

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
КАФЕДРА «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Утверждаю:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись, инициалы, фамилия) Ю.В. Родионов

\_\_\_\_\_ число \_\_\_\_\_ месяц \_\_\_\_\_ год

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
к выпускной квалификационной работе на тему:

**Пути повышения экологической безопасности автотранспортного  
комплекса**

\_\_\_\_\_  
(наименование темы)

Автор выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_ Т.А. Курносов  
подпись инициалы, фамилия

Направление подготовки 23.03.03. Эксплуатация транспортно-  
технологических машин и комплексов  
(наименование)

Обозначение 2069059 –130550 –23.03.03-2017 Группа ЭТМК-41

Руководитель работы \_\_\_\_\_ Л.В. Левицкая  
подпись, дата, инициалы, фамилия

Консультанты по разделам:  
технологический раздел \_\_\_\_\_ Л.В. Левицкая  
наименование раздела (подпись, дата, инициалы, фамилия)

экология и БЖД \_\_\_\_\_ Л.В. Левицкая  
наименование раздела (подпись, дата, инициалы, фамилия)

экономика \_\_\_\_\_  
наименование раздела (подпись, дата, инициалы, фамилия)

по графической части \_\_\_\_\_ Л.В. Левицкая  
наименование раздела (подпись, дата, инициалы, фамилия)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Ю.А. Захаров

Пенза 2017 г.

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

«Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»

Кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Утверждаю:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Ю.В. Родионов  
(подпись, инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_ число \_\_\_\_\_ месяц \_\_\_\_\_ год

## **ЗАДАНИЕ**

### **НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

Студент \_\_\_\_\_ Курносов Тимур Анатольевич \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Группа ЭТМК-41 \_\_\_\_\_

Тема Пути повышения экологической безопасности автотранспортного комплекса

\_\_\_\_\_ утверждена приказом по Пензенскому ГУАС № 06-09-332 от 01.12. 2016 г.  
\_\_\_\_\_ число \_\_\_\_\_ месяц \_\_\_\_\_ год

Срок представления проекта к защите 28 \_\_\_\_\_ июня \_\_\_\_\_ 2017 \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ число \_\_\_\_\_ месяц \_\_\_\_\_ год

I. Исходные данные для проектирования

Частные показатели экологической безопасности автотранспортного комплекса

I. Содержание пояснительной записки

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

ГЛАВА 2. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

ГЛАВА 3. РАЗДЕЛ БЖД И ЭКОЛОГИИ

III. Перечень графического материала:

1. Факторы, влияющие на загрязнение окружающей среды автотранспортным комплексом
2. Источники загрязнения окружающей среды автотранспортным комплексом
3. Основные источники выбросов дисперсных частиц от автотранспортного комплекса
4. Результаты оценки динамики загрязнения атмосферного воздуха дисперсными частицами в промышленном городе
5. Оценка влияния различных факторов на интенсивность выделения дисперсных частиц менее 10 микрон на улично-дорожной сети
6. Пути повышения экологической безопасности автотранспортного комплекса

Руководитель работы \_\_\_\_\_ Л.В. Левицкая  
*подпись* *дата* *инициалы, фамилия*

Консультанты по разделам:

<u>Технологический раздел</u>	_____	<u>Л.В. Левицкая</u>
<u>Экономический раздел</u>	_____	<u>Р.Н.Москвин</u>
<u>Раздел БЖД</u>	_____	<u>Л.В. Левицкая</u>
<u>Графическая часть</u>	_____	<u>Ю.А. Захаров</u>

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ Т.А.Курносков  
*(Ф.И.О. студента)*

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	5
Введение	6
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА	8
1.1 Место автотранспортного комплекса в структуре экологического ущерба от всех техногенных источников	12
1.2 Автомобиль как источник загрязнения окружающей среды	14
1.3 Автотранспортный поток как источник загрязнения окружающей среды	19
1.4 Формирование выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных потоков в промышленных городах	20
1.4.1 Основные источники выбросов дисперсных частиц от автотранспортного комплекса	23
1.5. Факторы, влияющие на уровень образования, распространения и негативного воздействия дисперсных частиц от автотранспортного комплекса	25
ГЛАВА 2. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА	28
2.1 Определение эффективных мероприятий по снижению негативного воздействия от загрязнения воздуха автотранспортом дисперсных частиц	28
2.2. Оценка влияния различных факторов на интенсивность выделения дисперсных частиц менее 10 микрон на улично-дорожной сети	32
2.3. Определение эффективных мероприятий по снижению загрязнения атмосферного воздуха выбросами от износа дорожного покрытия, от износа шин автомобиля и выбросов с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания дисперсных частиц до	

безопасного уровня	39
2.4. Совершенствование организации движения автомобилей в промышленном городе с учетом количества выбросов загрязняющих веществ	42
2.5. Пути улучшения экологической безопасности автомобилей	46
2.5.1. Модернизация существующих типов двигателей АТС	46
2.5.2. Двигатели, работающие на альтернативных топливах	51
2.5.3. Мероприятия по повышению уровня экологической безопасности автомобилей с бензиновыми двигателями	52
ГЛАВА 3. РАЗДЕЛ БЖД И ЭКОЛОГИИ	65
3.1. Воздействие дисперсных частиц на окружающую среду и здоровье людей	65
3.2. Оценка риска негативного воздействия дисперсных частиц размером менее 10 мкм на качество среды обитания и здоровье людей	66
Заключение	70
Список использованной литературы	71

## **Аннотация**

В данной выпускной квалификационной работе разработан комплекс мероприятий по повышению экологической безопасности автотранспортного комплекса.

В первом разделе проекта проанализировано современное состояние решения проблемы обеспечения экологической безопасности автотранспортного комплекса, определены основные частные факторы, влияющие на уровень образования, распространения и негативного воздействия дисперсных частиц от автотранспортного комплекса; основные источники выбросов дисперсных частиц от автотранспортного комплекса.

Во втором разделе работы определены основные пути повышения экологической безопасности автотранспортного комплекса.

В третьем разделе работы проведена оценка риска негативного воздействия дисперсных частиц размером менее 10 мкм на качество среды обитания и здоровье людей.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В городах с развитой промышленностью (промышленные города) доля вклада загрязняющих веществ (ЗВ) отработавших газов автомобилей составляет более 50 % от совокупных вредных выбросов в воздушный бассейн при наличии достаточно высокого загрязняющего фона стационарных источников (промышленных предприятий, теплоэлектростанций, автомобильных стоянок и гаражей, автозаправочных комплексов и т.п.). При этом, в отличие от стационарных источников, выбросы которых подлежат нормированию, автотранспортные потоки (при нерациональной организации движения и высоком загрязняющем фоне) создают приземные концентрации загрязняющих веществ, многократно превышающие их предельно-допустимые концентрации (ПДК).

В сложившейся ситуации высокую степень актуальности имеет ограничение выбросов ЗВ от автотранспортных потоков с учётом загрязнения воздушного бассейна стационарными источниками. При реализации мероприятий данного направления значимым является объективная текущая и прогнозная оценка качества воздушного бассейна на основе экологического мониторинга автотранспортных потоков.

В связи с этим исследования, направленные на выявление закономерностей формирования выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных потоков и количества загрязняющих веществ автотранспортного комплекса в целом в условиях промышленного города, ограничение выбросов и обеспечение экологической безопасности автотранспортного комплекса, являются актуальными.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка мероприятий по обеспечению и повышению экологической безопасности автотранспортного комплекса.

Задачи работы:

- определить основные источники выбросов автотранспортного комплекса;
- оценить влияние различных факторов на экологическую безопасность автотранспортного комплекса;
- определить пути повышения экологической безопасности автотранспортного комплекса.



# **ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА**

Растущий автомобильный парк оказывает все большее влияние на загрязнение окружающей среды. В мире автомобили ежегодно потребляют 2,1 млрд. т топлива и выбрасывают в атмосферу около 700 млн. т вредных веществ, в том числе 420 млн. т угарного газа CO, 170 млн. т углеводородов CH, 60 млн. т оксидов азота NO<sub>x</sub>, 17 млн. т сажи и 0,6 млн. т свинца (в среднем 1,3 т выбросов на один среднестатистический автомобиль в год). В результате доля автомобильного транспорта в общем загрязнении атмосферы в развитых странах достигла 45-50%.

В России доля автомобильного транспорта в загрязнении окружающей среды достигла 40%, в том числе в городах 50-60%, в мегаполисах 85-90%.

Под вредным воздействием автотранспортного комплекса (АТК) на окружающую среду понимается ее негативное изменение в результате попадания в атмосферный воздух, воду, почву токсичных компонентов отработавших газов (ОГ), продуктов изнашивания деталей, дорожного полотна, отходов производственно-эксплуатационной деятельности, образующихся при движении, в процессе погрузочно-разгрузочных работ, заправке, мойке, хранении, техническом обслуживании и ремонте автомобилей.

Под экологической безопасностью понимается такое воздействие АТК и его подсистем на окружающую среду, население и персонал, которое находится в пределах официально установленных допустимых норм.

Размеры и состав загрязнений окружающей среды зависят от ряда взаимосвязанных факторов, которые изменяются во времени и в пространстве и имеют разный уровень управляемости (рис. 1.1). Их совокупность можно разделить на две группы: управляемые главным образом на уровне вышестоящей системы (государство, регион, город) и управляемые на уровне предприятий АТК и владельцев транспортных средств.

