продолжаться длительное время, при этом ячейки сетки забиваются пылью и с течением времени ветер выдувает мелкодисперсные частицы из нее и переносит дальше. Для устранения этого недостатка разработана конструкция специального устройства, которое позволяет очистить сетку от пыли, и тем самым исключить повторные пылевыведения после высыхания сетки. Высота устройства составляет 3 метра, что позволяет исключить распространение пыли внутри строительной площадки или вблизи жилых многоквартирных домов при ремонте инженерных коммуникаций [104] (приложение Б).

Разработанная система распыления монтируется на заранее установленном ограждении, и состоит из разделенной на две части распылительной камеры. Обе части соединены между собой. Внутри распылительной камеры устанавливаются форсунки. Подача к ним сжатого воздуха и воды осуществляется от компрессора и емкости с жидкостью соответственно по системе шлангов и трубок (рисунок 4.9) [104] (приложение Б). Для перемещения по ограждению распылитель снабжен ходовой частью.

4.4 Разработка технологических решений для снижения выбросов пыли в атмосферный воздух при земляных и монтажных работах

Одним из вариантов технологического решения задачи снижения выбросов пыли в окружающую среду при вскрытии траншеи для ремонта

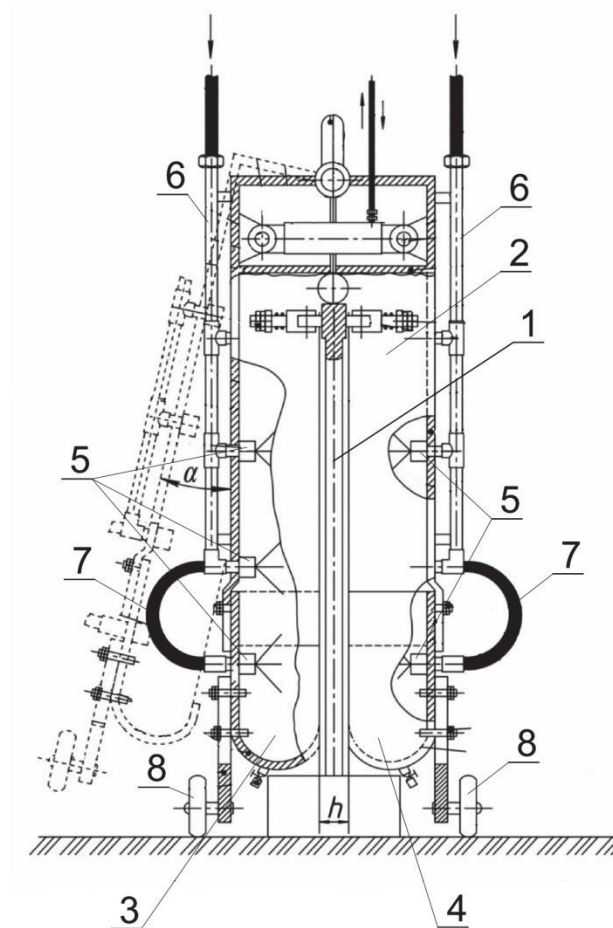


Рисунок 4.9 Устройство для влажной очистки поверхности ограждений и защитных экранов, предотвращающих распространение земляной пыли [104] (приложение Б).

- 1 - ограждение (рама с сеткой); 2 – распылительная камера;
 3, 4 - боковые части камеры; 5 – форсунка; 6 – система трубок;
 7 – шланги; 8 – ходовая часть устройства

подземного трубопровода в городских условиях является разработанный специальный передвижной комплекс (рисунок 4.10) [105].

Это решение предусматривает выгрузку разработанного грунта в кузова, размещаемые по обеим сторонам сбоку от экскаватора. По мере заполнения кузовов грунт выгружается на заранее уложенную металлическую сетку с биоразлагаемым материалом, который прикрепляется к земле с помощью шайб и шпилек. После завершения ремонтно-восстановительных работ металлическую сетку вместе с призмой грунта перемещают в траншею для засыпки

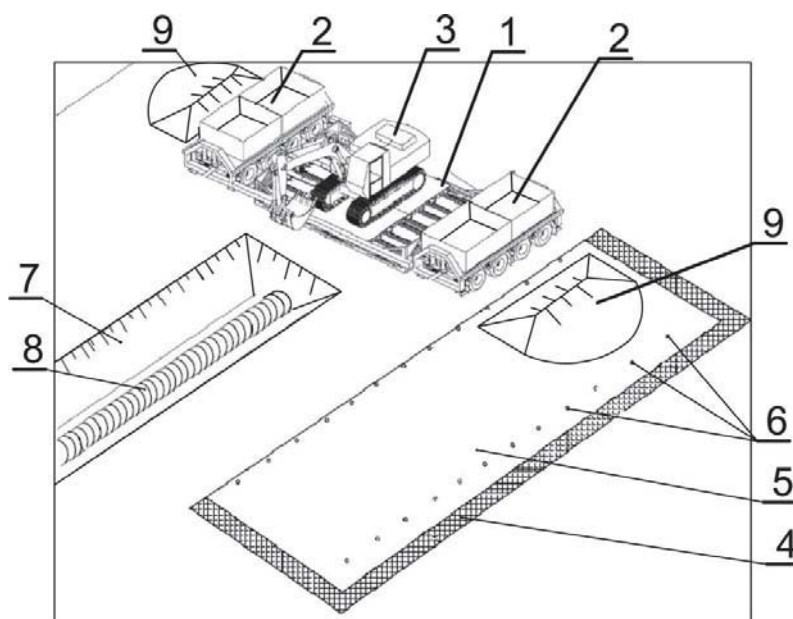


Рисунок 4.10 – Разработанное устройство для вскрытия трубопровода в городских условиях [105].

1 – передвижной комплекс; 2 – кузов; 3 – одноковшовый экскаватор;
4 – металлическая сетка; 5 – биоразлагаемый материал; 6 – шайбы со шпильками; 7 – траншея; 8 – трубопровод; 9 – отвал грунта

трубопровода. Затем металлическую сетку извлекают для повторного использования [105].

Снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух будет также способствовать сокращение числа работающих механизмов. Например, в работе [106] описано разработанное решение, позволяющее исключить использование стрелового крана при монтаже трубопроводов.

Предложенное устройство предназначено для поддержки трубопровода на протяжении всего цикла ремонтных работ – от вскрытия траншеи до ее засыпки. Устройство (рисунок 4.11) имеет тележки, пространственные рамы с лебёдками внутри и выносные опоры. С помощью этих опор каждая тележка опирается на предварительно вкрученные в землю винтовые сваи, что обеспечивает пространственную устойчивость при работе [106].

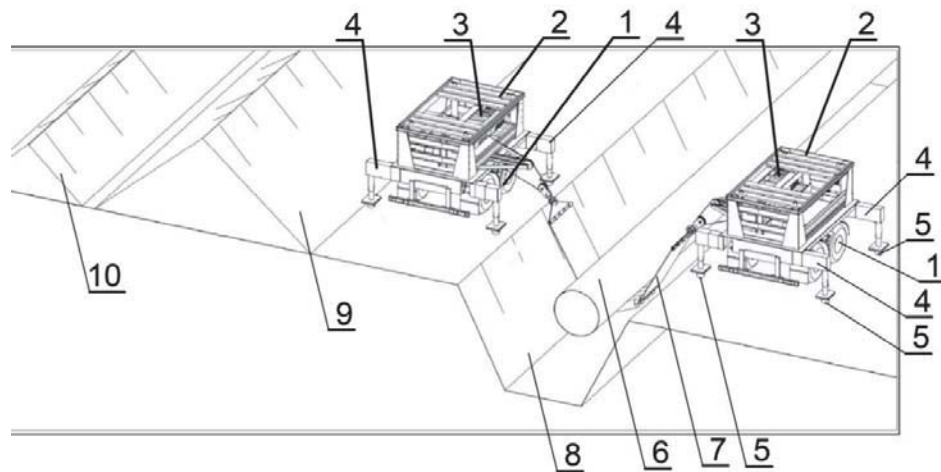


Рисунок 4.11 - Устройства для монтажа трубопровода без использования стрелового крана [106].

1 – тележка; 2 - пространственная рама; 3 – лебёдка; 4 – выносные опоры; 5 – винтовые сваи; 6 – трубопровод; 7 – полотенце; 8 – траншея; 9 – отвал грунта засыпки; 10 – отвал растительного слоя грунта

Для центровки секций труб с большим диаметром при сварке в плетъ разработана конструкция сборочной монтажной линии [107] - [110]. Монтажная линия (рисунок 4.12) состоит из двух прицепов. На их рамах устанавливаются выносные опоры и выдвижные монтажные стрелы для перемещения секций труб. Механизмы для центровки труб под сварку размещаются на рамах. Монтажная стрела имеет попарно соединенные гидравлические цилиндры, которые объединяются между собой балкой.

Также разработано специальное устройство portalного типа, которое целесообразно использовать совместно со сборочной монтажной линией при сооружении или ремонте трубопроводов в условиях стесненной городской застройки без использования стрелового крана (рисунок 4.13) [110].

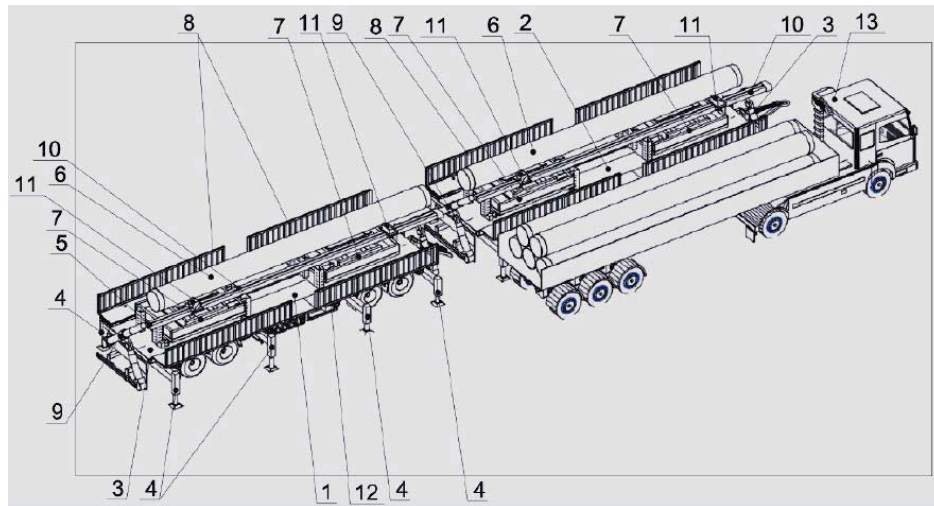


Рисунок 4.12 – Пространственный вид сборочно-монтажной линии для монтажа стальных трубопроводов больших диаметров в условиях городской застройки.

1, 2 – прицепы; 3 – рама прицепа; 4 - выносные опоры; 5 - выдвижная монтажная стрела; 6 – секция трубы; 7 - механизм для центровки секции трубы под сварку; 8 - раскладные борт; 9 –гидравлические цилиндры; 10 – балка; 11 – лебёдка; 12 – электродвигатель; 13 - трубовоз

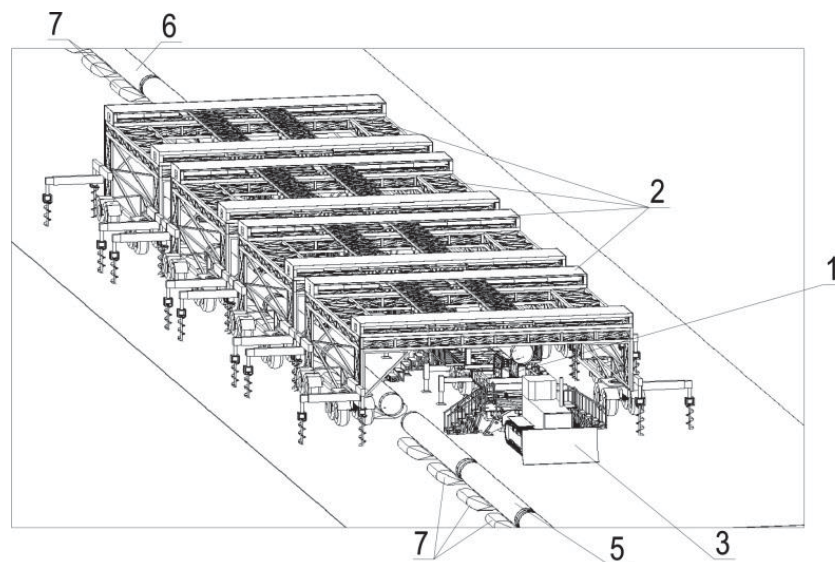


Рисунок 4.13 – Устройство portalного типа [110].

1 – первая часть устройства; 2 – вторая часть устройства; 3 – бульдозер; 5 – секции труб, уложенные в линию; 6 – готовая нитка трубопровода; 7 – пневматические подушки

4.5 Экономическая оценка экологической эффективности разработанных решений

Согласно [111] причиненный окружающей среде вред должен возмещаться. При этом размер вреда определяется только по методикам, утвержденным Минприроды России. Такая методика для определения вреда атмосферному воздуху введена в действие приказом Минприроды России от 28.01.2021 № 59 [112].

Область применения методики относится к [112]:

- объектам I категории – в случаях превышения технологических нормативов, НДВ высокотоксичных веществ, НДВ веществ с канцерогенными и мутагенными свойствами (I, II класс опасности);
- к объектам II категории, получивших КЭР – в перечисленных выше случаях;
- к объектам II категории, не получавших КЭР – в случаях превышения НДВ;
- к объектам III категории – в случаях превышения НДВ веществ первого и второго классов опасности.

По [113] рассмотренные в диссертации виды работ в зависимости от продолжительности относятся либо к III, либо к IV категории. По [33] взвешенные вещества – вещества 3-го класса. Кроме того, причинение вреда – это уже установленное свершившееся событие. Таким образом, в нашем случае методика [112] не может быть применена.

Поэтому по методике [114] рассчитан предотвращенный экологический ущерб $Y_{\text{пр}}$.

Расчет выполнен для операции погрузки грунта в самосвал. При его работе 300 смен в год валовой выброс пыли в атмосферный воздух, рассчитанные по методике [115], составят 4,441 т/год. При оснащении самосвала пылеулавливающей установкой, устройство которой показано на рисунке 4.4, с эффективностью 90 % валовой выброс сократится до 0,4441 т/год. Таким образом

$$\Delta m = 4,441 - 0,4441 = 3,997 \text{ т/год}$$

С учетом изменения уровня инфляции [116] за период с 1998 г. по 2025 г. получаем

$$\begin{aligned} Y_{\text{пр}} &= 24,1555 Y_{\text{уд}} \Delta m K_{\text{эр}} K_{\text{э}} = 24,1555 \cdot 63,7 \cdot 3,997 \cdot 1,33 \cdot 2,7 = \\ &= 22085,39 \text{ руб./год} \end{aligned}$$

4.6 Выводы по главе 4

1 Для снижения выбросов пыли в атмосферный воздух при земляных работах разработаны способы укрытия земляного отвала и обратной засыпки траншей с использованием биоразлагаемого материала.

2 Для снижения негативного воздействия на атмосферный воздух для операций загрузки грунта в самосвал и выгрузки из самосвала разработаны устройства аспирационных пылеулавливающих установок. Новизна разработанных технических решений подтверждена патентами РФ.

3 Для предотвращения распространения пыли в атмосферном воздухе при работе бульдозера и одноковшового экскаватора разработаны конструкции оросительных установок, оригинальность которых также подтверждена патентами РФ.

4 Разработаны технологические решения для снижения негативного воздействия на окружающую среду при ремонте подземных трубопроводов в городских условиях.

5 При загрузке грунта в самосвал, оснащенный аспирационной пылеулавливающей установкой разработанной конструкции, рассчитанный предотвращенный экологический ущерб составит 22085,39 руб./год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов выполненных исследований можно сделать следующие **основные выводы по работе**.

1 На основании анализа известных технических решений и методов борьбы с распространением пыли при прокладке инженерных сетей сделан вывод о недостаточности существующих исходных данных для расчета рассеивания выброса взвешенных частиц в атмосферу: концентрации и дисперсный состав пыли, вид виртуальных источников пылевыведения.