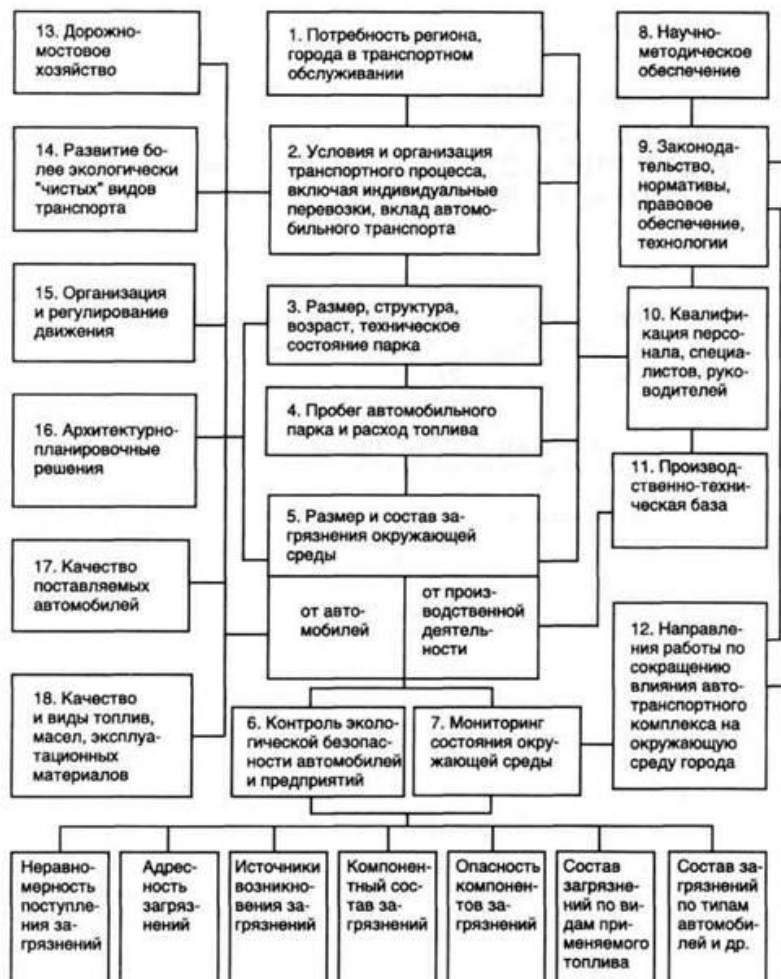


Рис.1.1. Факторы, влияющие на загрязнение окружающей среды автотранспортным комплексом региона (города)

К первой группе факторов относятся:

- размер, структура автомобильного парка; условия и организация транспортного процесса;
- технический уровень и качество применяемого подвижного состава, качество используемых топлив, масел и эксплуатационных материалов;
- протяженность и состояние улично-дорожной сети и организация дорожного движения;
- уровень развития инфраструктуры автомобильного транспорта и производственно-технической базы предприятий АТК;
- нормативно-правовое и ресурсное обеспечение, регулирование экологической безопасности АТК;

- федеральная и региональные системы контроля технического состояния парка, уровня экологической безопасности автомобилей и автотранспортных предприятий;

- квалификация и уровень экологического образования специалистов и руководителей предприятий АТК.

Вторая группа факторов включает:

- комплектование АТП автомобилями с улучшенными экологическими показателями;

- оснащение автомобилей парка техническими устройствами, снижающими токсичность ОГ;

- управление возрастной структурой парков;

- качественное и своевременное выполнение рекомендаций системы ТО и ремонта автомобилей;

- применение топлив, масел и других эксплуатационных материалов с улучшенными экологическими показателями;

- применение рациональной организации технологических процессов ТО и ТР с использованием современного технологического оборудования;

- повышение эффективности использования подвижного состава на линии;

- совершенствование нормирования и учета расхода топлив, масел, эксплуатационных материалов;

- применение прогрессивных методов безгаражного хранения и пуска автомобилей;

- совершенствование процессов заправки, хранения и транспортирования топлив и масел;

- очистка сточных вод, сбор и утилизация отходов производства;

- повышение квалификации персонала.

Соотношение загрязнений, образующихся в процессе движения автомобилей и от ПТБ предприятий АТК (выбросы, сбросы, промышленные отходы), а также вклад в них отдельных типов автомобилей и предприятий, представлены на рис. 1.2.

Аналогичные данные получены в других странах. Например, в Финляндии при движении на легковые автомобили приходится 77% массовых выбросов; в США -67%, а на грузовые и автобусы - 33%, в том числе на бензиновые малой грузоподъемности и вместимости - 22%, бензиновые средней и большой грузоподъемности - 4%, дизельные грузовые и автобусы - 7%.



Рис.1.2. Баланс и источники загрязнения окружающей среды автотранспортным комплексом большого города.

Современное научное знание о проблеме загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом основано на представлении о негативном воздействии всего транспортного комплекса, а не только отдельных объектов транспорта.

Под **автотранспортным комплексом** понимается технико-экономическая система, предназначенная для грузовых и пассажирских перевозок автомобильным транспортом. Данная система включает все необходимые и достаточные элементы, обеспечивающие функционирование системы в целом и объектов автомобильного транспорта, в частности, причём на всех этапах их жизненного цикла.

Под **объектами автомобильного транспорта** понимаются автотранспортные средства (АТС), оснащённые энергоустановками для выполнения транспортной работы, а также автомобильные дороги с необходимыми инженерными сооружениями.

**Жизненный цикл объекта автомобильного транспорта** – это хронологически выраженная последовательность этапов его создания (добычи и переработки сырья, производства конструкционных, эксплуатационных,

дорожно-строительных материалов, транспортировки, хранения), производства (изготовления объекта), эксплуатации (включая восстановление работоспособности) и утилизации.

Обеспечение экологической безопасности автотранспортного комплекса – это такое ограничение действия факторов, когда степень опасности не превышает порога допустимого уровня.

### **1.1 Место автотранспортного комплекса в структуре экологического ущерба от всех техногенных источников**

Размещение объектов инфраструктуры автотранспортного комплекса на ограниченных городских площадях значительно обостряет экологические проблемы, связанные с отчуждением территории для стоянок, парковок, движения, обслуживания и ремонта АТС, чрезмерным загрязнением воздуха, воды, почвы, угнетением и уничтожением растительности.

На диаграмме (рисунок 1.3) показана доля автотранспортного комплекса в экологическом ущербе от всех техногенных источников.

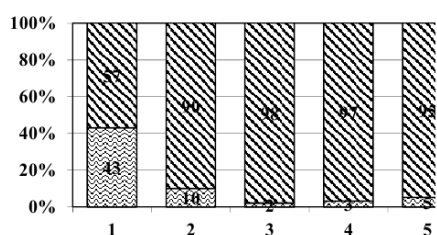


Рис.1.3 – Вклад автотранспортного комплекса в загрязнение окружающей среды (1 – выбросы ЗВ в атмосферу; 2 – выбросы «климатических» газов в атмосферу; 3 – образование промышленных отходов; 4 – сбросы ЗВ со сточными водами; 5 – потребление озоноразрушающих веществ).

Так, в масштабах России его доля в суммарных выбросах ЗВ в атмосферу всеми техногенными источниками достигает 43 %, в выбросах «климатических» газов – 10 %, в массе промышленных отходов – 2 %, в сбросах ЗВ со сточными водами – около 3 %, в потреблении озоноразрушающих веществ – около 5 %.

Наибольшая доля этого ущерба (до 60 %) связана с перевозкой пассажиров легковыми автомобилями. На перевозки грузов приходится 26,5 % экологического ущерба, а на автобусные перевозки – 13,5 %. Такое

распределение связано с составом автомобильного парка, в котором наибольшую долю составляют легковые автомобили (82,6 %), а наименьшую – автобусы (2,8 %). На долю грузовых автомобилей приходится 14,6 %.

Проблема загрязнения окружающей среды объектами автотранспортного комплекса усугубляется бурным ростом автомобильного парка. В совокупности с недостаточным развитием улично-дорожной сети и низким уровнем качества управления автотранспортными потоками это приводит к возникновению критической экологической ситуации в городах. Наряду с прогрессирующим ухудшением качества атмосферного воздуха обостряются и другие экологические проблемы, связанные с производством автомобильной техники, запасных частей и эксплуатационных материалов, эксплуатацией, обслуживанием, хранением и утилизацией автомобилей. Важно отметить, что наибольшая доля (43 %) в структуре экологического ущерба приходится на автотранспортный комплекс за счёт выбросов ЗВ с ОГ АТС. В крупных городах на их долю приходится более 80% всех вредных выбросов в атмосферу. По экспертным оценкам, более чем в 150 городах России именно автомобильный транспорт оказывает преобладающее влияние на загрязнение воздушного бассейна. Экологической проблемой является не отдельно взятый автомобиль.

Он по масштабам воздействия на окружающую среду не может играть такую роль. Но большое скопление АТС на небольшой территории – это и есть серьёзная экологическая проблема. Причём, образование загрязнений необходимо рассматривать в следующей логической последовательности: автомобиль – автотранспортный поток.

## **1.2 Автомобиль как источник загрязнения окружающей среды**

Автомобиль является источником химических и физических загрязнений окружающей среды.

Химическое загрязнение создаётся выбросами автомобильного двигателя внутреннего сгорания (отработавшие и картерные газы, а также испарения топлива). Физическое загрязнение – акустическими и электромагнитными полями, формирующимися при функционировании систем и агрегатов

автомобиля, а также взаимодействии отдельных его элементов (шин, кузова) с окружающей средой (дорогой, атмосферой) в процессе движения .

С ОГ двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей выбрасывается в атмосферу более 200 групп загрязняющих веществ.

Загрязняющие вещества, содержащиеся в ОГ двигателей, в зависимости от химических превращений при их образовании можно разделить на следующие основные группы .

а) углеродсодержащие вещества – продукты полного и неполного сгорания углеводородного топлива (углекислый газ  $\text{CO}_2$ , угарный газ  $\text{CO}$ , углеводороды  $\text{C}_n\text{H}_m$ , в том числе полициклические ароматические (ПАУ), сажа  $\text{C}$ );

б) вещества, образование которых непосредственно не связано с процессом сгорания топлива (оксиды азота ( $\text{N}_x\text{O}_y$ ) – по термическому механизму);

в) вещества, выброс которых связан с примесями, содержащимися в топливе (соединения серы, свинца, других тяжелых металлов), воздухе (кварцевая пыль, аэрозоли), а также образующимися в процессе износа деталей (оксиды металлов).

Состав отработавших газов ДВС зависит от вида используемого топлива и присадок к нему, типа организации и совершенства рабочего процесса, условий эксплуатации, технического состояния и т.д.

Наибольшее количество ЗВ образуется при сгорании бензина и дизельного топлива. Их замещение альтернативными видами моторного топлива (например, газом) позволяет решить сразу две задачи:

- 1) снизить экологическую опасность автомобилей;
- 2) сократить использование нефти, так как на потребности автомобильного транспорта тратится более 50 % от общего количества её добычи.

По количеству выбросов наиболее опасных ЗВ ( $\text{N}_x\text{O}_y$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$ , бензапирен) лидирует бензиновый ДВС, поэтому его выбросы на диаграмме (рисунок 1.4) приняты за 100 %. Исключение составляет сажа, максимальный

выброс которой характерен для дизельного ДВС и, соответственно, именно для него её выброс принят за 100 % .

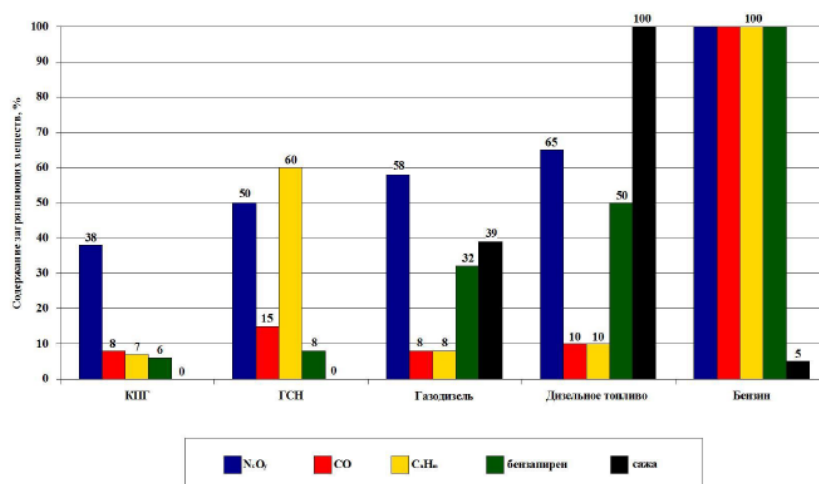


Рис.1.4. Содержание ЗВ в ОГ ДВС, работающих на различных видах топлива

Перевод бензиновых ДВС на газ, во-первых, даёт снижение количества выбросов: N<sub>x</sub>O<sub>y</sub> – на 50...62 %; CO – на 85...92 %; C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> – на 40...93 %;

бензапирена – на 92...94 %; во-вторых позволяет снизить содержание сажи в отработавших газах до нулевого уровня [108, 139]. Причём компримированный природный газ (КПГ) в экологическом отношении предпочтительнее газа сжиженного нефтяного (ГСН), так как большие значения процентов в указанных диапазонах относятся именно к нему .

Конечно перевод дизельных ДВС на газ (газодизель) даёт более скромные результаты: количество выбросов N<sub>x</sub>O<sub>y</sub> сокращается всего на 7 %; CO – на 2 %; C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> – на 2 %; бензапирена – на 18 %; сажи – на 61 % .

Но дизельный ДВС, по сравнению с бензиновым, уже представляет меньшую экологическую опасность (по N<sub>x</sub>O<sub>y</sub> – на 35 %; по CO – на 90 %; по C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> – на 90 %; по бензапирену – на 50 %), за исключением сажи (разница составляет 95 % не в пользу дизельного ДВС) .

Модифицирование бензина, дизельного топлива и присадки к ним также оказывают влияние на состав ОГ ДВС. Например, полный отказ от этилирования бензинов позволяет соответственно избавиться от выбросов свинца и повысить долговечность каталитических нейтрализаторов .



Увеличение цетанового числа дизельного топлива на малых и средних нагрузках способствует уменьшению выброса  $N_xO_y$  и  $C_nH_m$ , а на больших в некоторых случаях – повышению дымности выхлопа. Увеличение доли лёгких фракций в дизельном топливе приводит к снижению дымности ОГ и концентрации в них  $N_xO_y$ .

Тип организации и совершенство рабочего процесса, от которых, также как и от вида топлива, зависит состав ОГ ДВС, относятся к конструктивным факторам. К ним относятся также: способ смесеобразования, степень сжатия, подача топлива, угол опережения впрыскивания или зажигания и др.

Вторая группа факторов, определяющих наряду с конструктивными факторами состав ОГ, - это эксплуатационные факторы, к которым относятся условия эксплуатации (режимы движения и природно-климатические факторы) и техническое состояние двигателя.

У бензиновых АТС при разгоне существенно возрастают выбросы CO и  $N_xO_y$ , причём в меньшей степени с увеличением литража двигателя. Выбросы  $C_nH_m$  также возрастают (в 3,5...7,9 раза). У дизельных АТС растёт выброс сажи. При замедлении количество выбросов снижается в 3...10 раз. При низких температурах окружающей среды (минус 20 °C и ниже) наблюдается рост выбросов CO и  $C_nH_m$  в 3...4 раза. Выбросы  $N_xO_y$  практически не меняются.

При выработке моторесурса из-за износа деталей двигателя выбросы CO,  $C_nH_m$  и сажи возрастают в 1,5...2 раза, а выбросы  $N_xO_y$  снижаются на 25%.

Учитывая всё многообразие факторов, характеризуя состав ОГ автомобильных двигателей, указывают обычно достаточно широкие пределы содержания компонентов. Тем не менее, ОГ ДВС на 99,0...99,9 % состоят из продуктов полного сгорания (диоксида углерода и паров воды), остаточного кислорода и азота воздуха. Но именно оставшаяся часть ОГ определяет степень их вредного воздействия на окружающую среду, то есть экологический уровень ДВС.

Требования к экологической безопасности ДВС и АТС определяются системой нормативов, которая в общемировой практике имеет двухуровневую структуру.

Первый основной уровень составляют требования к экологической безопасности, которые закладываются и выполняются на этапах проектирования и производства АТС. На международном уровне эти требования регламентируются Правилами ЕЭК ООН в рамках Женевского соглашения 1958 г., которое является базовым и в России (рисунок 1.5).

Параллельно (в рамках Глобального Соглашения 1998 г.) разрабатываются глобальные технические предписания, которые в перспективе придут на смену региональным и национальным стандартам (в том числе Правилам ЕЭК ООН, Директивам ЕС, стандартам США и Японии), а в настоящее время используются при развитии Правил Женевского Соглашения 1958 г.

Второй уровень составляют требования, в которых учитывается изменение технического состояния АТС в процессе эксплуатации и ограничивается влияние этого изменения на уровень экологической опасности (рисунок 1.5).

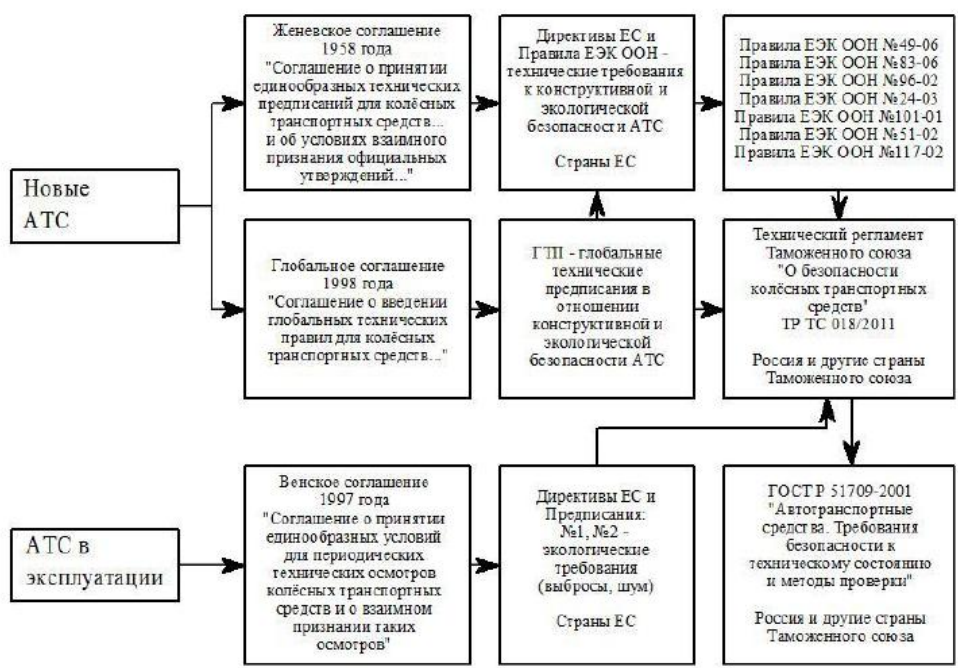


Рис.1.5. Структура системы нормативных документов в сфере обеспечения экологической безопасности АТС

На международном уровне соответствующие требования регламентируются Венским соглашением 1997 г. и действующими в его рамках Предписаниями, а на национальном уровне – техническим регламентом «О безопасности колёсных транспортных средств» и действующими в его рамках государственными стандартами .

В свою очередь, первичным источником требований первого и второго уровней являются Директивы Европейского Союза.