2 Исследование дисперсного состава пыли в месте проведения работ показало, что интегральная функция распределения объемов частиц от эквивалентного диаметра подчиняется закону Колмогорова лишь на центральном участке, в вероятностно логарифмической сетке, как правило, описывается не более, чем пятью сплайнами: гипербола, парабола, прямая, гипербола, парабола. Показано, что повышение влажности грунта в пределах от 0,25 до 2,5 % снижает значения интегральной функции распределения. Экспериментально получены значения понижающих коэффициентов, которые позволяют уточнить величину валовых выбросов и сдуваемость материала.

3 Разработана математическая модель для построения непрерывной и непрерывно дифференцируемой интегральной функции распределения массы пыли в месте выполнения земляных работ. Для реализации модели разработаны программы DustMatrix и DustMatrix 2.0.

4 Экспериментально получены выражения для аэродинамических характеристик частиц (скорость оседания, удельная сдуваемость) в зависимости от эквивалентных диаметров.

5 Для каждой технологической операции при разработке траншеи и отсыпки отвала грунта построены геометрические поверхности виртуальных неорганизованных источников, необходимые для расчета рассеивания частиц пыли. Разработана методология построения виртуальных цилиндрических поверхностей.

6 На основании результатов экспериментальных и теоретических исследований рассчитаны валовой и максимальный разовый выброс при разработке траншей и других технологических операциях земляных работ с использованием поверхностей виртуальных источников.

Показано, что уточнение начальных условий пылевыведений при прокладке подземных инженерных сетей позволит учесть распределение концентраций по высоте поверхности виртуального источника и уточнить прогноз запыленности в жилой зоне до 30 %.

Предложены рекомендации по организации строительного производства и организационно-технологические мероприятия для снижения пылевого загрязнения окружающей среды при осуществлении земляных работ: системы пылеулавливания, укрытия, орошения.

Перспективы дальнейшего исследования темы диссертации

- разработка всех возможных вариантов применения различных сплайнов для построения интегральной функции распределения объемов частиц по диаметрам;
- совершенствование существующих методик расчета рассеивания от неорганизованных источников не только при строительстве, но и в других отраслях;
- продолжение разработки технических решений для локализации вредных выбросов аэрозоля при других технологических процессах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Жилищное хозяйство в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа :<https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13234>.

2 Теличенко, В.И. Технология строительных процессов [Текст]/В.И. Теличенко, А.А. Липидус, О.М. Терентьев. – Москва:Высшаяшкола,2005. - Ч.2. - 392 с.

3Абрамян, С. Г. Технологические процессы в строительстве [Текст] : учебник. В 2-х ч. / С. Г. Абрамян, О. В. Бурлаченко, А. М. Ахмедов. – Волгоград :ВолГТУ, 2021. – Ч. 1. – 164 с.

4 Абрамян, С. Г. Технологические процессы в строительстве [Текст] : учебник. В 2-х ч. / С. Г. Абрамян, О. В. Бурлаченко, А. М. Ахмедов. – Волгоград :ВолГТУ, 2022. – Ч. 2. – 290 с.

5 Ахмедов, А. М. Производство земляных работ при строительстве уникальных зданий [Текст] : учеб.пособие / А. М. Ахмедов. – Волгоград :ВолГТУ, 2020. – 72 с.

6 Новиков, В. С. Совершенствование методов обеспечения экологической и производственной безопасности при производстве земляных работ в городском хозяйстве [Текст]: дис. . . . канд. техн. наук ; 05.23.19, 05.23.13/ В. С. Новиков. – Волгоград, 2012. – 137 с.

7 Кожевникова, Е. О. Проблема пылевого загрязнения городских территорий при производстве земляных работ и пути ее решения [Текст] / Е. О. Кожевникова //Аллея науки. – 2017. – Т. 1. – №. 14. – С. 676-688.

8 Стреляева, А. Б. Экологическая безопасность при проведении земляных работ [Текст] / А. Б. Стреляева, Е. А. Калюжина // Вестник ВолгГАСУ. Сер. : Строительство и архитектура. – 2017. - № 50 (69). – С. 321 – 329.

9 Стреляева, А. Б. Запыленность городских территорий при проведении земляных и строительно-отделочных работ [Текст] / А. Б. Стреляева, Е. А. Калюжина // Современная наука и инновации. – 2017. - № 4. – С. 20.

10 Воздействие загрязнения воздуха при строительстве на окружающую среду [Текст] / Е. А. Калюжина [и др.] // Актуальные проблемы и перспективы строительного комплекса : сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград : ВолгГТУ, 2021. – Ч. 2. – С. 317 – 320.

11 Барышникова, М. А. Опасность воздействия мелкодисперсной пыли со строительной площадки [Электронный ресурс] / М. А. Барышникова // Инженерный вестник Дона. – 2021. - № 10. - Режим доступа : <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7242>.

12 Occupational health risk assessment based on dust exposure during earth-work construction[Text] / Q. Luo [etc.] // Journal of Building Engineering. – 2021. – 103186.

13 Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life [Text] / U. Gehring [etc.] // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. –2010. - V. 181. - № 6.

14 Acute effects on pulmonary function in young healthy adults exposed to traffic-related air pollution in semi-closed transport hub in Beijing [Text] /J. Huang [etc.] // Environmental Health and Preventive Medicine. – 2016. - Vol. 21.– P. 312 – 320.

15 Differentiating the effects of fine and coarse particles on daily mortality in Shanghai, China [Text] /H. Kan [etc.] // Environment International. - 2007. - № 33.- P. 376 – 384.

16 Манжилевская, С. Е. Влияние мелкодисперсной пыли на окружающую среду при локальном строительстве [Текст] / С. Е. Манжилевская //Строительство и реконструкция. – 2020. – №. 6. – С. 86 - 98.

17 Организация мероприятий по охране атмосферного воздуха на строительных площадках от воздействия мелкодисперсной пыли [Электронный ресурс] / Л. К. Петренко [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2021. - № 12. - Режим доступа : <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7363>.

18 Сафина, А. М. Обоснование параметров гидрообеспыливания для снижения аэротехногенного воздействия автодорог на персонал угольных

разрезов [Текст] : дис. . . . канд. техн. наук ; 05.26.01 / А. М. Сафина. – Санкт-Петербург, 2020. – 93 с.

19 Александрова, В. Л. Оценка воздействия строительства газопровода на атмосферный воздух [Текст] / В. Л. Александрова, Л. М. Хасанова // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2022. – С. 255.

20 Влияние метеорологических условий на рассеивание вредных выбросов в городской среде [Электронный ресурс] / Ю. П. Иванова [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2020. - № 1. - Режим доступа : <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2020/6263>.

21 Кирсанов, Ю. Г. Оценка воздействия выбросов вредных веществ в атмосферный воздух [Текст] : учеб. пособие / Ю. Г. Кирсанов. – Екатеринбург : Изд – во Уральского ун – та, 2018. – 110 с.

22 Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе [Электронный ресурс] : утв. приказом Минприроды России от 6 июня 2017 г. № 273. – Режим доступа : <https://rpn.gov.ru/upload/iblock/e60/ijrcp19xjblgn42fayq0pbictbzx6fs/Prikaz-Minprirody-Rossii-ot-06.06.2017-N-273>.

23 Абдула, Ж. Моделирование распространение вещества в нижнем слое атмосферы [Текст] / Ж. Абдула, Т. А. Галагузова, А. Аяпбергенова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. - № 3. – Ч. 1. – С. 174 – 176.

24 Прогнозирование и моделирование распространения вредных примесей в нижнем слое атмосферы [Электронный ресурс] / Ж. Абдула [и др.] // Проблемы науки. – 2016. - № 3 (45). – С. 15 – 19. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-i-modelirovanie-rasprostraneniya-vrednyh-primesej-v-nizhnem-sloe-atmosfery>.

25 Математическое моделирование переноса загрязнений в окружающей среде [Текст] : учеб. пособие / Ш. Х. Зарипов [и др.]. – Казань : Казан. ун – т, 2018. – 47 с.

26 Математические модели переноса загрязнений в окружающей среде [Текст] : учеб. пособие / Ш. Х. Зарипов [и др.]. – Казань : Казан. ун – т, 2018. – 47 с.

27 Ахмедов, А. М. Исследование распространения пылевого загрязнения при работе одноковшового экскаватора [Текст] / А. М. Ахмедов // XXVII Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области : сб. материалов. – Волгоград : ВолгГТУ, 2023. – С. 411 – 413.

28 Голохваст, К. С. Выбросы автотранспорта и экология человека [Текст] : обзор литературы / К. С. Голохваст, В. В. Чернышев, С. М. Угай // Экология человека. – 2016. - № 1. – С. 9 – 14.

29 Оценка ущерба здоровью населения Москвы от воздействия взвешенных веществ в атмосферном воздухе [Электронный ресурс] / С. М. Новиков [и др.] // Гигиена и санитария. – 2009. - № 6. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/>.

30 Расчетное определение содержания мелкодисперсных частиц в приземном слое атмосферного воздуха (на примере г. Казани) [Текст] / С. В. Новикова [и др.] // Будущее машиностроения России ; сб. докладов 11-ой Всерос. конф. молодых ученых и специалистов. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – С. 492 – 496.

31 Шагидуллин, А. Р. Расчетное определение содержания частиц РМ в приземном слое атмосферного воздуха (на примере г. Казань) [Текст] / А. Р. Шагидуллин, Ю. А. Тунакова, К. Н. Новикова // Химия и инженерная экология – XVIII : сб. трудов междунар. науч. конф. - Казань : КНИТУ – КАИ, 2018. – С. 368 – 371.

32 Об экологических приоритетах для России [Текст] : доклад о человеческом развитии в Российской Федерации. – Под ред. С. Н. Бобылева, Л. М.

Григорьева. – Москва : Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2017. – 262 с.

33 СанПиН 1.2.3685 – 21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс] : утв. Постановлением главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2. – Режим доступа : www.consultant.ru.

34 Влияние мелкодисперсной пыли на биосферу и здоровье человека [Текст] / С. З. Калаева [и др.] // Известия ТулГУ ; Сер. : Науки о Земле. – 2016. – Вып. 3. – С. 40 - 58.

35 Possible mechanisms of cardiovascular effects of inhaled particles: systemic translocation and prothrombotic effects [Text] / A. Nemmar [etc.] // Toxicology Letters. – 2004. - Vol. 149. - №1 - 3. – P. 243 - 253.

36 Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from [Text] / E. Samoli [etc.] // Environmental Health Perspectives. – 2008. – Vol. 116 (11). – P. 1480 - 1486.

37 Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution [Text] / C. A. Pope III [etc.] // Journal of the American Medical Association. – 2002. - Vol. 287 (9). – P. 1132 - 1141.

38 Effects of particulate matter (PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁) on the cardiovascular system [Text] / G. Policetti[etc.] // Toxicology. – 2009. - Vol. 261. - №1 - 2.– P. 1-8.

39 The pharmacology of particulate matter air pollution-induced cardiovascular dysfunction [Text] / N. Bai [etc.] // Pharmacology and Therapeutics. – 2007. – Vol. 113. - №1.– P. 16 - 29.

40 Simkhovich, B. Z. Air Pollution and Cardiovascular Injury: Epidemiology, Toxicology and Mechanisms [Text] / B. Z. Simkhovich, M. T. Kleinman, R. A. Kloner // Journal of the American College of Cardiology. - 2008. - Vol. 52. - № 9.– P. 719 - 726.

41 Risk of Nonaccidental and Cardiovascular Mortality in Relation to Long-term Exposure to Low Concentrations of Fine Particulate Matter: A Canadian National-Level Cohort Study [Text] / D. L. Crouse [etc.] // Environmental Health Perspectives. – 2012. – Vol. 20. – № 5. – P. 708 - 714.

42 A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990 - 2010: a systematic analysis for Global Burden of Disease Study [Text] / S. S. Lim [etcl.] // The Lancet. - 2012. - Vol. 380. – P. 2224 - 2260.

43 Елисеева, Т. П. Исследование воздействия техногенных факторов на окружающую среду с целью обоснования управленческих решений по обеспечению экологической безопасности регионов России [Электронный ресурс] / Т. П. Елисеева, И. М. Ежова, И. Д. Лакирбая // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 2. – Режим доступа : <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2361>.

44 Urban air pollution 29 Urban air pollution 29 Urban air pollution / A .J. Cohen [etc.] // Comparative quantification of health risks. Global and regional burden of disease attributable to selected major factors. – Geneva : World Health Organization, 2004. – 2(17). – P.1354 - 1433.

45 Characteristics of Metals in Nano /Ultrafine/Fine/ Coarse Particles Collected Beside a Heavily Trafficked Road [Text] / C. – C. Lin [etc.] // Environmental Science & Technology. - 2005. - Vol. 39. - № 21. - P. 8113 – 8122.

46 Анализ обращения с строительными отходами в строительстве [Текст] / Г. И. Даутова [и др.] // Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово – Новокузнецк : КузГТУ им. В.Ф. Горбачева, 2020. – С. 136 – 139.

47 Чайковская, М. А. Роль твердых частиц в загрязнении атмосферного воздуха города Гомеля [Текст] / М. А. Чайковская // Современные достижения молодых ученых в медицине 2017 : сб. статей IV Республ. науч.-практ. конф. – Гродно : Гродненский государственный медицинский университет, 2017. – С. 223 – 226.

48 Азаров, В. Н. Анализ пыли, поступающей в атмосферу при разработке грунта бульдозерно-рыхлительным оборудованием [Электронный ресурс] / В. Н. Азаров, В. С. Новиков, Н. А. Маринин // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Сер. : Политематическая. – 2011. – Вып. 2 (16). - Режим доступа : www.vestnik.vgasu.ru.

49 Способ извлечения трубопровода, проложенного в грунте [Текст] : а.с. 1816311 СССР ; МПК F 16 L 1/02. - № 4464956/29 ; заявл. 22.07.88 ; опубл. 15.05.93, Бюл. № 18. – 3 с.

50 Защитный экологический экран как дополнительный инструмент снижения уровня негативного воздействия открытых горных работ на окружающую среду и население [Текст] / С. В. Бурцев [и др.] // Уголь. – 2018. - № 9 (1110). – С. 83 – 87.

51 Иванов, А. В. Инновационные возможности пылеподавления локальных и площадных источников в горной промышленности [Текст] / А. В. Иванов, Ю. Д. Смирнов, М. А. Пашкевич // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2012. - № 7. – С. 26 – 37.

52 Оценка эффективности гидрообеспыливания по снижению выбросов пыли от неорганизованных источников [Текст] / Ю. В. Горлов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. - № 10. – С. 11 – 14.

53 Способ обеспыливания пылящих поверхностей [Текст] : пат. 2542076 Рос. Федерация ; МПК E21F5/18 C09K 3/22. - № 2014100567/03 ; заявл. 09.01.14 ; опубл. 20.02.15, Бюл. № 5. – 10 с.

54 Способ пылеподавления на угольных разрезах [Текст] : пат. 2581733 Рос. Федерация ; МПК A01G15/00. - № 2015125945/13 ; заявл. 29.06.15 ; опубл. 20.04.16, Бюл. № 11. – 8 с.

55 Способ пылеподавления [Текст] : пат. 2634146 Рос. Федерация ; МПК E21F5/02 E21F5/20. - № 2016137601 ; заявл. 20.09.16 ; опубл. 24.10.17, Бюл. № 20. – 8 с.

56 Wallace, K. A. Development of a compact excavator mounted dust suppression system[Text] /K. A.Wallace, W. M. Cheung // Journal of cleaner production. – 2013. – Т. 54. – С. 344 - 352.

57 Ахмедов, А. М. Снижение пылевого загрязнения окружающей среды при осуществлении технологического процесса вскрытия траншеи [Электронный ресурс] / А. М. Ахмедов, В. Н. Азаров, Т. В. Соловьева // Инженерный вестник Дона. – 2021. - № 12. – 8 с. – Режим доступа : <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7363>.

58 Иванов, А. В. Вопросы оценки эффективности внедряемых пылезащитных экранов на этапе проектирования [Текст] / А. В. Иванов, А. В. Стриженов, И. К. Супрун // Геология и геофизика Юга России. – 2020. – Т. 10. - № 3. – С. 138 – 150.

59 Шумопылезащитный экран [Текст] : пат. 2209874 Рос. Федерация ; МПК E01F 8/00. - № 2010132764/15 ; заявл. 21.08.01 ; опубл. 10.08.03, Бюл. № 22. – 4 с.

60 Способ снижения выноса пыли с поверхности техногенного массива [Текст] : пат. 2285800 Рос. Федерация ; МПК E21C41/32. - № 2005119371/03 ; заявл. 21.06.05 ; опубл. 20.10.06, Бюл. № 29. – 7 с.