Развитие нормативной базы, регламентирующей экологическую безопасность АТС, идёт в направлении глобализации, то есть создания наднациональных стандартов, целью которых является обеспечение требуемых экологических показателей, в том числе долговечности систем очистки и нейтрализации ОГ, на стадии проектирования и производства.

Данная тенденция способствует тому, что установленный при сертификационных испытаниях типа уровень экологической опасности АТС будет подтверждаться и сохраняться в течение всего жизненного цикла в реальных условиях эксплуатации. При условии надлежащего контроля технического состояния автомобильной техники в процессе эксплуатации, излишним представляется постоянное ужесточение и усложнение нормативов второго уровня. Однако важной остаётся роль периодических технических осмотров, базирующихся на нормативах второго уровня, в ограничении допуска в эксплуатацию АТС, имеющих неисправности, влияющие на экологическую безопасность.

### **1.3 Автотранспортный поток как источник загрязнения окружающей среды**

Автотранспортный поток, как совокупность автомобилей, движущихся по улично-дорожной сети, загрязняет окружающую среду вредными выбросами ОГ. Однако масштабы, последствия и даже закономерности образования загрязнений от автотранспортного потока и одиночного автомобиля значительно отличаются. Основные закономерности и факторы, лимитирующие процесс образования вредных выбросов ОГ именно от автотранспортного потока, зависимость:

$$Y_i = \sum_j \sum_k \omega_j \cdot P_{ki} \cdot N_a,$$

где  $\omega_j$  - пробеговый выброс  $j$ -го ЗВ, г/км;  $P_{ki}$  - вероятность попадания  $k$ -й группы автомобилей в  $i$ -й диапазон скоростей движения потока;  $N_a$  - интенсивность потока, авт/ч.

Факторами, лимитирующими процесс образования вредных выбросов ОГ от автотранспортного потока, являются состав, интенсивность, скорость и ускорение движения автотранспортного потока. Оказывает влияние также режим движения автотранспортного потока на перекрестках, который определяется как параметрами самого узла (геометрическими размерами, видами развязок, числом полос и т.д.), так и интенсивностью и организацией движения АТС.

Данные по количеству выбросов  $CO$ ,  $C_nH_m$ ,  $N_xO_y$  автотранспортным потоком представлены на рисунке 1.6.

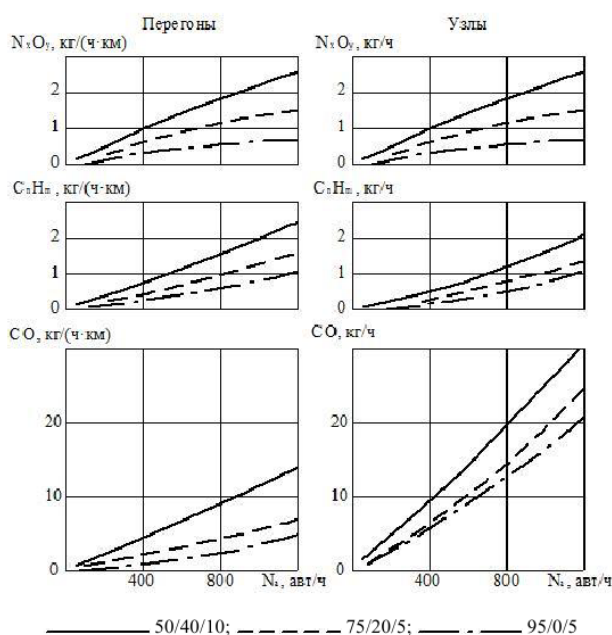


Рис. 1.6. Зависимости выбросов загрязняющих веществ от интенсивности транспортного потока (на одну полосу движения) на перегонах и в узлах при разном составе транспортного потока (доля легковых/грузовых/автобусов,%).

#### 1.4. Анализ современного состояния исследований источников выбросов дисперсных частиц, загрязняющих атмосферу крупных городов. Загрязнение атмосферы дисперсными частицами от автотранспорта.

Дисперсные частицы – твёрдые или жидкие частицы дисперсной фазы, содержащиеся в газообразной дисперсионной среде. Дисперсные частицы, обнаруживаемые в атмосфере, имеют различное происхождение, а также разнообразный химический и морфологический состав, обладают разными физическими характеристиками. Различают следующие размерные фракции частиц:

- TSP (сумма взвешенных веществ): включает все находящиеся в воздухе частицы;
- ДЧ10: используется для частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм (от 10 до 2,5 мкм называется грубая фракция);
- ДЧ2,5: используется для частиц с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм (менее 2,5 мкм мелкая фракция).

Частицы делятся на монодисперсные, которые состоят из частиц одного и того же размера и полидисперсные – состоящие из частиц разных размеров. Монодисперсные аэрозоли на практике встречаются очень редко. Аэрозоли бывают гомогенные и гетерогенные. Гомогенный аэрозоль состоит из химически одинаковых частиц. В негомогенном (гетерогенном) аэрозоле частицы имеют различные химические составы.



Рис.1.7. Классификация дисперсных частиц

Вклад АТК в загрязнение воздуха дисперсными частицами составляет около 80 % (рисунок 1.8).

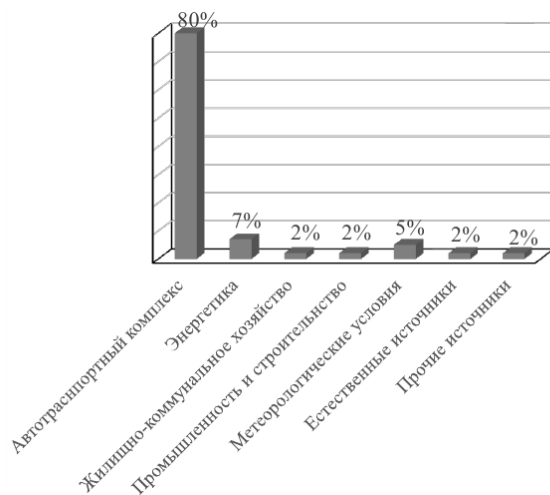


Рис. 1.8. Вклад разных источников в образование дисперсных частиц в атмосферном воздухе города

По современным представлениям наибольший процент вклада в образование частиц в атмосферном воздухе вносит автотранспортный комплекс. Вблизи автотрасс уровень загрязнения атмосферного воздуха в 1,3 –

1,5 раза выше, чем на жилых территориях, защищенных от транспортных потоков застройкой.

Таблица 1.1. Предельно допустимые концентрации ДЧ10 и ДЧ2,5.

	Параметр	ПДК максимально-разовая, мг/м <sup>3</sup>	ПДК среднесуточная, мг/м <sup>3</sup>	ПДК среднегодовая, мг/м <sup>3</sup>
РФ	ДЧ10	0,3	0,060	0,040
	ДЧ2,5	0,16	0,035	0,025
ВОЗ	ДЧ10	-	0,050	0,020
	ДЧ2,5	-	0,025	0,010
ЕС	ДЧ10	-	0,050	0,040
	ДЧ2,5	-	-	-
США	ДЧ10	-	0,150	-
	ДЧ2,5	-	0,035	0,015

В таблице 1.1 представлены значения, утвержденных ПДК в атмосферном воздухе для ДЧ10 и ДЧ2,5 для разных стран, а также критерии качества воздуха ВОЗ и нормативы стран Европейского Союза для данных загрязнителей. Из таблицы 1.1 видно, что нормативы, утвержденные в Российской Федерации, существенно мягче, чем рекомендованные ВОЗ критерии качества атмосферного воздуха, однако более жесткие, чем в США.

#### **1.4.1 Основные источники выбросов дисперсных частиц от автотранспортного комплекса**

**Отработавшие газы (ОГ) автомобилей.** Участники Конвенции ЕЭК ООН «О трансграничном загрязнении воздуха» (май 2012 г.) включили черный углерод (или сажу), в качестве компонента твердых частиц. Сажа (черный углерод) представляет собой твердые частицы, образующиеся в результате неполного сгорания.

Все частицы, возникающие в процессе горения, являются твердыми частицами размером до 10 микрометров или менее 2,5 микрометра. Сажа относится к последней категории. Частицы сажи поглощают энергию солнечного света и преобразуют ее в тепловую энергию. Их количество зависит от типа горючего, вида горения, эффективности технологий или мер по контролю выбросов.

В результате попадания в атмосферу и оседания на снежных или ледяных поверхностях сажа вызывает изменения глобальной температуры, таяние снега и льда, смену режима осадков.

Сгорание традиционного моторного топлива, горение биомассы в результате лесных пожаров и др. служат причиной почти 85% глобальных выбросов сажи.

Суммарное тепловое воздействие сажевых частиц составляет 0,44 Вт/м<sup>2</sup> [±0,35]. Это ставит сажу на третье место после углекислого газа и метана среди веществ, оказывающих влияние на изменение климата

Черный углерод известен как кратковременный климатический фактор, так как он оказывает сильное влияние на процессы глобального потепления, но не сохраняется в атмосфере так долго как двуокись углерода (CO<sub>2</sub>). Однако, черный углерод воздействует в 680 раз больше на потепление, чем CO<sub>2</sub>.

**Износ покрышек АТС.** Многократно повторяющиеся воздействия приводят к разрушению и отделению частиц износа с поверхности трения за счет фрикционно-контактной усталости материала. На интенсивность износа влияют: конструкция шины, рисунок протектора, состав резины, скорость движения (увеличение скоростей повышает динамические нагрузки, интенсивность ударов, а также истирающие усилия, действующие на поверхность покрытия), техническое состояние автомобиля, нагрузка на колесо, давление воздуха в шине, температура воздуха и шины, стиль и мастерство вождения. Доля ДЧ менее 10 мкм от износа шин АТС от общей массы пыли – 60 %. Все частицы с ОГ автомобилей имеют размер менее 10 мкм – 100%.