61 Устройство для снижения выноса пыли со строительной площадки [Текст] : пат. 139131 Рос. Федерация ; МПК E04B 1/92. - № 2013150487/03 ; заявл. 12.11.13 ; опубл. 10.04. 14, Бюл. № 10. – 7 с.

62 Пылезащитное устройство в строительстве [Текст] : пат. 150465 Рос. Федерация ; МПК E02D 17/00. - № 2014136502/03 ; заявл. 08.09.14 ; опубл. 20.02.15, Бюл. № 5. – 7 с.

63 Новиков, В. С. Совершенствование методов обеспечения экологической и производственной безопасности при производстве земляных работ в городском хозяйстве [Текст]: дис. . . . канд. техн. наук ; 05.23.19, 05.23.13/ В. С. Новиков. – Волгоград, 2012. – 137 с.

64 Способ извлечения трубопровода из грунта и устройство для его осуществления [Текст] : пат. 2044945 Рос. Федерация ; МПК F16L 1/28. - № 4927620/29 ; заявл. 17.04.91 ; опубл. 27.09.95, Бюл. № 27. – 4 с.

65 Способ демонтажа металлических трубопроводов и комплекс для его осуществления [Текст] : пат. 2227856 Рос. Федерация ; МПК F16L 1/028. - № 2001100230/06 ; заявл. 03.01.01 ; опубл. 27.04.04, Бюл. № 12. – 6 с.

66 Устройство для извлечения трубопровода из грунта [Текст] : пат. 2018760 Рос. Федерация ; МПК F 16 L 1/028. - № 4951474/29 ; заявл. 28.06.91 ; опубл. 30.08.94, Бюл. № 24. – 4 с.

67 Устройство для отрыва и подъема трубопровода из грунта [Текст] : пат. 2105226 Рос. Федерация ; МПК F 16 L 1/028. - № 96101562/06 ; заявл. 25.01.1996 ; опубл. 20.02.98, Бюл. № 5. – 4 с.

68 Устройство для извлечения трубопровода из грунта [Текст] : пат. 2123147 Рос. Федерация ; МПК F 16 L 1/028. - № 96118012/06; заявл. 10.09.96 ; опубл. 10.12.98, Бюл. № 34. – 4 с.

69 Бульдозер [Текст] : пат. 2410496 Рос. Федерация ; МПК E02F 3/76. - № 2009110675/03 ; заявл. 23.03.09 ; опубл. 27.09.10, Бюл. № 3. – 5 с.

70 Об аккредитации в национальной системе аккредитации [Текст] : федер. закон Рос. Федерации от 28 декабря 2013 г. № 412-ФЗ ; принят Гос. Думой Рос. Федерации 23 декабря 2013 г. ; одобр. Советом Федерации Рос. Федерации 25 декабря 2013 г. (ред. от 24.07.2023). – URL : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156522/?ysclid=m98k03ifu1571753058.

71 РД 52.04.186 – 89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы [Электронный ресурс] : в 3-х частях. – Москва : Гос. комитет СССР по гидрометеорологии, 1991. – Ч. 1. – Режим доступа : [www. OpenGost.ru](http://www.OpenGost.ru).

72 Градус, Л. Я. Руководство по дисперсионному анализу методом микроскопии [Текст] / Л. Я. Градус. – Москва : Химия, 1979. – 232 с.

73 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.

74 Азаров, В. Н. Дисперсный анализ методом микроскопии с применением ПЭВМ [Текст] / В. Н. Азаров, А. В. Ковалева, Н. М. Сергина // Экологическая безопасность и экономика городов и теплоэнергетических комплексов : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград, 1999. – С. 76.

75 Азаров, В. Н. Методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением персонального компьютера [Текст] / В. Н. Азаров, О. В. Юркъян, Н. М. Сергина // Законодательная и прикладная метрология. – 2004. - № 1. – С. 46 – 48.

76 Определение линейных размеров частиц зерна полбы методом оптической микроскопии [Текст] / В. Юков [и др.] // Хлебопродукты. - 2008. - № 7. - С. 58 - 59.

77 Определение дисперсного состава и формы частиц пыли методом цифровой микроскопии [Текст] / А. С. Черненко [и др.] // Физика аэродисперсных систем. - 2014. - № 51. - С. 115 - 123.

78 Сергина, Н. М. Об оценке фракционного состава пыли при инвентаризации стационарных источников и выбросов в производстве строительных изделий из древесины [Электронный ресурс] / Н. М. Сергина, Н. В. Неумержицкая // Инженерный вестник Дона. – 2016. - № 3. – Режим доступа : <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3700>.

79 ГОСТ Р 56929-2016 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Исследование фракционного состава пыли оптическим методом при нормировании качества атмосферного воздуха [Текст]. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 16 с.

80 ГОСТ Р 59667 – 21 Качество атмосферного воздуха. Методика определения фракционного состава пыли оптическим методом. Расчет концентраций взвешенных частиц PM_{2.5}, PM₁₀ на основе фракционного состава [Текст]. – Москва : Российский институт стандартизации, 2021. – 16 с.

81 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. SPOTEXPLORER 2018 / В. Н. Азаров [и др.] : Российская Федерация ; Волгоград : Волгоградский государственный технический университет. - № 2019617903 ; заявл. 06.2019 ; Бюл. № 7 (Ч. 1).

82 Колмогоров, А. Н. О логарифмически нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении [Текст] / А. Н. Колмогоров // Доклады Академии наук СССР. - 1941. - Т. 99. - № 31. - С. 99 - 101.

83 Справочник по специальным функциям [Текст]. – Под ред. М Абрамовица, И. Стиган. – Москва : Наука, 1979.

84 Чуличков, А. И. Математическая статистика [Электронный ресурс] : лекции ученых МГУ / А. И. Чуличков. – Режим доступа : <https://teach-in.ru/file/synopsis/pdf/mathematical-statistics-chulichkov2-M2.pdf>.

85 Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений [Электронный ресурс] : постановление Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. № 1847 (ред. от 04.09.2024 г.). – Режим доступа : <https://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-16112020-n-1847-ob-utverzhenii/?ysclid=ma5hrl2jvc392110658>.

86 Ахмедов, А. М. Исследование распространения пылевого загрязнения при работе одноковшового экскаватора [Текст] / А. М. Ахмедов // XXVII Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области : сб. материалов. – Волгоград : ВолГТУ, 2023. – С. 411 – 413.

87 РД 52.04.893 – 2020 Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений гравиметрическим методом [Текст]. – Санкт-Петербург : Росгидромет, 2020. – 24 с.

88 Ахмедов, А. М. Исследование конфигурации поверхности виртуального источника загрязнения воздушной среды при земляных работах в строительстве [Текст] / А. М. Ахмедов // Вестник Волгоградского архитектурно-строительного университета. Серия : Строительство и архитектура. – 2025. – Вып. 1 (98). – С. 220 – 228.

89 Уорк, К. Загрязнение воздуха. Источники и контроль [Текст] / К. Уорк, С. Уорнер. – Пер. с англ. А. В. Лысака и др. ; - Под ред. Е. Н. Тевяровского. – Москва : Мир, 1980. – 540 с.

90 РД 52.18.717 – 2009 Методика расчета рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере при аварийных выбросах [Текст]. – Обнинск : ООО «ПРИНТ - СЕРВИС», 2009. – 121 с.

91 Баранова, М. Е. Метод учета застройки в задаче переноса и рассеяния в атмосфере нуклидов от аварийных выбросов АЭС [Электронный ресурс] / М. Е. Баранова, А. С. Гаврилов, Е. В. Харченко // Экология. – 2023. - № 40. – С. 214 – 220. – Режим доступа :<https://rshu.ru/university/notes/archive/issue40/uz40-214-220.pdf?ysclid=makm12cm5u232074676>.

92 Ахназарова, С. Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии [Текст] : учеб. пособие / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. – Москва : Высшая школа, 1985. – 375 с.

93 Правила разработки и утверждения методик расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками [Электронный ресурс] : утв. Постановлением Правительства Рос. Федерации от 21 мая 2025 г. № 692. - Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

94 Achmedov, A. M. Modeling the dynamics of fine dust fraction in the surface layer of the atmosphere [Electronic recurs]/ Е. С. Савин, А. М. Ахмедов, А. В. Хоперсков // BIO Web of Conferences. Vol. 71: II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023) (Uzbekistan, Russia, July 3-5, 2023) / eds.: G. Uza-kov [et al.]. - Publisher : EDP Sciences, 2023. - Article 02013. - 7 p. - DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237102013>.

95 Ахмедов, А. М. Разработка экологически безопасного способа укладки магистрального нефтегазопровода [Текст] / А. М. Ахмедов, С. Г. Аб-рамян, А. Д. Потапов // Вестник МГСУ. – 2014. - № 5. – С. 100 – 107.

96 Ахмедов А. М. Экологически безопасный способ осуществления обратной засыпки траншей [Текст] / А. М. Ахмедов // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : сб. трудов междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград : ВолгГТУ, 2021. – Ч. 2. – С. 262 – 265.

97 Аспирационная пылеулавливающая установка [Текст] : пат. 2781341 Рос. Федерация ; МПК B08B15/02 B04C9/00. - № 2022108122 ; заявл. 28.03.2022 ; опубл. 11.10.2022, Бюл. № 29. – 8 с.

98 Аспирационная пылеулавливающая установка [Текст] : пат. 2788378 Рос. Федерация ; МПК B08B15/02 B04C9/00. - № 2022108111 ; заявл. 28.03.2022 ; опубл. 18.01.2023, Бюл. № 2. – 8 с.

99 Аспирационная пылеулавливающая установка [Текст] : пат. 2793670 Рос. Федерация ; МПК B08B15/02 B04C9/00. - № 2022114357 ; заявл. 27.05.2022 ; опубл. 04.04.2023, Бюл. № 10. – 7 с.

100 Аспирационное укрытие [Текст] : пат. 2821632 Рос. Федерация ; МПК E21F5/20 B65G 69/18. - № 2023132467 ; заявл. 08.12.2023 ; опубл. 25.06.2024, Бюл. № 18. – 9 с.

101 Аспирационная пылеулавливающая установка на базе транспортного средства [Текст] : пат. 2794309 Рос. Федерация ; МПК B08B15/02 B04C9/00. - № 2022114362 ; заявл. 27.05.2022 ; опубл. 14.04.2024, Бюл. № 11. – 7 с.

102 Бульдозер [Текст] : пат. 2825862 Рос. Федерация ; МПК E02F 3/76 E02F 3/80. - № 2023135371 ; заявл. 27.12.2023 ; опубл. 02.09.2024, Бюл. № 25. – 5 с.

103 Ахмедов, А. М. Снижение пылевого загрязнения окружающей среды при осуществлении технологического процесса вскрытия траншеи [Электронный ресурс] / А. М. Ахмедов, В. Н. Азаров, Т. В. Соловьева // Инженерный вестник Дона. – 2021. - № 12. – 8 с. – Режим доступа : <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7363>.

104 Распылительная система [Текст] : пат. 2781339 Рос. Федерация ; МПК *B05B13/00 B05B13/04 B05B7/04*. - № 2022105612 ; заявл. 02.03.2022 ; опубл. 11.10.2022, Бюл. № 29. – 9 с.

105 Achmedov, A. M. The Upgrading of the Technological Process of the Main Pipeline Break by Means of the Bucket with the Improved Running Gear [Electronic resource] / A. M. Achmedov // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. International science and technology conference «Earth science». – Vladivostok : Far Eastern Federal University, 2019. – Vol. 272. – 9 p. – URL : <https://iop-science.iop.org/article/10.1088/1755-1315/272/3/032023/pdf> (Published online: 21 June 2019).

106 Ахмедов, А. М. Пространственное устойчивое устройство для поддержки ремонтируемого участка магистрального трубопровода [Текст] / А. М. Ахмедов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2017. - № 8. – С. 20 – 25.

107 Устройство для монтажа магистрального трубопровода [Текст] : пат. 147232 Рос. Федерация ; МПК *F16L 1/00*. - № 2014111425/06 ; заявл. 25.03.2014 ; опубл. 27.10.2014, Бюл. № 30. – 2 с.

108 Ахмедов, А. М. Инновационное устройство для монтажа магистрального трубопровода [Текст] / А. М. Ахмедов // Строительство – формирование среды жизнедеятельности : сб. трудов XVIII междунар. науч.-практ. конф. – Москва : МГСУ, 2015. – С. 925 – 930.

109 Ахмедов, А. М. Совершенствование технологической операции центровки секций труб под сварку при осуществлении строительства и методов капитального ремонта магистральных трубопроводов [Электронный ресурс] / А. М. Ахмедов // Инженерный вестник Дона. – 2017. - № 1. – 13 с. – Режим доступа : http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_24_akhmedov_am.pdf_db613836bc.pdf.

110 Ахмедов, А. М. Экологически безопасный способ осуществления монтажа стальных трубопроводов больших диаметров в условиях городской застройки [Электронный ресурс] / А. М. Ахмедов, И. В. Тertiшников, В. Н.

Азаров // Инженерный вестник Дона. – 2021. - № 12. – 8 с. – Режим доступа : ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7335.

111 Об охране окружающей среды [Текст] :федер. закон Рос. Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ : принят Гос. Думой Рос. Федерации 20 декабря 2001 г. ; одобрен Советом Федерации Рос. Федерации 26 декабря 2001 г. . (с изм. от 08.08.2024).

112 Об утверждении Методики исчисления вреда, причиненного атмосферному воздуху как компоненту природной среды [Электронный ресурс] : приказ Минприроды России от 28 января 2021 г. № 59. – Режим доступа : <https://priroda.samregion.ru/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/prikaz-minprirody-rossii-ot-28.01.2021-№59.pdf>.

113 Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий [Электронный ресурс] : Постановление Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 № 2398 (в ред. Постановлений Правительства РФ от 07.10.2021 № 1703, от 18.12.2024 № 1814). – Режим доступа : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373399/.

114 Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба [Электронный ресурс]. – Москва : Гос. комитет РФ по охране окружающей среды, 1999. – 44 с. – Режим доступа : <http://esp.iwp.ru/Download/02/Методика%20опред.%20предовр.%20экол.%20ущерба.pdf>.

115 Методическое пособие по расчёту выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов [Текст]. – Новороссийск : ЗАО «НИПИОТСТРОМ», 2000. – 28 с.

116 Инфляция в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://xn----ctbjnaatncev9av3a8f8b.xn--p1ai/>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ



Аттестат выдается российским
национальным органом по аккредитации
- Федеральной службой по аккредитации
(Росаккредитация), являющейся
федеральным органом исполнительной
власти, и действующий в соответствии с
Федеральным законом от 28 декабря
2013 года № 412-ФЗ "Об аккредитации в
национальной системе аккредитации".
Аккредитация является обязательной
свидетельством компетентности лица
осуществлять деятельность в
определенной области аккредитации.
Лица не вправе сомневаться на наличие у
него аккредитации в национальной
системе для применения работ по оценке
соответствия за пределами Российской
области аккредитации.
Настоящий аттестат является выпиской
из реестра аккредитованных лиц,
сформирован в автоматическом режиме и
удостоверяет аккредитацию на дату ее
формирования. Аттестатные сведения об
области аккредитации и статусе
аккредитованного лица размещены в
реестре аккредитованных лиц на
официальном сайте Росаккредитации по
адресу <http://rta.fsa.gov.ru>



АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ

РОСС RU.0001.510592

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА И
ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ЮЖНОМУ ФЕДЕРАЛЬНОМУ ОКРУГУ", ИНН 6168054889
344091, РОССИЯ, ОБЛАСТЬ РОСТОВСКАЯ, ГОРОД РОСТОВ-НА-ДОНУ, УЛИЦА МАЛИНОВСКОГО, ДОМ 26А

**ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ФИЛИАЛА ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ "ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА И ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ
ПО ЮЖНОМУ ФЕДЕРАЛЬНОМУ ОКРУГУ" - ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА И ТЕХНИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ ПО ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

соответствует требованиям

ГОСТ ISO/IEC 17025-2019

Дата внесения в реестр сведений
об аккредитованном лице 06 июля 2015 г.

Дата
формирования
выписки
20 июня 2024 г.



ПРИЛОЖЕНИЕ К АТТЕСТАТУ АККРЕДИТАЦИИ РОСС RU.0001.510592

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНОГО
АНАЛИЗА И ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ЮЖНОМУ ФЕДЕРАЛЬНОМУ ОКРУГУ", ИНН
6168054889

Адреса места (мест) осуществления деятельности:

400001, РОССИЯ, Волгоградская область, Волгоград, ул. Профсоюзная, д. 30;

Аккредитация осуществлена российским национальным органом по аккредитации - Федеральной службой по аккредитации (Росаккредитация), являющейся федеральным органом исполнительной власти, и действующей в соответствии с Федеральным законом от 28 декабря 2013 года № 412-ФЗ "Об аккредитации в национальной системе аккредитации".

Аккредитация является официальным свидетельством компетентности лица осуществлять деятельность в определенной области аккредитации. Лицо не вправе ссылаться на наличие у него аккредитации в национальной системе для проведения работ по оценке соответствия за пределами утвержденной области аккредитации.

Настоящий аттестат является выпиской из реестра аккредитованных лиц, сформирован в автоматическом режиме и удостоверяет аккредитацию на дату ее формирования. Актуальные сведения об области аккредитации и статусе аккредитованного лица размещены в реестре аккредитованных лиц на официальном сайте Росаккредитации по адресу <http://fsa.gov.ru/>



Дата формирования выписки 20 июня 2024 г.

Стр. 1/1

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА И ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО
ЮЖНОМУ ФЕДЕРАЛЬНОМУ ОКРУГУ»**

(ФГБУ «ЦЛАТИ по ЮФО»)

Юридический адрес: 344091, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, ул. Малиновского, д. 26 А

филиал «ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА И ТЕХНИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ ПО ЮЖНОМУ ФЕДЕРАЛЬНОМУ ОКРУГУ» – ЦЕНТР ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА И ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ по Волгоградской области

(филиал ФГБУ «ЦЛАТИ по ЮФО» - ЦЛАТИ по Волгоградской области)

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

400001, РОССИЯ, Волгоградская область, Волгоград, ул. Профсоюзная, д. 30, телефон: 8 (8442) 94-86-60, e-mail: clativolga@yandex.ru

УТВЕРЖДАЮ:

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре
аккредитованных лиц РОСС RU.0001.510592, дата внесения в реестр
аккредитованных лиц: 06.07.2015

И.о. руководителя ИЛ филиала ФГБУ «ЦЛАТИ по
ЮФО» – ЦЛАТИ по Волгоградской области

« 04 » 02 2025 Н.К. Кочарян м.п.

дата утверждения и выдачи

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ (ИЗМЕРЕНИЙ) ПРОБ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

№ 22а/25 от 04.02.2025

Уникальный номер

дата составления

Экземпляр № 2 из 2

Раздел I. Общие сведения

Основание на проведение отбора (измерений) проб	Дополнительное соглашение № 1 к договору № 2.127/01-01 от 12.12.2024
Заказчик работ	ООО «НОКС»
Контактные данные заказчика:	
- юридический адрес	400005, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 57, этаж 2, офис 2
- фактический адрес	400005, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 57
- ИНН	3443080554
- телефон, электронный адрес (при наличии)	8-961-074-15-55, oonoks@inbox.ru
Наименование обследуемого предприятия (объекта)	ООО «НОКС»
- юридический адрес	400005, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 57, этаж 2, офис 2
- фактический адрес	400005, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 57
ИНН	3443080554
Цель отбора (измерений) пробы	Определение содержания концентраций загрязняющих веществ
Место осуществления лабораторной деятельности на площадках заказчика, либо на мобильных (передвижных) объектах	1. РОССИЯ, Волгоградская область, Волгоград, ул. Профсоюзная, д. 30 2. г. Волгоград, ул. Пржевальского, кв-л 12

Раздел II. Сведения об отборе проб

Ссылка на программу (план) отбора проб	Программа отбора в соответствии с заявкой на проведение отбора проб, лабораторный исследований (испытаний) и измерений № 263 от 17.12.2024
Отбор (измерения) проб(ы) выполнен	Ведущим инженером сектора отбора образцов, прямых измерений Егоровым А.В.
В присутствии уполномоченного(ных) представителя(ей)	Д.т.н. Боровкова Д.П.
Протокол отбора (измерений) проб(ы): лабораторный/заказчика	№ 1 от 23.01.2025
Дата и время отбора проб(ы)	23.01.2025 13.48-14.18
Дата и время поступления проб(ы) в лабораторию	23.01.2025 19.00
Сроки выполнения измерений	23.01.2025-24.01.2025
Место проведения отбора проб	г. Волгоград, ул. Пржевальского, кв-л 12

Протокол № 22а/25 от 04.02.2025, страница 1 из 2

Продолжение раздела II. Сведения об отборе проб

Таблица № 1. «Условия отбора (измерений) проб»					
Точка отбора	Скорость ветра, м/с Направление ветра, градусы	Температура, °С	Влажность, %	Атмосферное давление, кПа	Погодные условия
-	6 м/с; 98°	- 7	58	102,5	облачно
Условия транспортировки и хранения проб(ы) до поступления в лабораторию					

Раздел III. Сведения о средствах измерения и испытательном оборудовании

Таблица № 2. «Сведения об используемых средствах отбора (измерений) проб»			
Наименование, тип	Заводской номер	Номер свидетельства о поверке (№ ФИФ по ОЕИ), аттестата	Окончание срока действия поверки, аттестата
Прибор для отбора проб воздуха ПА-300М-2	391	С-АЕЯ/28-08-2024/366046620	27.08.2025
Прибор контроля параметров воздушной среды Метеометр МЭС-200А	7177	С-БИ/16-12-2024/395972943	15.12.2025
Метеорологическая станция М-49	1	С-БИ/03-06-2024/348795269	02.06.2025
Весы лабораторные равноплечные 2-го класса ВЛР-200 г	П259	С-АЕЯ/02-12-2024/393967877	01.12.2025

Раздел IV. Сведения о нормативных документах, устанавливающие метод проведения измерений и процедуру отбора (измерений) проб

Таблица № 3. «Сведения об используемых нормативных документах»		
№ п/п	Номер/Обозначение	Наименование
1	РД 52.04.186-89 часть I п. 4.2.1, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.4	Руководство по контролю загрязнения атмосферы
2	РД 52.04.893-2020	Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений гравиметрическим методом

Раздел V. Сведения о полученных результатах испытаний (измерений) проб

Таблица № 4. «Результаты испытаний (измерений) проб, идентификация применяемого метода выполнения измерений и пр.»					
Точка отбора (измерений) пробы:		Бросок ковшом экскаватора. При высоте выгрузки грунта из ковша в 2 м. При расстоянии от точки броска 7,5 м. Подветренная сторона.			
Результаты испытаний (измерений) проб:					
Определяемый показатель	Регистрационный номер пробы/ измерения	Время отбора пробы	Единицы измерения	Результаты измерений с погрешностью P= 0,95 (расширенной неопределенностью при коэффициенте охвата k = 2), X ср ± Δ (U), (при н.у.)*	ИД на методы выполнения измерений
Взвешенные вещества	3	13.48-14.18	мг/м ³	0,39 ± 0,05	РД 52.04.893-2020

Раздел VI. Дополнительные сведения

Результат испытаний, представленный со знаками < - менее, > - более означает получение массовой концентрации определяемого показателя ниже/выше нижней/верхней границы диапазона измерений, указанного в действующей области аккредитации	
Информация, необходимая для оценки неопределенности измерений для последующих испытаний: отбор проб, исследования (испытания) и измерения проведены в соответствии с ИД на МВИ (см. раздел IV)	
Сведения об отборе арбитражных (параллельных) проб	Не отбирались
Дополнительные сведения об отборе (измерений) проб	Нет
Отклонение, дополнение или исключение из метода	Отсутствуют

Раздел VII. Заявления лаборатории

Результаты измерений в данном протоколе относятся только к пробам прошедшим испытания.	
Испытательная лаборатория филиала ФГБУ «ЦЛАТИ по ЮФО» - ЦЛАТИ по Волгоградской области несет ответственность за всю информацию, предоставленную в протоколе испытаний (измерений), за исключением случаев, когда информация предоставляется заказчиком.	
В случае отбора проб заказчиком или другой организацией результаты испытаний (измерений) проб, приведенные в настоящем протоколе, относятся только к представленной (ым) заказчиком (ам), испытательная лаборатория не несет ответственности за соблюдение процедуры отбора, транспортировки и доставки проб.	
Запрещается частичная перепечатка или копирование протокола измерений без письменного разрешения директора филиала ФГБУ «ЦЛАТИ по ЮФО» - ЦЛАТИ по Волгоградской области	

Ответственный за оформление протокола измерений проб:

Главный специалист

Протокол подготовил:

Ведущий инженер испытательной лаборатории

Протокол проверил:

Инженер по качеству

должность

подпись

подпись

подпись

Ю.Г. Сидорова
ФИОМ.С. Шумилина
ФИОА.Ю. Муковникова
ФИО

Протокол № 22а/25 от 04.02.2025, страница 2 из 2

ОКОНЧАНИЕ ПРОТОКОЛА

Продолжение раздела II. Сведения об отборе проб

Таблица № 1. «Условия отбора (измерений) проб»					
Точка отбора	Скорость ветра, м/с Направление ветра, градусы	Температура, °C	Влажность, %	Атмосферное давление, кПа	Погодные условия
-	6 м/с; 98°	- 7	58	102,5	облачно
Условия транспортировки и хранения проб(ы) до поступления в лабораторию					

Раздел III. Сведения о средствах измерения и испытательном оборудовании

Таблица № 2. «Сведения об используемых средствах отбора (измерений) проб»			
Наименование, тип	Заводской номер	Номер свидетельства о поверке (№ ФИФ по ОЕИ), аттестата	Окончание срока действия поверки, аттестата
Прибор для отбора проб воздуха ПА-300М-2	391	С-АЕЯ/28-08-2024/366046620	27.08.2025
Прибор контроля параметров воздушной среды Метеометр МЭС-200А	7177	С-БИ/16-12-2024/395972943	15.12.2025
Метеорологическая станция М-49	1	С-БИ/03-06-2024/348795269	02.06.2025
Весы лабораторные равноплечие 2-го класса ВЛР-200 г	П259	С-АЕЯ/02-12-2024/393967877	01.12.2025

Раздел IV. Сведения о нормативных документах, устанавливающие метод проведения измерений и процедуру отбора (измерений) проб

Таблица № 3. «Сведения об используемых нормативных документах»		
№ п/п	Номер/Обозначение	Наименование
1	РД 52.04.186-89 часть 1 п. 4.2.1, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.4	Руководство по контролю загрязнения атмосферы
2	РД 52.04.893-2020	Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений гравиметрическим методом

Раздел V. Сведения о полученных результатах испытаний (измерений) проб

Таблица № 4. «Результаты испытаний (измерений) проб, идентификация применяемого метода выполнения измерений и пр.»					
Точка отбора (измерений) пробы:		Бросок ковшем экскаватора. При высоте выгрузки грунта из ковша в 2 м. При расстоянии от точки броска 5 м. Подветренная сторона			
Результаты испытаний (измерений) проб:					
Определяемый показатель	Регистрационный номер пробы/ измерения	Время отбора пробы	Единицы измерения	Результаты измерений с погрешностью P= 0,95 (расширенной неопределенностью при коэффициенте охвата k= 2), X ср ± Δ (U), (при н.у.)*	НД на методы выполнения измерений
Взвешенные вещества	1	10.40-11.10	мг/м³	2,6 ± 0,3	РД 52.04.893-2020

Раздел VI. Дополнительные сведения

Результат испытаний, представленный со знаками < - менее, > - более означает получение массовой концентрации определяемого показателя ниже/выше нижней/верхней границы диапазона измерений, указанного в действующей области аккредитации

Информация, необходимая для оценки неопределенности измерений для последующих испытаний: отбор проб, исследования (испытания) и измерения проведены в соответствии с НД на МВИ (см. раздел IV)

Сведения об отборе арбитражных (параллельных) проб	Не отбирались
Дополнительные сведения об отборе (измерений) проб	Нет
Отклонение, дополнение или исключение из метода	Отсутствуют

Раздел VII. Заявления лаборатории

Результаты измерений в данном протоколе относятся только к пробам прошедшим испытания.
Испытательная лаборатория филиала ФГБУ «ЦЛАТИ по ЮФО» - ЦЛАТИ по Волгоградской области несет ответственность за всю информацию, предоставленную в протоколе испытаний (измерений), за исключением случаев, когда информация предоставляется заказчиком.
В случае отбора проб заказчиком или другой организацией результаты испытаний (измерений) проб, приведенные в настоящем протоколе, относятся только к представленной (ым) заказчиком пробе (ам), испытательная лаборатория не несет ответственности за соблюдение процедуры отбора, транспортировки и доставки проб. Запрещается частичная перепечатка или копирование протокола измерений без письменного разрешения директора филиала ФГБУ «ЦЛАТИ по ЮФО» - ЦЛАТИ по Волгоградской области.

Ответственный за оформление протокола измерений проб:

Главный специалист _____
должность
Протокол подготовил: _____
Ведущий инженер испытательной лаборатории _____
должность
Протокол проверил: _____
Инженер по качеству _____
должность

подпись

подпись

подпись

Ю.Г. Сидорова
ФИО
М.С. Шумилина
ФИО
А.Ю. Муковникова
ФИО

Протокол № 20а/25 от 04.02.2025, страница 2 из 2

ОКОНЧАНИЕ ПРОТОКОЛА

Продолжение раздела II. Сведения об отборе проб

Таблица № 1. «Условия отбора (измерений) проб»					
Точка отбора	Скорость ветра, м/с Направление ветра, градусы	Температура, °C	Влажность, %	Атмосферное давление, кПа	Погодные условия
-	6 м/с; 98°	- 7	58	102,5	облачно
Условия транспортировки и хранения проб(ы) до поступления в лабораторию					

Раздел III. Сведения о средствах измерения и испытательном оборудовании

Таблица № 2. «Сведения об используемых средствах отбора (измерений) проб»			
Наименование, тип	Заводской номер	Номер свидетельства о поверке (№ ФИФ по ОЕИ), аттестата	Окончание срока действия поверки, аттестата
Прибор для отбора проб воздуха ПА-300М-2	391	С-АЕЯ/28-08-2024/366046620	27.08.2025
Прибор контроля параметров воздушной среды Метеометр МЭС-200А	7177	С-БИ/16-12-2024/395972943	15.12.2025
Метеорологическая станция М-49	1	С-БИ/03-06-2024/348795269	02.06.2025
Весы лабораторные равноплечие 2-го класса ВЛР-200 г	П259	С-АЕЯ/02-12-2024/393967877	01.12.2025

Раздел IV. Сведения о нормативных документах, устанавливающие метод проведения измерений и процедуру отбора (измерений) проб

Таблица № 3. «Сведения об используемых нормативных документах»		
№ п/п	Номер/Обозначение	Наименование
1	РД 52.04.186-89 часть 1 п. 4.2.1, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.4	Руководство по контролю загрязнения атмосферы
2	РД 52.04.893-2020	Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха. Методика измерений гравиметрическим методом

Раздел V. Сведения о полученных результатах испытаний (измерений) проб

Таблица № 4. «Результаты испытаний (измерений) проб, идентификация применяемого метода выполнения измерений и пр.»						
Точка отбора (измерений) пробы:		Бросок ковшем экскаватора. При высоте выгрузки грунта из ковша в 4 м. При расстоянии от точки броска 5 м. Подветренная сторона				
Результаты испытаний (измерений) проб:						
Определяемый показатель	Регистрационный номер пробы/ измерения	Время отбора пробы	Единицы измерения	Результаты измерений с погрешностью Р= 0,95 (расширенной неопределенностью при коэффициенте охвата k = 2), X ср ± Δ (U), (при н.у.)*		НД на методы выполнения измерений
Взвешенные вещества	2	13.16-13.46	мг/м ³	4,1	± 0,5	РД 52.04.893-2020

Раздел VI. Дополнительные сведения

Результат испытаний, представленный со знаками < - менее, > - более означает получение массовой концентрации определяемого показателя ниже/выше нижней/верхней границы диапазона измерений, указанного в действующей области аккредитации	
Информация, необходимая для оценки неопределенности измерений для последующих испытаний: отбор проб, исследования (испытания) и измерения проведены в соответствии с НД на МВИ (см. раздел IV)	
Сведения об отборе арбитражных (параллельных) проб	Не отбирались
Дополнительные сведения об отборе (измерений) проб	Нет
Отклонение, дополнение или исключение из метода	Отсутствуют

Раздел VII. Заявления лаборатории

Результаты измерений в данном протоколе относятся только к пробам прошедшим испытания.