Частицы от износа покрышек в основном состоят из соединений, которые используются во время производства покрышек. в среднем шинная пыль имеет следующий состав: 60 – 61% каучуки (натуральный и синтетический), 29 – 30% технический углерод, 10% – добавки.

**Износ тормозных элементов АТС.** Главными источниками образования частиц менее 10 мкм являются тормозные колодки АТС. Что касается химического состава, то материал износа тормозов в большой степени зависит от производителя, применения. Как правило, накладки состоят из металлов, связанных друг с другом с помощью материалов на основе кремния. В таблице 1.2 приведен химический состав частиц от износа тормозных колодок.



Таблица 1.2. Химический состав частиц от износа тормозных элементов

Химический состав частиц от износа тормозных элементов	Fe	Cu	Содержание органического вещества	Pb	Zn	Ca	Ba
Содержание, %	46	14	13	2	2	2	2

**Износ дорожного покрытия.** К основным факторам износа асфальтобетонных покрытий относятся механические воздействия от движения автомобилей, метеорологические условия (влажность, температура, осадки), конструкция и материалы дорожных покрытий, технологии содержания и ремонта покрытий. Движение автомобилей в сочетании с природно-климатическими и эксплуатационными (химические реагенты) факторами усиливает механический или физико-химический износ покрытия.

На износ асфальтобетона очень существенное влияние оказывает тип, вязкость и качество вяжущего материала в его составе, так же точное дозирование вяжущего.

Химический состав дорожного смета вдоль автомагистрали приведен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Химический состав дорожной пыли ( $M \pm m, \%$ )

Компоненты	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Органические вещества	Прочие
Содержание, % по массе	71,8±2,3	7,4±1,1	3,2±0,9	2,7±1,0	1,7±0,3	7,6±0,8	5,6±0,7

### **1.5. Факторы, влияющие на уровень образования, распространения и негативного воздействия дисперсных частиц от автотранспортного комплекса**

Образование и распространение дисперсных частиц менее 10 микрометров в атмосферном воздухе в крупных городах, зависит от многих факторов. Все они непосредственно могут влиять на образование и рассеивание частиц в атмосферном воздухе. Рассмотрим факторы, которые оказывают влияние на повышение уровней загрязнения атмосферного воздуха дисперсными частицами менее 10 мкм по следующим параметрам: естественные, антропогенные, природно-климатические условия, социально-экономические, градостроительные.

При оценке влияния на повышение уровней загрязнения атмосферного воздуха дисперсными частицами должен учитываться и такой немаловажный фактор региональной особенности, который складывается из целого ряда следующих элементов: климата, рельефа, степени антропогенных нагрузок, развития социально-экономических условий, плотности населения, промышленных аварий, катастроф и стихийных бедствий.

На рисунке 1.9 приведены факторы, влияющие на уровень образования, распространения дисперсных частиц от АТК в атмосферном воздухе.

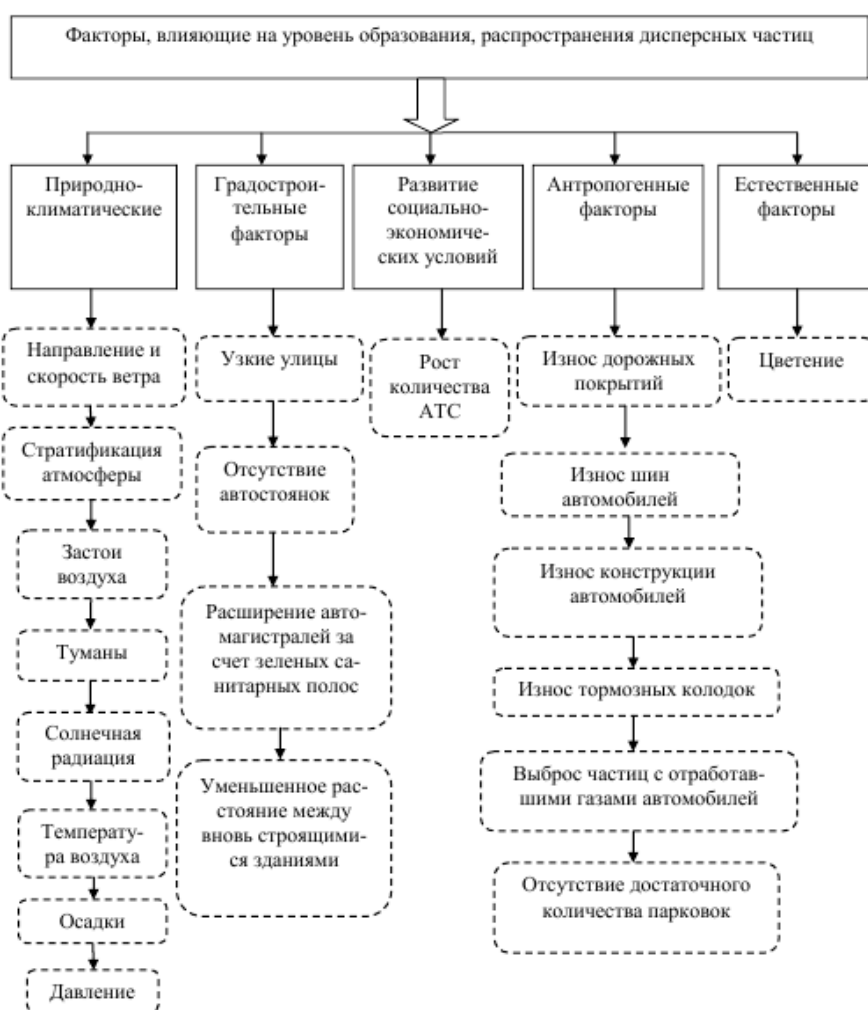


Рис. 1.9. Факторы, влияющие на уровень образования, распространения дисперсных частиц.

Оцениваются удельные выбросы дисперсных частиц в результате износа трущихся составных частей автомобиля, включая шины, а также в результате износа дорожного покрытия.

## ГЛАВА 2. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

### 2.1 Определение эффективных мероприятий по снижению негативного воздействия от загрязнения воздуха автотранспортом дисперсных частиц

Основными источниками выбросов дисперсных частиц менее 10 мкм в атмосферу являются износ дорожного покрытия, износ покрышек автомобилей, отработавшие газы от дизельных двигателей.

Определены постоянные факторы (транспортное средство: масса ТС, тип и количество шин ТС; тип дорожного покрытия) и переменные факторы (погодные условия: температура, влажность, осадки, скорость ветра; условия движения ТС: скорость движения и интенсивность движения) влияющие на интенсивность выделения дисперсных частиц менее 10 мкм.

Автомобили с большой массой (от 20 тонн и выше) оборудованные дизельными двигателями влияют на резкое повышение концентраций ДЧ10 в атмосферном воздухе.

#### *Результаты оценки динамики загрязнения атмосферного воздуха дисперсными частицами в промышленном городе*

На рисунках 2.1 и 2.2 приведены среднестатистические значения концентрации ДЧ10 по месяцам в осенне-летний период за год вблизи автомагистрали в промышленном городе.

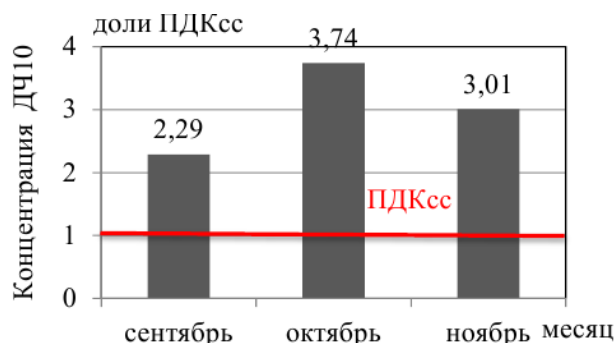


Рис.2.1. Динамика средних концентраций ДЧ10 в долях ПДКсс вблизи автомагистрали осенью

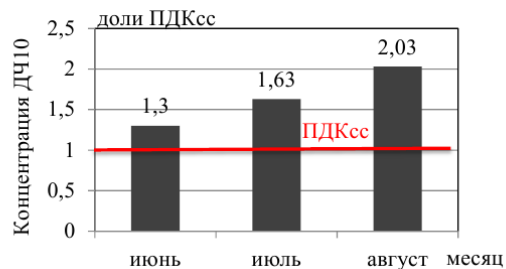


Рис.2.2 . Динамика средних концентраций ДЧ10 в долях ПДКсс вблизи автомагистрали летом

Осенью максимальная концентрация ДЧ10 отмечается в октябре - 3,74 ПДКсс. Летом максимальная концентрация ДЧ10 в августе - 2,03 ПДКсс.

На рисунке 2.3 приведены концентрации ДЧ10 в атмосфере по дням недели, а на рисунке 2.4 – по времени суток.

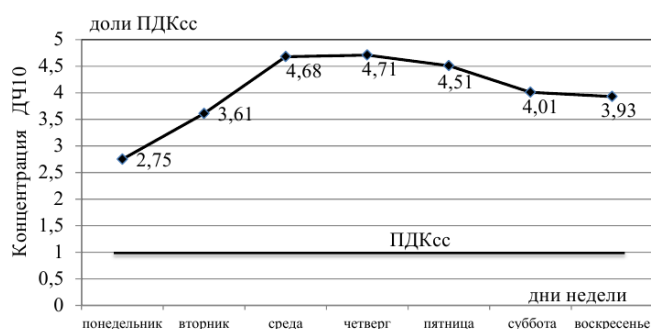


Рис.2.3. Динамика средних концентраций ДЧ10 в долях ПДКсс по дням недели вблизи автомагистрали

Максимальная концентрация ДЧ10 отмечается в четверг - 4,71 ПДКсс. Минимальная концентрация ДЧ10 в понедельник - 2,75 ПДКсс.