Испытательная лаборатория филиала ФГБУ «ЦЛАТИ по ЮФО» - ЦЛАТИ по Волгоградской области несет ответственность за всю информацию, предоставленную в протоколе испытаний (измерений), за исключением случаев, когда информация предоставляется заказчиком.

В случае отбора проб заказчиком или другой организацией результаты испытаний (измерений) проб, приведенные в настоящем протоколе, относятся только к представленной (ым) заказчиком пробе (ам), испытательная лаборатория не несет ответственности за соблюдение процедуры отбора, транспортировки и доставки проб.

Запрещается частичная перепечатка или копирование протокола измерений без письменного разрешения директора филиала ФГБУ «ЦЛАТИ по ЮФО» - ЦЛАТИ по Волгоградской области.

Ответственный за оформление протокола измерений проб:

Главный специалист _____
должность

Протокол подготовил: _____
Ведущий инженер испытательной лаборатории
должность

Протокол проверил: _____
Инженер по качеству
должность

подпись

подпись

подпись

Ю.Г. Сидорова
ФИО

М.С. Шумилина
ФИО

А.Ю. Муковникова
ФИО

Протокол № 21а/25 от 04.02.2025, страница 2 из 2

ОКОПЧАНИЕ ПРОТОКОЛА

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ВЕГА-ЭКО»**ООО «ВЕГА – эко»**Юридический адрес: 394036, Воронежская область, город Воронеж,
улица Театральная, дом 34, помещение XI, офис 4.

Фактический адрес: 394026, Воронежская область, город Воронеж, проспект Труда, 48, этаж 4

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ООО «ВЕГА – эко»

Фактический адрес места осуществления деятельности испытательной лаборатории:

394026, Россия, Воронежская область, город Воронеж, улица Еремеева, дом 7А.

Тел. 8 (473) 246-28-55, 246-04-75 Email: lab@vega-eco.ru

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц РОСС RU.0001.516083
от 14 июля 2015г

УТВЕРЖДАЮ

Директор лаборатории
ООО «ВЕГА-эко»

Мышко Д.С..

« 08 » 2025 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 142 - АВ/2025**1. Наименование и контактные данные заказчика:**

Заказчик работ:	Ахмедов Асвар Микдадович
-юридический адрес:	г.Волгоград, ул.им Землячки, дом 46, кв. 28
-фактический адрес:	г.Волгоград, ул.им Землячки, дом 46, кв. 28
-ИНН:	-
-телефон, электронный адрес:	344313277379

2. Наименование и адрес места отбора (измерения) образцов:

СНТ 40 лет Октября ул. Пржевальского 12/1

3. Объект испытаний: Атмосферный воздух**4. Цель проведения испытаний: Отбор проб и проведение исследований атмосферного воздуха в точках согласно схеме****5. Ссылка на план и метод отбора образцов:**

План и метод отбора указан в Акте отбора (измерения) образцов № 141-АВ/2025 от 07.08.2025г.

6. Наименование образца испытаний:

Точка №1 - Согласно план-схеме с подветренной стороны на высоте 0,75 м.
 Точка №2 - Согласно план-схеме с подветренной стороны на высоте 1,5 м.
 Точка №3 - Согласно план-схеме с подветренной стороны на высоте 2,25 м.
 Точка №4 - Согласно план-схеме с подветренной стороны при работе одноковшового экскаватора на расстоянии 7,5 м.
 Точка №5 - Согласно план-схеме с подветренной стороны при работе одноковшового экскаватора на расстоянии 15 м
 Точка №6 - Согласно план-схеме с подветренной стороны при работе одноковшового экскаватора на расстоянии 30 м
 Точка №7 - с боковых сторон при работе одноковшового экскаватора согласно план-схеме
 Точка №8 - с боковых сторон при работе одноковшового экскаватора согласно план-схеме согласно схеме

7. Номер акта отбора, дата и время отбора образцов (проведения измерений):

Акте отбора (измерения) образцов № 141-АВ/2025, 07.08.2025 с 10ч 30 до 14ч 40 мин

8. Дата и время получения образцов лабораторией: 12.08.2025 в 10ч 25мин**9. Дата осуществления лабораторной деятельности: 12.08.2025-12.08.2025****10. Средства измерений, применяемые при проведении испытаний:**

Прибор контроля параметров воздушной среды метеометр МЭС-200А, зав. №5218, свидетельство о поверке № С-СП/05-12-2024/393687422 до 04.12.2025;
 Секундомер СОС пр-26-2-000, зав. №5967, свидетельство о поверке № С-БМ/06-03-2025/415059418 до 05.03.2026;
 Аспиратор ПУ-3Э, зав. № 1560, свидетельство о поверке № С-МА/16-01-2025/403322665 до 15.01.2026;
 Счетчик объемный диафрагменный ВК-G4, зав. № 07095271, свидетельство о поверке № С-БМ/16-02-2021/42839602 до 15.02.2031;
 Рулетка измерительная ЭНКОР каучук РФ3-5-19, зав. № 2, свидетельство о поверке № С-БМ/30-05-2025/436210106 до 29.05.2026;
 Анеморумбометр МПВ 602.12100.2, зав. № 12120104013, свидетельство о поверке № С-ДЮП/10-04-2025/424626495 до 09.04.2027;
 Измеритель сигнала токовой петли ИТП-11.3Л, зав. № 74069201034098880, свидетельство о поверке № С-БМ/09-11-2023/293366677 до 08.11.2026;
 Весы лабораторные равноплечие ВЛР-200, зав. №624, свидетельство о поверке №С-БМ/23-10-2024/381745164 до 22.10.2025.

12. Дополнения, отклонения или исключения из метода: нет

13. Дополнительные сведения:

1. План-схема указана в Приложении №1 к Акту (предоставлена заказчиком).
2. Направление ветра при проведении испытаний (отборе образцов):
 Точка №1 – Северо-Запад
 Точка №2 – Северо-Запад
 Точка №3 – Северо-Запад
 Точка №4 – Северо-Запад
 Точка №5 – Северо-Запад
 Точка №6 – Северо-Запад
 Точка №7 – Северо-Запад
 Точка №8 – Северо-Запад

Протокол испытаний не может быть воспроизведен не в полном объеме без письменного разрешения испытательной лаборатории ООО «ВЕГА-эко»

Протокол испытаний № 141-АВ/2025
 Страница 2 из 5

14. Результаты испытаний:

Полученные результаты относятся только к образцам, прошедшим испытания. Испытательная лаборатория несет ответственность за всю информацию, представленную в протоколе.

Идентификация точки отбора образцов и/или проведения измерений	Метеорологические условия при отборе образцов				Однозначная идентификация (шифр) образца	Определяемый показатель	Результаты испытаний, мг/м³				Идентификация применяемого метода
	Температура, °C	Атмосферное давление, мм. рт. ст.	Относительная влажность, %	Скорость движения ветра, м/с			Обнаруженная концентрация, X	Граничные погрешности, ±δ	Значение показателя точности измерения	Расширенная неопределенность, ±U	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Точка №1 - Согласно плану-схеме с подветренной стороны на высоте 0,75 м.	32,1	756	36	0,5	8955.1.1-AB-1.1.1/25	Взвешенные вещества	Более 10,0	-	-	-	РД 52.04.893-2020 (изд.2020)
Точка №2 - Согласно плану-схеме с подветренной стороны на высоте 1,5 м.	32,8	756	35	0,5	8955.1.1-AB-2.1.1/25	Взвешенные вещества	7,61	0,84	-	-	РД 52.04.893-2020 (изд.2020)
Точка №3 - Согласно плану-схеме с подветренной стороны на высоте 2,25 м.	32,9	756	35	0,5	8955.1.1-AB-3.1.1/25	Взвешенные вещества	3,70	0,41	-	-	РД 52.04.893-2020 (изд.2020)

Протокол испытаний не может быть воспроизведен не в полном объеме без письменного разрешения испытательной лаборатории ООО «ВЕГА-эко»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Точка №4 - Согласно план- схеме с подветренной стороны при работе однокошного экскаватора на расстоянии 7,5 м.	33,2	756	33	0,5	8955.1.1-AB-4.1.1/25	Взвешенные вещества	4,50	0,49	-	РД 52.04.893-2020 (изд.2020)
Точка №5 - Согласно план- схеме с подветренной стороны при работе однокошного экскаватора на расстоянии 15 м	33,4	756	32	0,5	8955.1.1-AB-5.1.1/25	Взвешенные вещества	3,00	0,33	-	РД 52.04.893-2020 (изд.2020)
Точка №6 - Согласно план- схеме с подветренной стороны при работе однокошного экскаватора на расстоянии 30 м	33,4	756	32	0,5	8955.1.1-AB-6.1.1/25	Взвешенные вещества	0,571	0,063	-	РД 52.04.893-2020 (изд.2020)
Точка №7 - с боковых сторон при работе однокошного экскаватора согласно план- схеме	33,6	756	30	0,5	8955.1.1-AB-7.1.1/25	Взвешенные вещества	9,7	1,1	-	РД 52.04.893-2020 (изд.2020)

Протокол испытаний не может быть воспроизведен не в полном объеме без письменного разрешения испытательной лаборатории ООО «ВЕГА-эко»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Точка №8 - с боковых сторон при работе одноковшового экскаватора согласно план-схеме согласно схеме	33,8	756	31	0,5	8955.1.1-AB-8.1.1/25	Взвешенные вещества	3,70	0,41	-	РД 52.04.893-2020 (изд.2020)

Протокол не содержит результатов испытаний, полученных от внешних поставщиков.

Примечание: «-» - идентификация характеристики не требуется

Ответственный за

оформление протокола:

Менеджер по качеству

Должность



Подпись

Неумержицкая О.В.

ФИО

Номер экземпляра 

О К О Н Ч А Н И Е П Р О Т О К О Л А И С П Ы Т А Н И Й

Протокол испытаний не может быть воспроизведен не в полном объеме без письменного разрешения испытательной лаборатории ООО «ВЕГА-эко»

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Патентная документация

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

2 781 341 (13) C1

(51) МПК
 B08B 15/02 (2006.01)
 B04C 9/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
 B08B 15/02 (2022.05); B08B 15/002 (2022.05); B04C 9/00 (2022.05)

(21)(22) Заявка: 2022108122, 28.03.2022
 (24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 28.03.2022
 Дата регистрации:
 11.10.2022
 Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: 28.03.2022
 (45) Опубликовано: 11.10.2022 Бюл. № 29
 Адрес для переписки:
 400005, г. Волгоград, пр-кт им. В.И. Ленина, 28,
 ФГБОУ ВО ВГТУ, Кузьмин Сергей
 Викторович

(72) Автор(ы):
 Фоменко Николай Александрович (RU),
 Ахмедов Асвар Мигдадович (RU),
 Бурлаченко Олег Васильевич (RU),
 Фоменко Владислав Николаевич (RU),
 Бурлаченко Александр Олегович (RU)
 (73) Патентообладатель(и):
 Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Волгоградский
 государственный технический университет"
 (ВолГТУ) (RU)
 (56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 147794 U1, 20.11.2014. RU 201963
 U1, 25.01.2021. SU 1788397 A1, 15.01.1993. RU
 2188696 C1, 10.09.2002. UZ 483 U, 31.08.2009. RU
 2653831 C1, 14.05.2018. CN 204543854 U,
 12.08.2015. US 4995914 A1, 26.02.1991.

(54) Аспирационная пылеулавливающая установка

(57) Реферат:

Изобретение предназначено для очистки пылевых выбросов при погрузке в транспортные средства сыпучих и пылевидных материалов. Аспирационная пылеулавливающая установка содержит местный отсос пыли от технологического оборудования, соединенный гофрированным воздуховодом с вихревым инерционным пылеуловителем на встречных закрученных потоках, который через шлюзовой затвор соединен с пыленакопительным бункером и снабжен источником питания, системой воздуховодов с регуляторами расхода пылевоздушного потока и вытяжным

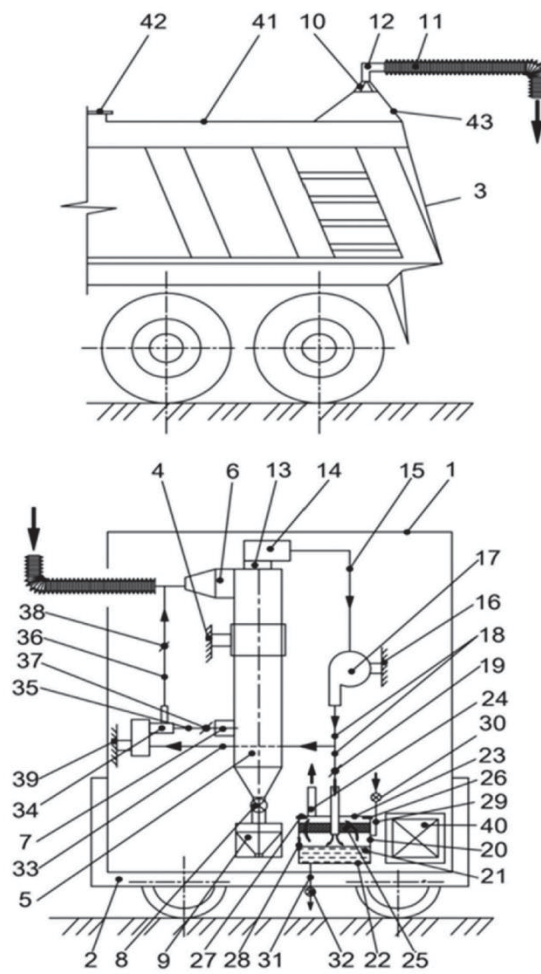
вентилятором, выход которого посредством выходного воздуховода соединен с атмосферой. Выходной воздуховод снабжен увлажнителем пылевоздушного потока в виде цилиндрической емкости с водой с герметично закрытой крышкой с воздухоотводом, фильтром, окном с нижним визиром для контроля уровня воды в рабочем положении и верхним визиром для контроля уровня воды при заполнении увлажнителя осажденной пылью. Технический результат - повышение качества очистки пылевоздушного потока и эксплуатационной надежности пылеулавливающей установки. 1 ил.

RU 2 781 341 C 1

RU 2 781 341 C 1

RU 2 781 341 C1

1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19)

RU

(11)

2 788 387⁽¹³⁾ C1

(51) МПК

B08B 15/02 (2006.01)

B04C 9/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B08B 15/02 (2022.08); B04C 9/00 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022108111, 28.03.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.03.2022Дата регистрации:
18.01.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.03.2022

(45) Опубликовано: 18.01.2023 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

400005, г. Волгоград, пр-т. им. В.И. Ленина, 28,
Кузьмин Сергей Викторович

(72) Автор(ы):

Фоменко Николай Александрович (RU),
Ахмедов Асвар Мигдадович (RU),
Бурлаченко Олег Васильевич (RU),
Фоменко Владислав Николаевич (RU),
Бурлаченко Александр Олегович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Волгоградский
государственный технический
университет"(ВолгГТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 147794 U1, 20.11.2014. RU 2234985
C1, 27.08.2004. RU 2058830 C1, 27.04.1996. RU
2270726 C1, 27.02.2006. SU 827184 A1, 07.05.1981.
RU 131277 U1, 20.08.2013. RU 175550 U1,
08.12.2017. CN 211563362 U, 25.09.2020. JP
60058529 A, 04.04.1985. US 20080093266 A1,
24.04.2008.