Максимальные концентрации ДЧ10 приходятся на начало рабочего дня и на вечер рабочего дня. Утром – 3,6ПДКсс, что превышает в 3,6 раза. В вечерние часы – 3 ПДКсс. В ночные часы – 1,23 ПДКсс. В дневное время – 2,31 ПДКсс. В течение всех суток наблюдается превышение ДЧ10 установленных нормативов (ПДКсс).

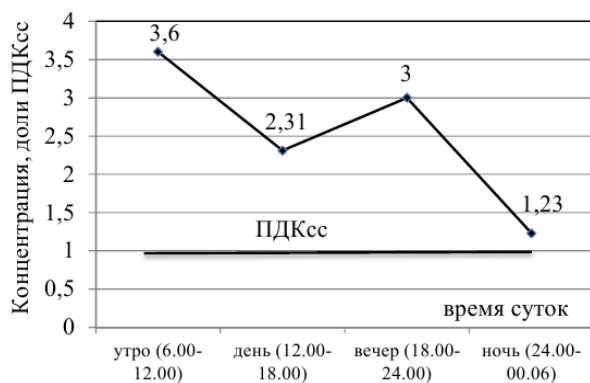


Рис.2.4. Динамика средних концентраций ДЧ10 в долях ПДКсс вблизи автомагистрали во время суток

Самой загрязненной территорией в городе является территория вблизи автомагистрали. Максимальные средние концентрации ДЧ10 вблизи автомагистрали наблюдаются в летне-осенний период. Осенью наиболее загрязненный месяц – октябрь, летом – август. В течение недели максимальное превышение среднесуточных концентраций отмечается в четверг. В течение суток максимальные среднесуточные концентрации ДЧ10 отмечаются в утреннее (6.00 - 12.00) и вечернее время (18.00 - 24.00).

Прогнозирование выбросов дисперсных частиц от различных источников до 2030 года будет осуществляться на основании уже имеющихся прогнозов выбросов на 2018 и 2020 годы. Основными источниками данных дисперсных частиц являются:

- 1) частицы, с отработавшими газами ДВС транспортных средств;
- 2) частицы, образовавшиеся в результате износа дорожного покрытия;
- 3) частицы, образовавшиеся в результате износа шин колесных транспортных средств.

Табл.2.1. Прогноз выбросов твердых частиц от обозначенных источников

Год	Выбросы дисперсных частиц от источников, тонна		
	Частицы с ОГ ДВС	Износ дорожного покрытия	Износ шин ТС
2012	55 420	16 030	465
2014	74 281	23 296	656
2016	58 472	24 764	702
2018	40 596	25 776	732
2020	30 616	26 841	764
2022	24 574	27 905	796
2024	20 524	28 970	828
2026	17 620	30 035	860
2028	15 436	31 100	892
2030	13 733	32 165	924

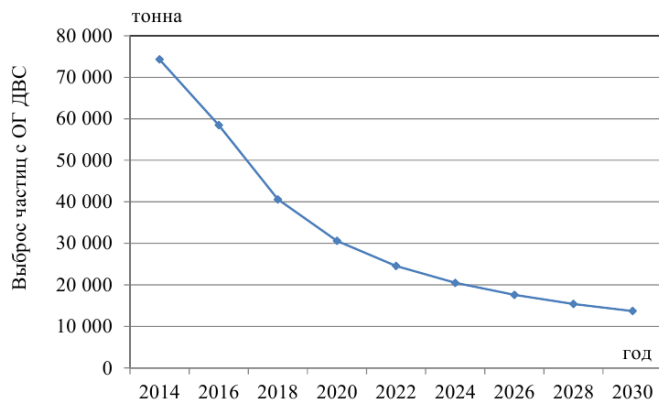


Рис.2.5. Прогноз выбросов частиц с ОГ ДВС

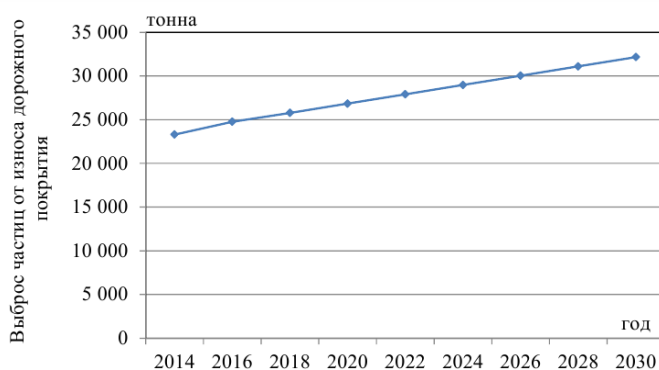


Рис.2.6. Прогноз выбросов частиц от износа дорожного покрытия

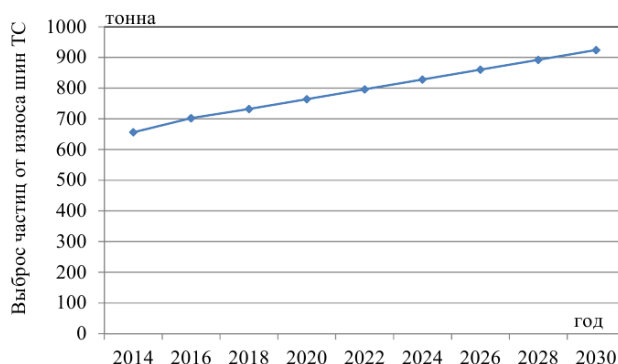


Рис.2.7. Прогноз выбросов частиц от износа шин ТС

Прогноз до 2030 года образования выбросов от износа шин для различных ТС показывает, что с увеличением численности парка ТС будет увеличиваться количество выбросов частиц от износа шин ТС.

## 2.2. Оценка влияния различных факторов на интенсивность выделения дисперсных частиц менее 10 микрон на улично-дорожной сети

Проведен анализ оценки влияния факторов на интенсивность выделения дисперсных частиц различных факторов (рисунок 2.8).

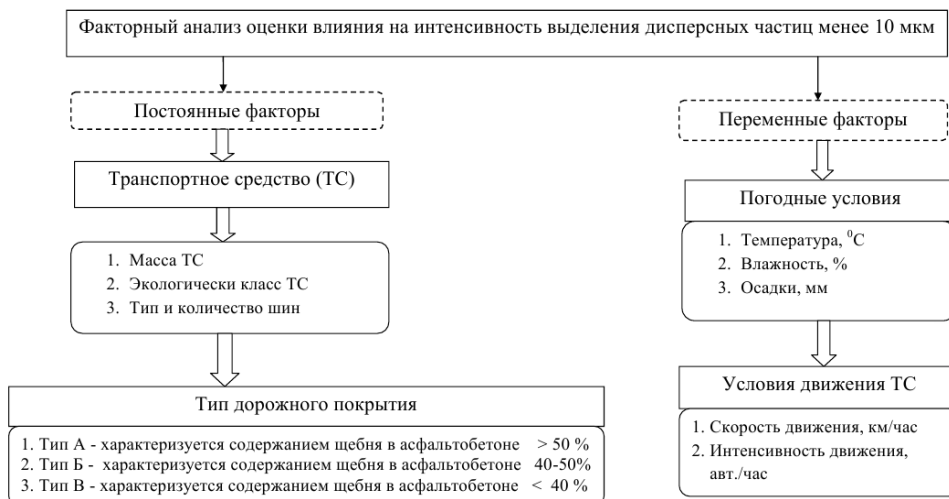


Рис.2.8. Факторный анализ оценки влияния на интенсивность выделения дисперсных частиц

**Первый фактор** – постоянный, который оказывает влияние на образование аэрозольных частиц это транспортное средство. Рассмотрены зависимости от массы ТС, тип двигателя, экологический класс, тип и количество шин.

На рисунке 2.9 приведена относительная (от ПДКсс) кратность интенсивности увеличения выбросов дисперсных частиц от массы транспортного средства.

Кратность увеличения за единицу взята среднесуточная концентрация дисперсных частиц.

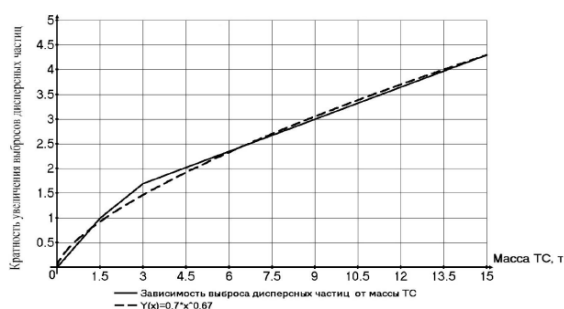


Рис.2.9 Зависимость интенсивности увеличения выброса дисперсных частиц от массы ТС

При большой массе ТС увеличивается выброс дисперсных частиц. При увеличении массы ТС необходимо затратить больше энергии для перемещения ТС.

Выработка большего количества энергии дизельным двигателем внутреннего сгорания приводит к большему выбросу дисперсных частиц.

Увеличение массы ТС также приводит к увеличению площадей и давлений в зонах взаимодействия шин с поверхностью движения. В результате чего суммарный выброс частиц от шин и поверхности движения также увеличивается. Для остановки ТС большей массы требуются тормозные механизмы большей мощности, работа которых сопровождается большим выбросом частиц.

На рисунке 2.10 приведена зависимость кратности снижения выбросов дисперсных частиц от дизельных двигателей в зависимости от экологического класса при прочих равных конструктивных особенностях.