(54) Аспирационная пылеулавливающая установка

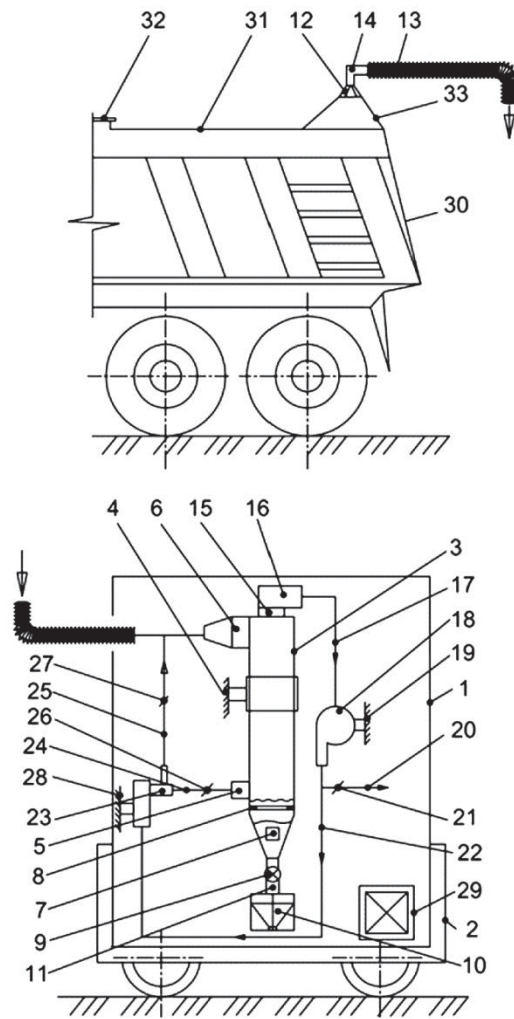
(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для очистки пылевых выбросов от работы технологического оборудования и землеройных машин, а именно к пылеулавливающим установкам для очистки пылевых выбросов, образующихся при осуществлении технологической операции выгрузки и пересыпки грунта экскаватором, перевозки сыпучих материалов в строительной, химической, мукомольной и других отраслях промышленности. Аспирационная пылеулавливающая установка содержит местный отсос пыли от технологического оборудования, соединенный гибким гофрированным воздуховодом с расположенным в установленном на тележке с колесами корпусе вихревым инерционным пылеуловителем на встречных

закрученных потоках, выполненным из цилиндрической рабочей и конической частей, который через шлюзовой затвор соединен с пыленакопительным бункером и снабжен вытяжным вентилятором, источником питания и системой воздуховодов с регуляторами расхода пылевоздушного потока. На наружной поверхности конической части вихревого инерционного пылеуловителя дополнительно установлен вибратор. Между шлюзовым затвором и пыленакопительным бункером установлен гибкий эластичный трубопровод, а между конической и цилиндрической частями вихревого инерционного пылеуловителя установлена эластичная прокладка. Технический результат: повышение производительности и эксплуатационной надежности аспирационной

RU 2 788 387 C1

1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

2 793 670⁽¹³⁾ C1

(51) МПК
 B08B 15/02 (2006.01)
 B04C 9/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
 B08B 15/02 (2023.01); B04C 9/00 (2023.01)

(21)(22) Заявка: 2022114357, 27.05.2022
 (24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 27.05.2022
 Дата регистрации:
 04.04.2023
 Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: 27.05.2022
 (45) Опубликовано: 04.04.2023 Бюл. № 10
 Адрес для переписки:
 400005, г. Волгоград, пр-т им. В.И. Ленина, 28,
 ВолгГТУ, Кузьмин Сергей Викторович

(72) Автор(ы):
 Фоменко Николай Александрович (RU),
 Душко Олег Викторович (RU),
 Бурлаченко Олег Васильевич (RU),
 Ахмедов Асвар Мигдадович (RU),
 Фоменко Владислав Николаевич (RU),
 Бурлаченко Александр Олегович (RU)
 (73) Патентообладатель(и):
 Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Волгоградский
 государственный технический университет"
 (ВолгГТУ) (RU)
 (56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 147794 U1, 20.11.2014. RU 201963
 U1, 25.01.2021. RU 204195 U1, 14.05.2021. SU
 918700 A1, 07.04.1982. US 20080060678 A1,
 13.03.2008.

(54) Аспирационная пылеулавливающая установка

(57) Реферат:

Изобретение относится к горнорудной, металлургической промышленности, строительной индустрии и может быть использовано для очистки пылевых выбросов. Аспирационная пылеулавливающая установка содержит местный отсос пыли от технологического оборудования, соединенный гибким воздуховодом с расположенным в установленном на тележке с колесами корпусе вихревым инерционным пылеуловителем на встречных закрученных потоках, выполненным из цилиндрической рабочей и конической частей, который через шлюзовой затвор соединен с пыленакопительным бункером и снабжен вытяжным вентилятором, источником питания и системой воздуховодов с регуляторами расхода

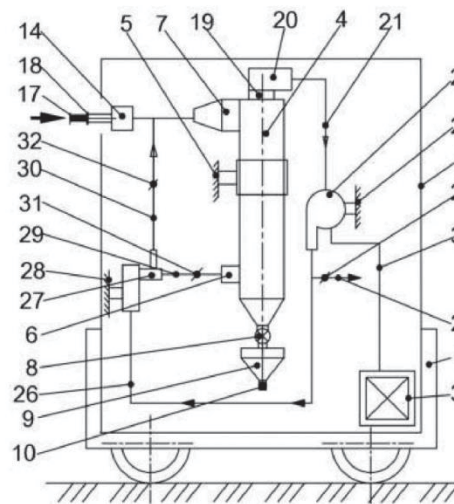
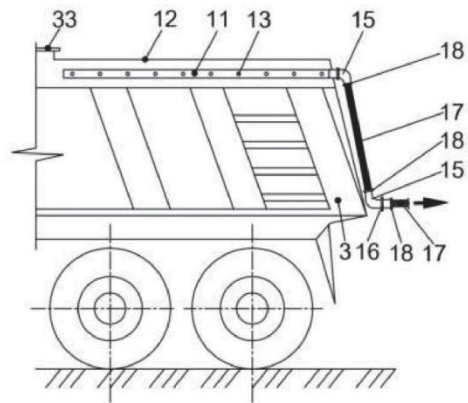
пылевоздушного потока. Местный отсос пыли установлен под крышкой укрытия вдоль оси технологического оборудования и выполнен из металлического или синтетического материала в виде трубопровода с входными отверстиями по всей его поверхности, суммарная площадь которых не менее площади поперечного сечения трубопровода местного отсоса пыли. Гибкий воздуховод выполнен из армированного гибкого материала с гладкой внутренней поверхностью. Пыленакопительный бункер снабжен задвижкой для разгрузки осаждаемой пыли. Технический результат: повышение эксплуатационной надёжности пылеулавливающей установки и, соответственно, повышение ее производительности. 1 ил.

RU 2 793 670 C 1

RU 2 793 670 C 1

RU 2 793 670 C1

1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **2 821 632**⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК
E21F 5/20 (2006.01)
B65G 69/18 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК <i>E21F 5/20</i> (2024.01); <i>B65G 69/18</i> (2024.01)	
(21)(22) Заявка: 2023132467, 08.12.2023 (24) Дата начала отсчета срока действия патента: 08.12.2023 Дата регистрации: 25.06.2024 Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: 08.12.2023 (45) Опубликовано: 25.06.2024 Бюл. № 18 Адрес для переписки: 400005, г. Волгоград, пр-т им. В.И. Ленина, 28, ФГБОУ ВО "ВолгГТУ", Кузьмин Сергей Викторович	(72) Автор(ы): Фоменко Николай Александрович (RU), Ахмедов Асвар Микдадович (RU), Душко Олег Викторович (RU), Бурлаченко Олег Васильевич (RU), Фоменко Владислав Николаевич (RU), Бурлаченко Александр Олегович (RU) (73) Патентообладатель(и): Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный технический университет" (ВолгГТУ) (RU) (56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1812320 A1, 30.04.1993. CN 212883791 U, 06.04.2021. SU 1606812 A1, 15.11.1990. RU 2064591 C1, 27.07.1996. RU 2071568 C1, 10.01.1997. CN 206830223 U, 02.01.2018. CN 211144558 U, 31.07.2020. CN 214577145 U, 02.11.2021.

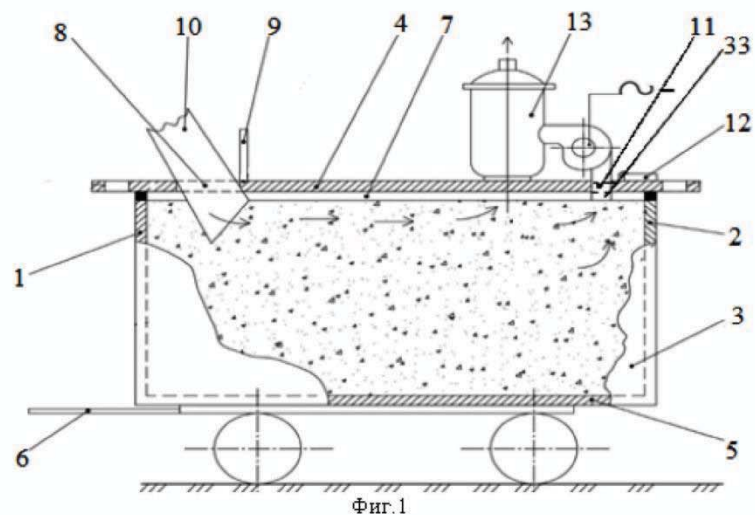
(54) АСПИРАЦИОННОЕ УКРЫТИЕ (57) Реферат: Изобретение относится к аспирационному укрытию мест перегрузки сыпучего материала. Техническим результатом является повышение эффективности аспирационного укрытия мест перегрузки сыпучего материала. Укрытие содержит корпус, образованный передней, задней, боковыми стенками и крышкой. Также укрытие содержит загрузочный желоб и пылесоситель. Укрытие снабжено дном и установлено на колёсное прицепное шасси. Пылесоситель установлен на крышке укрытия и сообщается с полостью укрытия через центробежный насос. Пылесоситель выполнен в виде цилиндрического	корпуса с сухим и мокрым отсеками. Внутри сухого отсека пылесосителя установлена разделительная пластина с центральным отверстием, расположенный над ней фильтр. Над фильтром выполнен отвод. Также внутри сухого отсека неподвижно закреплена П-образная рама с втулкой, в отверстии которой установлена на скользящей посадке ось, несущая два диска, с выполненными по периметру лопатками. Верхний диск установлен в зоне сухого отсека пылесосителя, а нижний диск - в зоне мокрого отсека. Все соединения в аспирационном укрытии имеют уплотнения. 2 ил.
---	--

RU 2 821 632 C 1

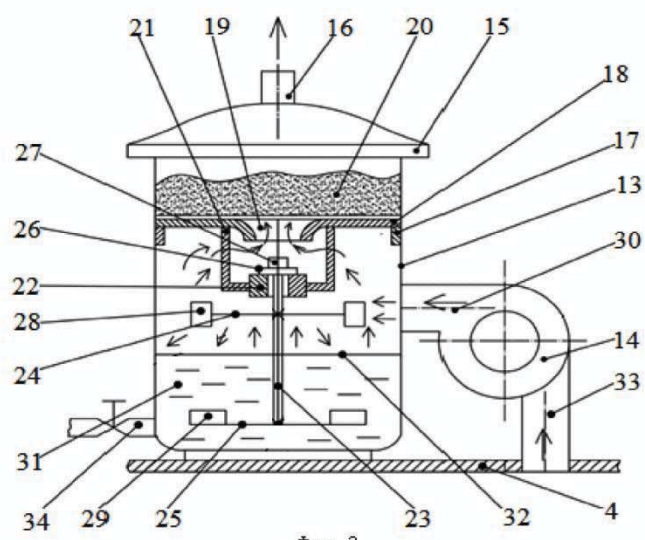
RU 2 821 632 C 1

RU 2 821 632 C1

1



Фиг. 1



Фиг. 2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 794 309** (13) **C1**(51) МПК
B04C 9/00 (2006.01)
B08B 15/02 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B04C 9/00 (2023.02); B08B 15/02 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022114362, 27.05.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.05.2022

Дата регистрации:
14.04.2023

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 27.05.2022

(45) Опубликовано: 14.04.2023 Бюл. № 11

Адрес для переписки:
400005, г.Волгоград, пр-т. им. В.И. Ленина, 28,
ФГБОУ ВО "ВолгГТУ", Кузьмин Сергей
Викторович

(72) Автор(ы):
Фоменко Николай Александрович (RU),
Душко Олег Викторович (RU),
Бурлаченко Олег Васильевич (RU),
Ахмедов Асвар Мигдадович (RU),
Фоменко Владислав Николаевич (RU),
Бурлаченко Александр Олегович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Волгоградский
государственный технический университет"
(ВолгГТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 147794 U1, 20.11.2014. RU 2440174
C2, 20.01.2012. SU 1236113 A1, 07.06.1986. SU
508242 A1, 30.03.1976. US 10898845 B2,
26.01.2021.

(54) Аспирационная пылеулавливающая установка на базе транспортного средства

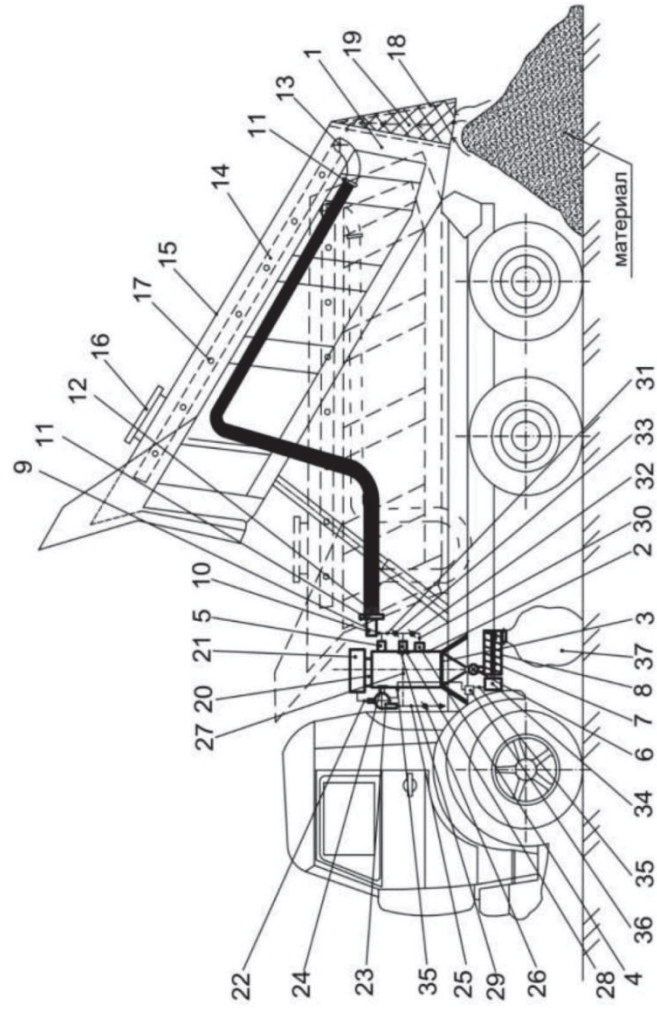
(57) Реферат:

Изобретение относится к горнорудной, металлургической промышленности, строительной индустрии и может быть использовано для очистки пылевых выбросов. Аспирационная пылеулавливающая установка на базе транспортного средства содержит местный отсос пыли, установлен на крышке укрытия кузова и соединен воздуховодом с вихревым инерционным пылеуловителем, вытяжным вентилятором, источником питания и системой воздуховодов с регуляторами расхода пылевоздушного потока. Местный отсос пыли установлен под крышкой укрытия вдоль оси

транспортного средства и выполнен из металлического или синтетического материала в виде трубопровода. Инерционный пылеуловитель установлен на шасси транспортного средства. На выходе из шлюзового затвора установлен шнек в виде щетки с приводом от электродвигателя. На кожухе пылеуловителя выполнен хобот с возможностью фиксации герметичного мешка. В качестве источника питания используется бортовой источник питания. Технический результат - повышение эксплуатационной надёжности, производительности и снижение материалоемкости и трудоёмкости. 1 ил.

RU 2 794 309 C1

1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 825 862** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК
[E02F 3/76 \(2006.01\)](#)
[E02F 3/80 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.09.2024)
Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 28.12.2024 по 27.12.2025. При
уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 28.12.2025 по 27.06.2026
размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК
E02F 3/76 (2024.01)

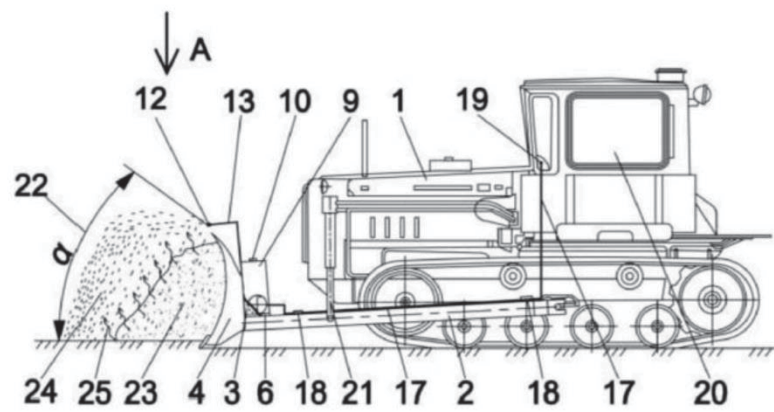
(21)(22) Заявка: [2023135371](#), 27.12.2023
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.12.2023
Дата регистрации:
02.09.2024
Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 27.12.2023
(45) Опубликовано: [02.09.2024](#) Бюл. № 25
(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: CN 206635842 U, 14.11.2017. SU
987115 A1, 07.01.1983. BY 16467 C1,
30.10.2012. JPS 52162006 U, 08.12.1977. CN
203498895 U, 26.03.2014. CN 208379658 U,
15.01.2019. CN 212224001 U, 25.12.2020.
Адрес для переписки:
400005, г. Волгоград, пр-кт им. В.И.
Ленина, 28, ФГБОУ ВО "ВолгГТУ",
Кузьмин Сергей Викторович

(72) Автор(ы):
Фоменко Николай Александрович (RU),
Ахмедов Асвар Микдадович (RU),
Фоменко Владислав Николаевич (RU)
(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Волгоградский
государственный технический
университет" (ВолгГТУ) (RU)

(54) Бульдозер

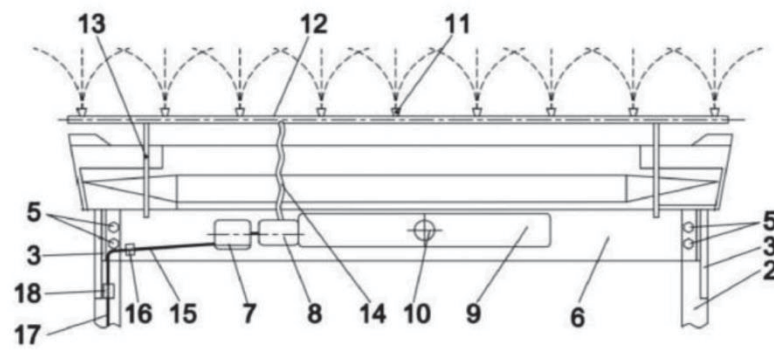
(57) Реферат:
Изобретение относится к средствам экологической защиты окружающей среды, в частности к средствам пылеподавления. Технический результат – пылеподавление при разработке сыпучих материалов или строительных отходов, обеспечение экологической безопасности. Бульдозер включает трактор, отвал, толкающие брусья отвала, соединённые неподвижно через рёбра жёсткости с отвалом, силовые гидроцилиндры управления толкающими брусьями отвала, устройство пылеподавления. Устройство пылеподавления выполнено в виде съёмной площадки, закреплённой с тыльной стороны отвала с двух сторон резбовым соединением, предназначенной для компактного размещения составных элементов питания распылительной системы. Распылительная система включает электродвигатель, насос и бак с заливной горловиной и сапуном, сообщающим полость бака с атмосферой, форсунки, равномерно размещённые на жесткой металлической трубе над отвалом по всей его длине, установленной на Г-образных кронштейнах, приваренных к площадке. При этом жесткая металлическая труба соединена гибким трубопроводом с насосом, установленным на торцевой стенке бака, а распылительная система, одновременно подающая жидкость к распылителям, образует факел распыла,

охватывающий пространство над призмой волочения сыпучего материала или строительных отходов. 2 ил.



фиг. 1

A



фиг. 2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 781 339** (13) **C1**

(51) МПК
B05B 13/00 (2006.01)
B05B 13/04 (2006.01)
B05B 7/04 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B05B 13/005 (2022.08); *B05B 13/0436* (2022.08); *B05B 7/04* (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022105612, 02.03.2022
 (24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 02.03.2022
 Дата регистрации:
 11.10.2022
 Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: 02.03.2022
 (45) Опубликовано: 11.10.2022 Бюл. № 29
 Адрес для переписки:
 400005, г. Волгоград, пр-т. им. В.И. Ленина, 28,
 Начальник отдела интеллектуальной
 собственности ВолгГТУ Брунилина Л.Л.

(72) Автор(ы):
 Фоменко Николай Александрович (RU),
 Бурлаченко Олег Васильевич (RU),
 Фоменко Владислав Николаевич (RU),
 Ахмедов Асвар Мигдадович (RU)
 (73) Патентообладатель(и):
 Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Волгоградский
 государственный технический университет"
 (ВолгГТУ) (RU)
 (56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2740917 C1, 21.01.2021. CN
 210341756 U, 17.04.2020. CN 201586600 U,
 22.09.2010. CN 111001512 A, 14.04.2020. GB
 2181977 B, 18.10.1989.

RU
 2 781 339
 C1

(54) Распылительная система
 (57) Реферат:

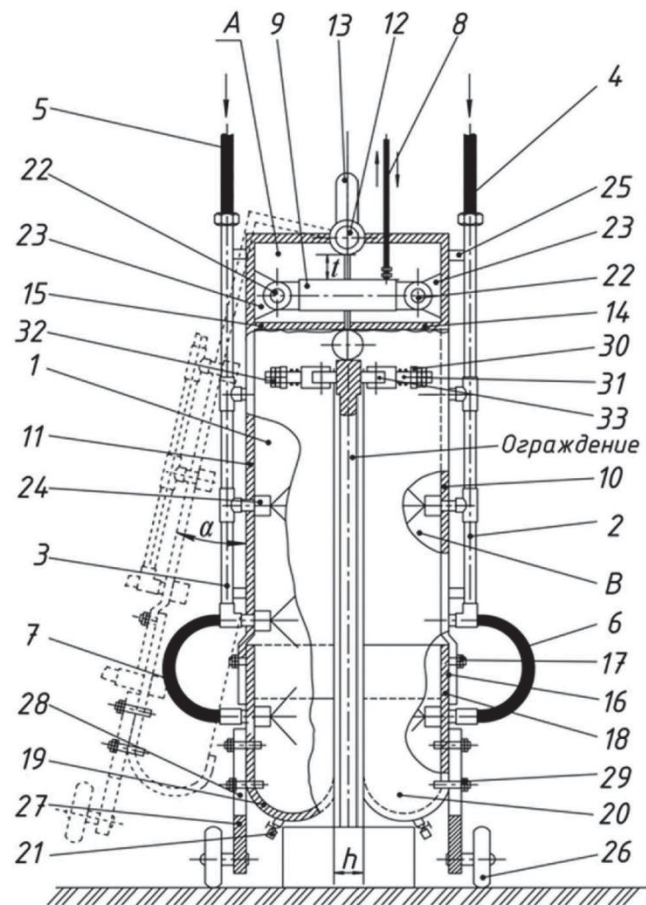
Изобретение относится к устройству для окрашивания поверхностей ограждений. Техническим результатом является повышение производительности и эксплуатационной надёжности распылительной системы. Технический результат достигается распылительной системой для окраски поверхностей ограждения, которая включает емкость для лакокрасочных материалов, компрессор и распылительную камеру, образованную двумя шарнирно соединёнными симметрично расположенными экранами коробчатого типа, разделёнными на «сухой» и «мокрый» отсеки. В нижней части экранов закреплены накопители для осаждаемого лакокрасочного материала коробчатого типа в виде лотков со штуцерами. В «сухом» отсеке установлен гидроцилиндр одностороннего действия, соединённый шарнирно с экранами с возможностью их разведения, а в «мокрый» отсеке размещены распылители, соединённые

посредством металлических трубопроводов и гибких шлангов с ёмкостью для лакокрасочных материалов и компрессором, размещёнными на мобильном грузоподъёмном транспортном средстве. Причём распылительная система оснащена траверсой для навешивания распылительной камеры на стрелу мобильного грузоподъёмного транспортного средства и расположенной на наружных торцовых поверхностях экранов системой защиты от бокового смещения распылительной камеры с обеспечением гарантированного зазора между экранами камеры и ограждением. При этом на наружных стенках накопителей с возможностью регулировки по высоте распылительной камеры установлены опорные колёса. Система защиты от бокового смещения распылительной камеры выполнена в виде подпружиненных роликов, опирающихся на боковые поверхности полки ограждения и установленных в угловых кронштейнах, попарно симметрично

RU
 2 781 339
 C1

RU 2 781 339 C1

1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **147 232** (13) **U1**(51) МПК
F16L 1/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(12) **ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2014111425/06, 25.03.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.03.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.03.2014

(45) Опубликовано: 27.10.2014 Бюл. № 30

Адрес для переписки:

400117, г. Волгоград, ул. им. Землячки, 46, кв. 28,
Ахмедов Асвар Микдадович

(72) Автор(ы):

Ахмедов Асвар Микдадович (RU),
Абрамян Сусанна Грантовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

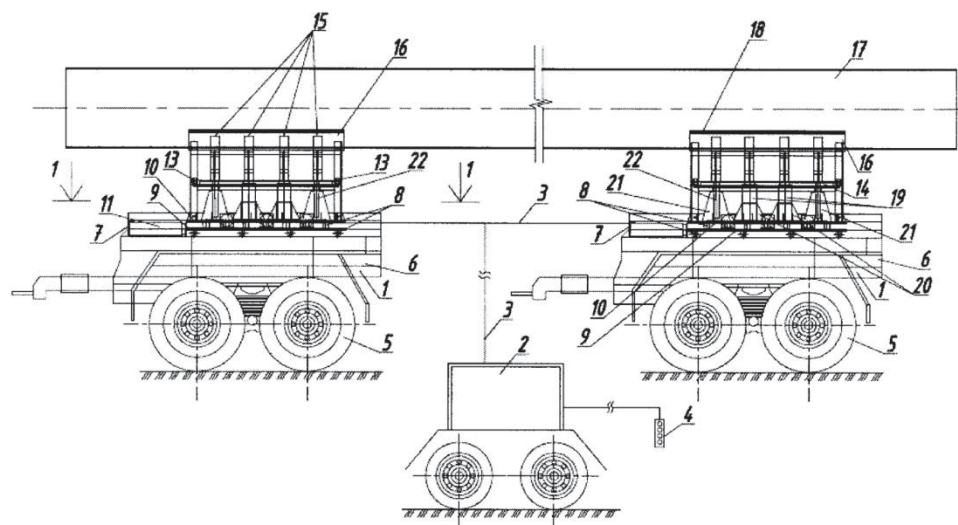
Ахмедов Асвар Микдадович (RU),
Абрамян Сусанна Грантовна (RU)(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОНТАЖА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА**

(57) Формула полезной модели

1. Устройство для монтажа магистрального трубопровода, содержащее механизм передвижения, силовые цилиндры, параллельно соединенные гидросистемой, и ложе, несущее трубопровод, отличающееся тем, что механизм передвижения состоит из двух самоходных механизмов, каждый из которых выполнен в виде прицепа-ропуска с ходовой частью и металлической рамой, на которой жестко смонтирован контур-ограничитель, выполненный из швеллера, на металлической раме также установлены одна над другой на роликах две металлические пластины с возможностью их перемещения, ограниченного контуром-ограничителем, причем передвижение пластин осуществляется во взаимно перпендикулярных направлениях в горизонтальной плоскости при помощи силовых цилиндров, закрепленных на металлической раме прицепа-ропуска, а каждая из пластин снабжена тремя силовыми цилиндрами с гидравлическим возвратом штока, при этом силовые цилиндры параллельно соединены гидросистемой, кроме этого, на верхней пластине по ее углам закреплены четыре вертикальных направляющих стойки, выполненные из швеллера и предназначенные для вертикального перемещения по ним посредством роликов пространственной рамы, снабженной ребрами жесткости, сверху на раме смонтировано ложе, а перемещение пространственной рамы осуществляется от четырех домкратов, установленных на подставках, закрепленных на верхней пластине и параллельно соединенных гидросистемой, помимо домкратов на верхней пластине смонтированы четыре поддерживающие стойки с выдвижными штоками, дополнительно обеспечивающими устойчивость пространственной рамы в рабочем положении.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что внутренняя поверхность ложа покрыта прорезиненным материалом.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что управление силовыми цилиндрами и гидравлическими домкратами осуществляется через распределитель с пульта управления.



RU 147232 U1

RU 147232 U1

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Свидетельства на программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025662914

DustMatrix

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (RU)*

Авторы: *Азаров Валерий Николаевич (RU), Ахмедов Асвар Микдадович (RU), Бакин Никита Сергеевич (RU), Кузнецов Игорь Сергеевич (RU)*



Заявка № 2025662234

Дата поступления 23 мая 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 23 мая 2025 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 0492e7c1a6300f5b42d0e70bca2026
Владелец: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.07.2024 по 03.10.2025

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025681124

DustMatrix 2.0

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (RU)*

Авторы: *Азаров Валерий Николаевич (RU), Ахмедов Асвар Микдадович (RU), Кузнецов Игорь Сергеевич (RU)*



Заявка № 2025680349

Дата поступления 12 августа 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 12 августа 2025 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

документ подписан электронной подписью
Сертификат 049247016630001542060625642026
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.07.2024 по 03.10.2025

Ю. С. Зубов

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЫЛИ

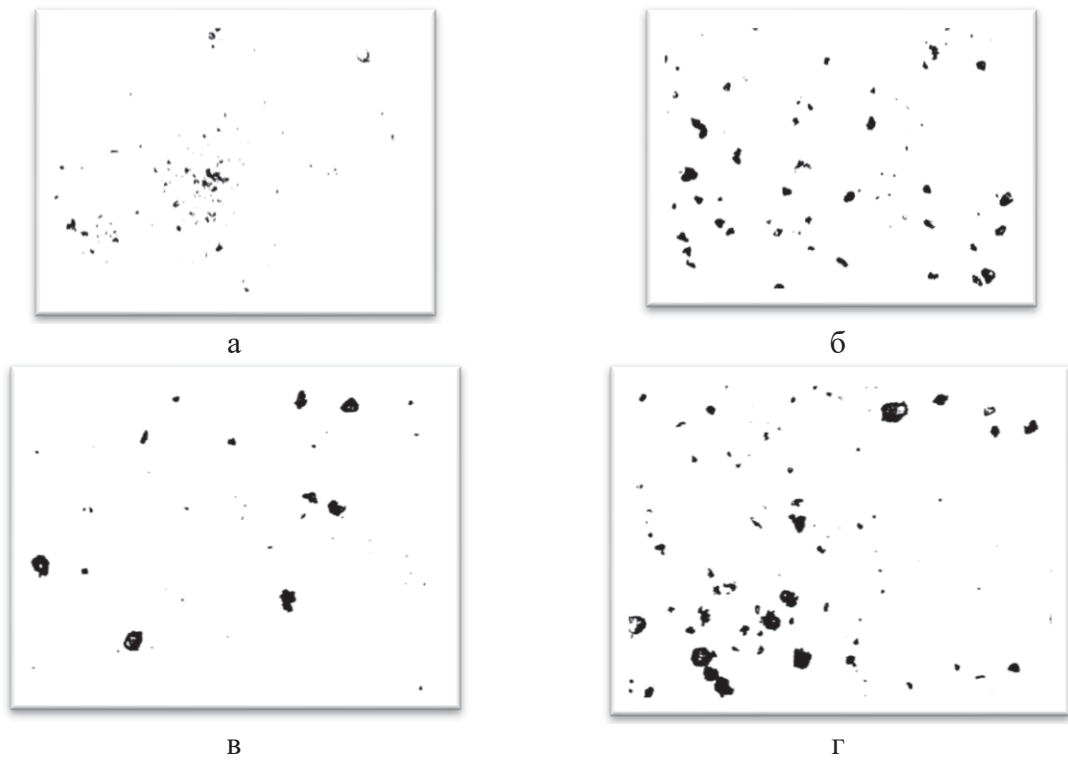


Рисунок Г.1 – Микрофотографии частиц песка при влажности:
а – 0,1 %; б – 0,75 %; в – 1,25 %; г – 1,7 %