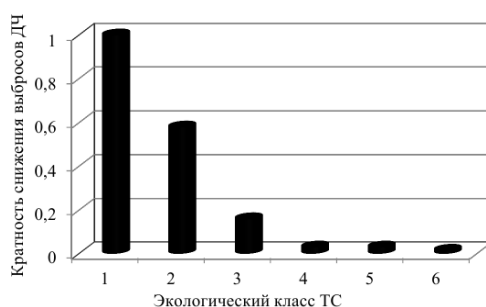


Рис.2.10. Зависимость выбросов дисперсных частиц от дизельных двигателей по экологическим классам

Переход от экологического класса 2 к экологическому классу 5 приведет к снижению выбросов дисперсных частиц в 19 раз при тех же объемах потребления дизельного топлива.

Экологические классы устанавливают предельно допустимые выбросы дисперсных частиц. Более высокие экологические классы устанавливают более жесткие требования к выбросам дисперсных частиц (устанавливают меньшее количество допустимых выбросов дисперсных частиц). Реальный выброс дисперсных частиц от дизельных ДВС укладывается в требования экологических стандартов с незначительным запасом. Снижение уровня выброса дисперсных частиц ниже требований экологического стандарта не является целесообразным, т.к. приводит к ухудшению других эксплуатационных параметров ТС.

На рисунке 2.11 представлена оценка влияния на выбросы дисперсных частиц от ТС в зависимости от количества установленных на него шин.



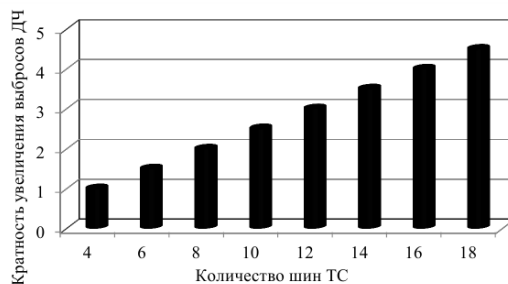


Рисунок 2.11 – Зависимость выбросов дисперсных частиц от количества шин ТС

Наблюдается увеличение количества выбросов частиц ДЧ при увеличении шин ТС.

Увеличение количества шин ТС приводит к увеличению выброса дисперсных частиц от износа шин и дорожного покрытия.

На рисунке 2.12 приведена оценка влияния на выбросы частиц в зависимости от типа шин ТС.

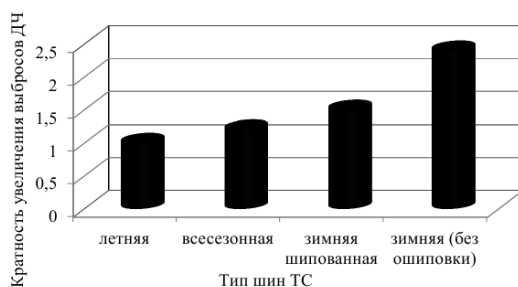


Рис. 2.12. Зависимость выбросов дисперсных частиц от типа шин ТС

Выброс дисперсных частиц от износа разных шин напрямую зависит от износостойкости шины. Износостойкость шины, в значительной степени, зависит от твердости резины протектора. Максимальный выброс дисперсных частиц происходит в результате износа зимних шин (без ошиповки), минимальный – в результате износа летних шин.

**Второй фактор** постоянный – тип дорожного покрытия. Рассмотрены три типа дорожного покрытия.

На рисунке 2.13 приведена оценка влияния на интенсивность выбросов

дисперсных частиц в зависимости от типа дорожного покрытия.

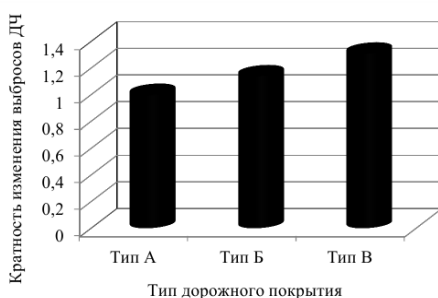


Рис.2.13. Зависимость выбросов дисперсных частиц от типа дорожного покрытия

Тип А - характеризуется содержанием щебня в асфальтобетоне > 50 %.

Тип Б - характеризуется содержанием щебня в асфальтобетоне 40-50%.

Тип В - характеризуется содержанием щебня в асфальтобетоне < 40 %.

Максимальный выброс дисперсных частиц от износа дорожного покрытия типа В (характеризуется содержанием щебня в асфальтобетоне < 40 %). Минимальный выброс дисперсных частиц от износа дорожного покрытия типа А (характеризуется содержанием щебня в асфальтобетоне > 50 %).

**Третья группа факторов**, оказывающих влияние на выбросы дисперсных частиц – переменные. Погодные условия способствуют увеличению или снижению образования дисперсных частиц в атмосферном воздухе. Рассмотрены следующие факторы: температура воздуха, влажность, осадки.

На рисунке 2.14 приведена оценка влияния на выбросы дисперсных частиц в зависимости от температуры воздуха.

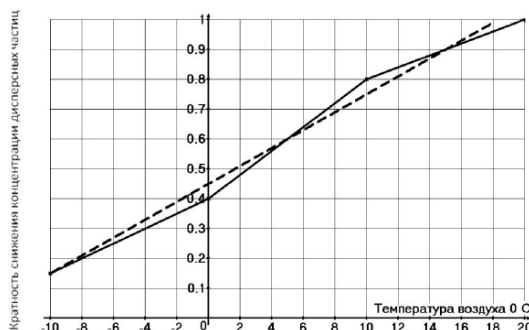


Рис.2.14. Зависимость выбросов дисперсных частиц от температуры воздуха

С ростом температуры воздуха наблюдается повышение выбросов дисперсных частиц в атмосферном воздухе.

С ростом температуры наблюдается понижение износостойкости шин и асфальтового покрытия. В результате чего выброс дисперсных частиц увеличивается с ростом температуры.

На рисунке 2.15 приведена оценка влияния на выбросы дисперсных частиц в зависимости от влажности.

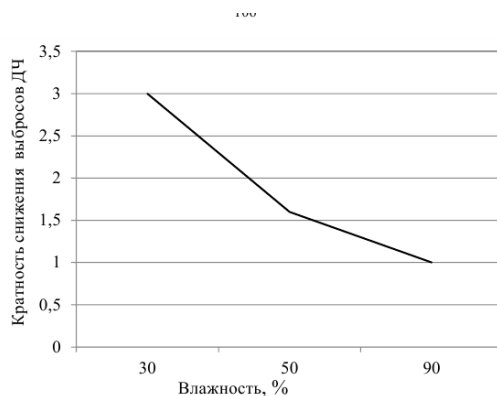


Рис.2.15. Зависимость выбросов дисперсных частиц от влажности

При повышении влажности наблюдается снижение выбросов дисперсных частиц. С повышением влажности воздуха его теплоемкость увеличится. В результате воздух лучше охлаждает взаимодействующие поверхности шин, асфальта и тормозных механизмов. Это приводит к увеличению износостойкости материалов и уменьшению выбросов дисперсных частиц от их износа.

На рисунке 2.16 приведена оценка влияния на концентрацию дисперсных частиц в зависимости от дорожного покрытия (при выпадении осадков).

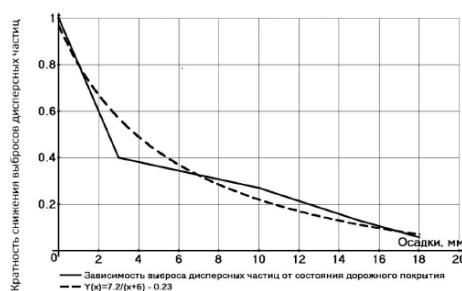


Рис.2.16. Зависимость снижения выбросов дисперсных частиц от состояния дорожного покрытия (при выпадении осадков)

Наличие осадков на поверхности дорожного покрытия снижает выброс дисперсных частиц в атмосферном воздухе.

Осадки выполняют функцию разделительной среды для взаимодействующих поверхностей шин и дорожного покрытия, в результате

чего снижается их износ и соответственно снижается выброс дисперсных частиц.

**Четвертая группа факторов** – условия движения. Рассмотрены скорость движения и интенсивность транспортного потока.

На рисунке 2.17 приведена оценка влияния на выбросы дисперсных частиц в зависимости от скорости движения транспортного средства.

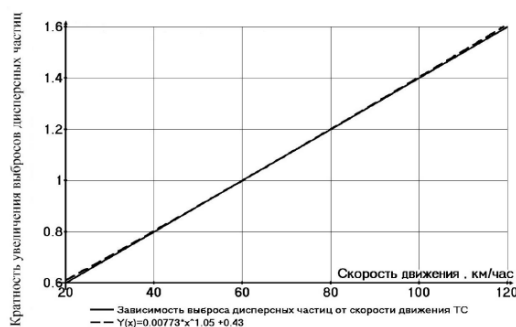


Рис. 2.17. Зависимость выбросов дисперсных частиц от скорости движения ТС

При увеличении скорости движения ТС значительно (в степени, близкой квадратичной) увеличивается сопротивление движения ТС. Это, с одной стороны, требует от двигателя развивать больше мощности, соответственно потреблять больше топлива и выбрасывать больше дисперсных частиц. С другой стороны, при увеличении скорости движения ТС увеличиваются потери мощности в колесном движителе. Это обуславливается как увеличением, реализуемым им мощностью, так и снижением его КПД. Теряемая в нем мощность расходуется на разогрев шин и их износ. Соответственно с увеличением скорости увеличивается выброс дисперсных частиц от ОГ дизельных ДВГ, а также от износа шин и дорожного покрытия. Выброс дисперсных частиц от скорости ТС зависит в степени меньшей двух, так как с увеличением отдаваемой мощности, во-первых, увеличивается КПД дизельного двигателя, а во-вторых, протекание процесса сгорания происходит более благоприятно.

На рисунке 2.18 представлена прямая пропорциональная зависимость между объемом выбросов дисперсных частиц и интенсивностью движения

транспортных средств.