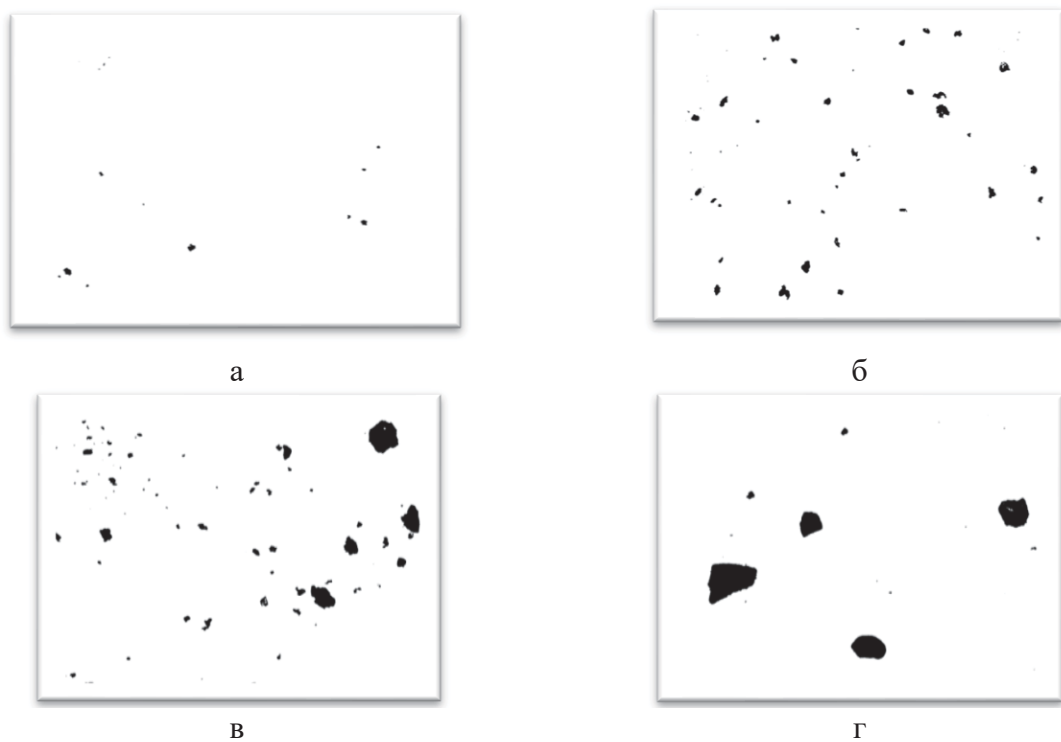
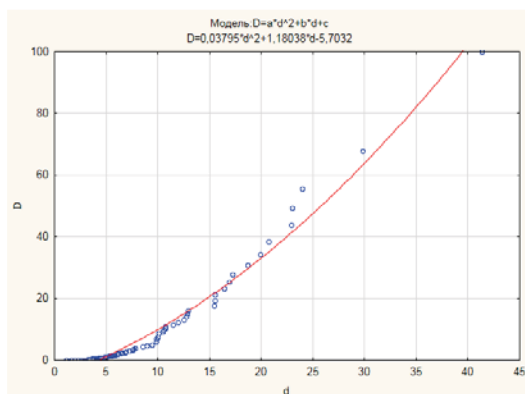
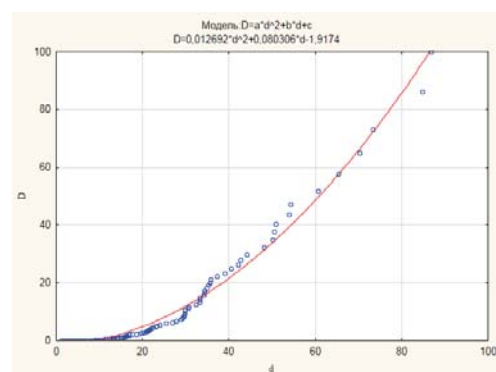


Рисунок Г. 2 - Микрофотографии частиц глины при влажности:
а – 0,25 %; б – 0,6 %; в – 1,5 %; г – 3 %



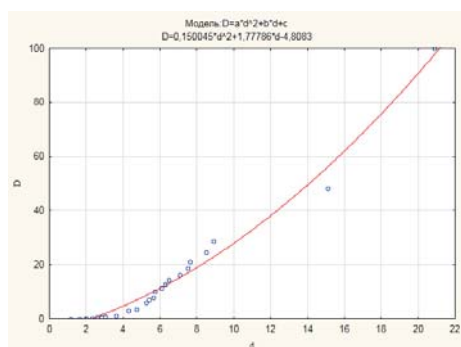
а



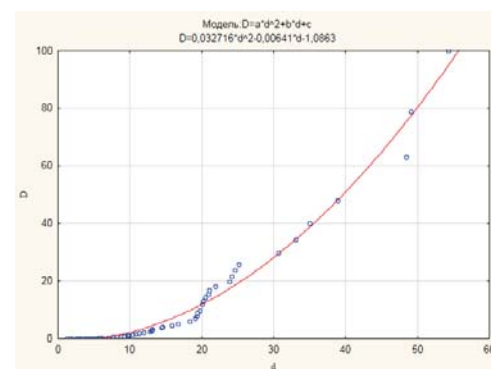
б

Рисунок Г.3 – Интегральные функции распределения частиц песка по диаметрам при влажности:

а – 0,1 %; б – 0,85 %;



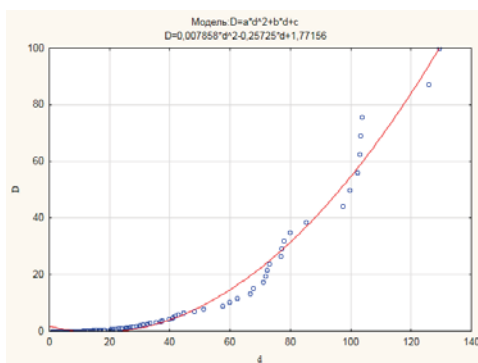
а



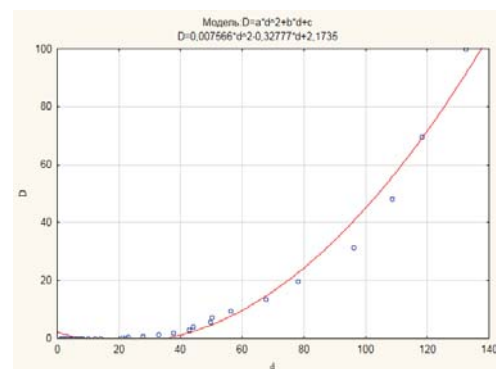
б

Рисунок Г.5 – Интегральные функции распределения частиц глины по диаметрам при влажности:

а – 0,25 %; б – 1 %



а



б

Рисунок Г.6 – Интегральные функции распределения частиц глины по диаметрам при влажности:

а – 2,25 %; б – 2,5 %

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

**ДОКУМЕНТАЦИЯ О ПРАКТИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ**



Общество с ограниченной ответственностью «ЕвроХим-ВолгаКалий»
ул. Ленина, д. 7, г. Котельниково, Котельниковский р-н, Волгоградская обл., Россия, 404354
тел.: +7 (84476) 5-50-10, факс: +7 (84476) 5-50-40
eurochem.ru, eurochem-volgakaliy@eurochem.ru

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
результатов диссертационной работы
Ахмедова Асвара Микдадовича
"Обоснование и разработка экологически безопасных технических решений для
снижения пылевого загрязнения при прокладке инженерных сетей».

Данный акт составлен по факту использования в компании ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий» результатов исследований, выполненных в диссертационной работе Ахмедова Асвара Микдадовича на тему: "Обоснование и разработка экологически безопасных технических решений для снижения пылевого загрязнения при прокладке инженерных сетей».

Предложенные мероприятия по минимизации воздействия на окружающую среду, и снижения запыленности на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия были использованы при осуществлении:

- вскрытия участка трубопровода длиной 50 метров, глубиной траншеи 1,5 м., с использованием одноковшового экскаватора Hitachi ZX200 5G емкостью ковша 1 м3 с применением системы распыления водой;
- срезки растительного слоя грунта на земельном участке общей площадью 1250 м2, бульдозером SHANTUI с установкой специального устройства на его отвале, для пылеподавления при волочении «призмы грунта» во время движения;
- обратной засыпки траншеи с помощью специального комбинированного укрытия, состоящего из сетки, геотекстиля и биоразлагаемого полиэтилена.

Главный инженер
технической дирекции
Кандидат технических наук



Поляков Илья Владимирович



ООО «ПТБ ПСО Волгоградгражданстрой»

Юридический адрес: 400 087, г. Волгоград, ул. Новороссийская, 10, оф. 10
Почтовый адрес: 400 087, г. Волгоград, ул. Новороссийская, 10, оф. 10
Банк ПАО «Сбербанк» г. Волгоград
Р/с 40702810711000016999
К/с 30101810100000000647
БИК 041806647
ИНН/КПП 3444045922/344401001
ОГРН 1023403452522 ОКПО 46352052

тел./факс:
+7 (961) 074-15-55
+7 (905) 335-81-31,
26-57-01,
26-57-08,
Email: ptbpo1991@mail.ru

СПРАВКА

Дана Ахмедову Асвару Микдадовичу о том, что переданные им результаты проведенных научно-исследовательских работ по теме диссертации использованы при разработке разделов проектной документации: «Оценки воздействия на окружающую среду» (ОВОС) и «Перечень мероприятий по охране окружающей среды» (ПМ ООС).

Заместитель директора по научной
работе ООО «Проектно-технологическое
бюро проектно-строительного объединения
Волгоградгражданстрой»



Д.П. Боровков

М.П.

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Ministry of Science and Higher Education
of the Russian Federation
Federal State
Budget Educational Institution
of Higher Education

«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

VOLGOGRAD STATE TECHNICAL UNIVERSITY

пр. Ленина, 28, Волгоград, 400005
28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia
Тел./Tel.: +7(8442) 24-81-14 Факс/Fax: +7(8442) 23-41-21
E-mail: foreign@vstu.ru Web: <http://www.vstu.ru/>
ОГРН 1023403440818 ОКПО 02068060
ИНН/КПП 3444049170/344401001

«14» _____ 20 24 г.

№ 426

Диссертационный совет
при ФГБОУ ВО «Волгоградский
государственный технический
университет

СПРАВКА

о внедрении результатов исследований диссертационной работы

Ахмедова Асвара Микдадовича на тему

**«Обоснование и разработка экологически-безопасных технических решений для
снижения пылевого загрязнения при прокладке инженерных сетей»**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.10.2 «Экологическая безопасность»

Настоящей справкой подтверждается, что результаты диссертационной работы
Ахмедова Асвара Микдадовича были использованы в учебном процессе при чтении лекций и
проведении практических занятий на кафедре «Безопасности жизнедеятельности в
строительстве и городском хозяйстве» у студентов, обучающихся по направлению 20.03.01
«Техносферная безопасность» по дисциплине «Оценка воздействия на окружающую среду».

Первый проректор - директор ИАиС
ВолгГТУ



О.В. Душко

Заместитель первого проректора-
директора ИАиС ВолгГТУ по
научной работе, заведующий
кафедрой «Технологии
строительного производства»



О.В. Бурлаченко



ООО «Сигма-ЮГ»

ОГРН 1163443076060 ИНН 3459070671

Тел. 8 (8442) 20-11-60

Адрес: 400105, г. Волгоград, ул. Хользунова, д. 12, оф. 1

Исх. № 7432 от «16» июня 2025 г.

Справка
о внедрении результатов диссертационной работы
на соискание ученой степени кандидата технических наук
Ахмедова Асвара Микдадовича

Настоящая справка выдана Ахмедову Асвару Микдадовичу о том, что им в рамках диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.2 «Экологическая безопасность» реализованы мероприятия по снижению запыленности воздушной среды при разработке траншеи длиной 50 метров на внутриквартальной территории в непосредственной близости к жилой застройке.

Для снижения уровня запыленности при разработке траншеи одноковшовым экскаватором, была испытана и применена передвижная «Аспирационная пылеулавливающая установка» (патент № 2781341), которая была установлена с подветренной стороны в зоне работы рабочего органа экскаватора. Испытания выполнялись в июне 2025 года при солнечной погоде, скорости ветра 5 м/с, и температуре +28°C. Запыленность в контрольных точках у подъездов жилого дома снижена:

- на расстоянии 10 м: с 0,7 мг/м³ до 0,5 мг/м³;
- на расстоянии 23 м: с 0,5 мг/м³ до 0,4 мг/м³.

Директор



Т.А.Бирюков



**АДМИНИСТРАЦИЯ
КРАСНООКТЯБРЬСКОГО РАЙОНА
ВОЛГОГРАДА**

пр. Ленина, д.119, Волгоград, 400105
тел. (8442) 73-64-66, факс (8442) 73-64-43
E-mail: adm73@volgadm.ru,
ОКТО 04024500, ОГРН 1033400170286,
ИНН/КПП 3442026353/344201001

от 23.06.2025 № 2/н

В администрации Краснооктябрьского района Волгограда рассмотрены разработанные Ахмедовым Асваром Микдадовичем технические решения в рамках диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.2 «Экологическая безопасность» позволяющая снизить запыленность и локализовать твердые взвешенные вещества при ряде технологических процессов земляных работ.

Ахмедовым А. М. представлена передвижная аспирационная пылеулавливающая установка (патент № 2781341), предназначенная для локализации твердых взвешенных веществ в зоне работы одноковшового экскаватора при разработке траншей. Предложена навесная система орошения, смонтированная на погрузчике или бульдозере (патент № 2825862), с целью снижения запыленности при выполнении срезки растительного слоя грунта и обратной засыпке траншей. Аспирационная пылеулавливающая установка на базе транспортного средства (патент № 2794309) для снижения запыленности при погрузке грунта в кузов от подметально-уборочных машин на городских, внутриквартальных дорогах или остановках общественного транспорта.

Вышеперечисленные технические решения по снижению запыленности при земляных и подметально-уборочных работах рекомендованы к практическому применению ресурсоснабжающим организациям Краснооктябрьского района Волгограда.

Заместитель главы администрации

А.В. Селезнев

Сергей Сергеевич Головешкин
73 79 23



**АДМИНИСТРАЦИЯ
ВОЛГОГРАДА
Департамент
городского хозяйства**

400066, Волгоград, ул. Ковровская, 16а,
тел. (8442) 97-49-04, факс (8442) 97-25-02,
E-mail: Gh_Gh@volgadmin.ru,
ОКПО 53558877, ОГРН 1023403444790,
ИНН/КПП 3444080557/344401001

СПРАВКА

Результаты исследований сотрудника ИАиС ВолгГТУ Ахмедова Асвара Микдадовича, выполненные при работе над диссертацией на соискание ученой степени кандидата технических наук, в частности технические решения по снижению пылевого загрязнения атмосферного воздуха городской среды при земляных работах имеют практическое значение и рекомендованы при проведении указанных работ на территории города Волгограда.

Заместитель руководителя



М.В.Черноморец



Общество с ограниченной ответственностью
«Специализированный Застройщик»
«ИнвестГражданСтрой»

400066 г. Волгоград, ул.Скобелева 5 офис 3-9 ИНН 3444264106 КПП 344401001 р/с 40702810908300000125
Филиал «Центральный» Банк ВТБ (ПАО) г. Москва, к/с 30101810145250000411 БИК 044525411
Телефон /факс: +7 (8442) 26-47-51 электронная почта: igs-76@bk.ru

Акт
испытания опытного образца
аспирационной пылеулавливающей установки

Настоящий акт составлен о том, что на строительной площадке по улице им. Д.И. Менделеева (г. Волгоград) при выполнении земляных работ в период с 01.07.2023 г. по 05.07.2023 г. проведены испытания аспирационной пылеулавливающей установки (патент РФ на изобретение №2788387), конструкция которой предложена в рамках диссертационного исследования Ахмедова А.М.

Климатические параметры:

- температура воздуха – плюс 28-31°C;
- влажность воздуха 46 - 60 %;
- скорость ветра - 1,5 - 3 м/с.

Расстояние от ближайшей жилой застройки до границ строительной площадки не превышало 100 м.

Объем ковша одноковшового экскаватора 0,65 м³, средняя высота выгрузки грунта из ковша 1,5 м.

Установка работала в течение 5 смен, во время работы одноковшового экскаватора аварийных остановок не было.

Превышения концентрации взвешенных частиц над нормативами ПДК в атмосферном воздухе на границе строительной площадки не выявлено.

При работе 300 смен в год предотвращенный экологический ущерб составит 22085,39 руб./год.

Генеральный директор
ООО «СЗ «ИНВЕСТГРАЖДАНСТРОЙ»



А.П. Долганов

Общество
с ограниченной ответственностью

«Ависта»

ИНН 3460012917 КПП 346001001 ОГРН 1143443001855

р/с 40702810909270005760 ООО «Банк Точка»

г.Москва, к/с30101810745374525104 БИК 044525104

400120, г. Волгоград, ул. Кузнецкая, 71а

Тел.8(8442) 50-04-12

E-mail Avista34@mail.ru

СПРАВКА

Дана Ахмедову Асвару Микдадовичу в том, что результаты проведенных им научно-исследовательских работ, представленных в диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, а также предложенные технические решения по снижению запыленности городской воздушной среды при земляных работах приняты к использованию для разработки мероприятий по охране окружающей среды при ремонте подземных трубопроводов.

С уважением,
Директор



Тарасов А.В