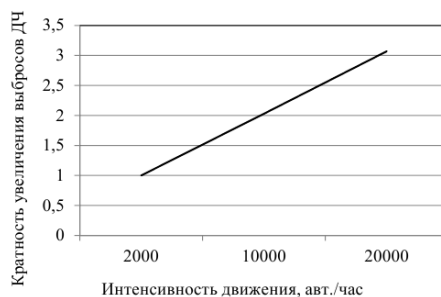


Рисунок 4.25 – Зависимость выбросов дисперсных частиц от интенсивности движения

Рис. 2.18. Зависимость выбросов дисперсных частиц от интенсивности движения

Каждое отдельно взятое ТС является источником выброса дисперсных частиц соответственно увеличение количества источников приводит к увеличению выбросов.

### **2.3. Определение эффективных мероприятий по снижению загрязнения атмосферного воздуха выбросами от износа дорожного покрытия, от износа шин автомобиля и выбросов с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания ДЧ10 до безопасного уровня**

Для сокращения выбросов дисперсных частиц менее 10 мкм от автотранспортного комплекса в крупном городе необходимо провести мероприятия, которые смогли бы оказать благоприятное воздействие на окружающую среду и снижение негативного влияния на человека.

Природоохранные мероприятия должны быть эффективными и экономичными. Затраты на выполнение мероприятий должны быть минимальными, при этом эффективность в экологическом отношении должна быть максимальной.

На рисунке 2.19 приведена разработанная блок-схема мероприятий, направленных на снижение загрязнения воздуха дисперсными частицами от автотранспортного комплекса. Это рекомендуемые пути снижения загрязнения атмосферного воздуха дисперсными частицами, которые необходимо проводить в крупном городе для улучшения экологической обстановки.

Мероприятия направлены на снижение выбросов дисперсных частиц от износа дорожного покрытия, от износа шин автомобиля и выбросов с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания.

Максимальный выброс частиц происходит с ОГ ДВС – 77%, выброс частиц от износа дорожного покрытия составил 22%, выброс частиц от износа шин различных ТС парка города составляет около 1%. При этом к 2030 году выбросы частиц с ОГ ДВС заметно снижаются за счет постепенного обновления автопарка и улучшения экологических показателей, но численность автопарка, возможно, будет увеличиваться. Таким образом, переход на ТС экологических классов 5 и 6, основной рекомендуемый путь, направленный на снижение загрязнения атмосферного воздуха дисперсными частицами менее 10 мкм в крупном городе.

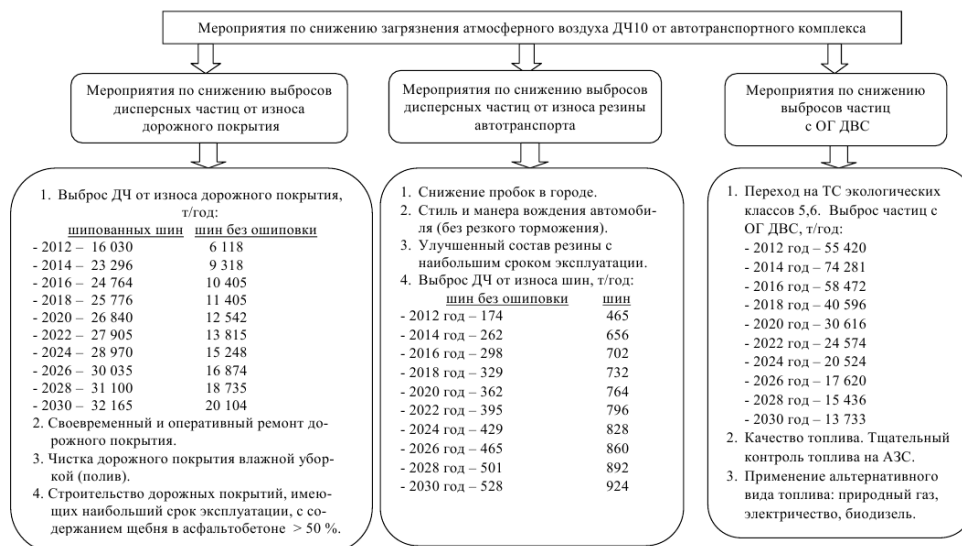


Рис.2.19. Блок-схема мероприятий по снижению загрязнения атмосферного воздуха ДЧ от автотранспортного комплекса

Мероприятия, направленные на снижения выбросов дисперсных частиц менее 10 мкм от износа дорожного покрытия: строительство качественных дорожных покрытий, имеющих наибольший срок эксплуатации, с содержанием щебня в асфальтобетоне > 50 % обеспечит снижение выбросов ДЧ от износа дорожного покрытия на 20 – 25%; своевременный и оперативный ремонт дорожного покрытия; чистка дорожного покрытия только влажной уборкой. Переход на нешипованные шины сократит выброс дисперсных частиц от износа дорожного покрытия на 37%.

Мероприятия по снижению выбросов дисперсных частиц от износа резины автотранспорта: снижение пробок в городе; стиль и манера вождения автомобиля (без резкого торможения); улучшенный состав резины с наибольшим сроком эксплуатации. Переход на фрикционные шины (без ошиповки) сократит выброс частиц от износа шин на 43%.

Мероприятия по снижению выбросов частиц с отработавшими газами автотранспорта: замещение в автомобильном парке транспортных средств низких экологических классов на транспортные средства экологических классов 5 и 6 приведет к сокращению выбросов дисперсных частиц с ОГ ДВС на 75%.

Основными факторами, влияющими на уровень выделения дисперсных частиц менее 10 мкм, являются интенсивность движения автотранспорта, тип дорожного покрытия, материал дорожного покрытия, тип шины, скорость движения ТС, природно-климатические факторы.

При увеличении полной массы ТС с 1 до 20 т выброс дисперсных частиц возрастает с 1 мг/с до 5 мг/с, т.е. в 5 раз раза;

замещение в автомобильном парке транспортных средств экологического класса 2 на транспортные средства экологического класса 5 приведет к снижению выбросов дисперсных частиц в 19 раз при тех же объемах потребления дизельного топлива;

в результате износа зимних шин (без ошиповки) выброс ДЧ10 в 2,6 раза больше, чем при износе летних шин того же размера;

интенсивность выделения дисперсных частиц в результате износа дорожного покрытия типа В (содержание щебня в асфальтобетоне < 40 %) составляет 1,2 мг/с, что в 1,3 раза больше, чем в результате износа дорожного покрытия типа А (содержание щебня в асфальтобетоне > 50%); с увеличением температуры воздуха с 0 до 30°С наблюдается повышение концентрации дисперсных частиц в атмосферном воздухе в 2,5 раза (с 0,4 мг/м<sup>3</sup> до 1 мг/м<sup>3</sup>);

при повышении влажности воздуха с 30% до 90% наблюдается снижение выбросов дисперсных частиц в 3 раза (с 1 мг/м<sup>3</sup> до 3 мг/м<sup>3</sup>).

Эффективные мероприятия, направленные на снижение загрязнения атмосферного воздуха дисперсными частицами менее 10 мкм на основании проведенного прогноза до 2030 года:

- замещение в автомобильном парке транспортных средств низких экологических классов на транспортные средства экологических классов 5 и 6 приведет к сокращению выбросов дисперсных частиц с ОГ ДВС на 75%;
  - переход на нешипованные шины сократит выброс дисперсных частиц от износа дорожного покрытия на 37%;
  - переход на изготовление дорожного полотна с содержанием щебня в асфальтобетоне более 50% обеспечит снижение выбросов ДЧ от износа дорожного полотна ориентировочно на 20-25%;
- переход на фрикционные шины (липучки) сократит выброс частиц от износа шин на 43%.

#### **2.4. Совершенствование организации движения автомобилей в промышленном городе с учетом количества выбросов загрязняющих веществ**

Исследование процесса функционирования автотранспортных потоков в условиях промышленного города осуществлено на модели системы «автотранспортный поток-улица промышленного города», состоящей из двух подсистем – «автотранспортный поток» и «улица промышленного города», объединенных конечной целью – «обеспечение нормативного уровня качества воздушного бассейна» (рисунок 2.20), причем в комплексный показатель целевой функции входят параметры функционирования каждой из подсистем.

Функции существования  $f(x)$  и  $f(y)$  могут быть записаны для каждой подсистемы, так как они обладают определенной автономностью.

Для подсистемы «автотранспортный поток» функциями существования будут являться взаимосвязи между параметрами функционирования, включающими количество выбросов ЗВ с ОГ АТС.

Для подсистемы «улица промышленного города» - взаимосвязи между параметрами функционирования, включающими количество выбросов ЗВ от стационарных источников и условия рассеивания ЗВ в атмосфере.



Задача обеспечения экологической безопасности автотранспортного комплекса сведена к оптимизации параметров системы «автотранспортный поток-улица промышленного города». В результате часто возникающих заторов и пробок возникает неблагоприятная экологическая ситуация, что характеризуется превышением по выбросам оксида углерода и диоксида азота.



Рис.2.20. Система «автотранспортный поток-улица промышленного города»

Увеличение доли грузовых АТС и автобусов в автотранспортном потоке с 10 до 50 % при неизменной интенсивности движения приводит к росту выбросов в 2,1 раза, то есть к повышению уровня экологической опасности с повышенного до высокого. Увеличение интенсивности движения на 20 % при неизменном составе автотранспортного потока приводит к росту выбросов в 1,4 раза, что также приводит к повышению уровня экологической опасности с «повышенного» до «высокого». Причём отрицательный экологический эффект проявляется в большей мере при увеличении доли грузовых АТС и автобусов в автотранспортном потоке, что характерно для промышленного города.

Количество выбросов загрязняющих веществ в окрестностях перекрёстка в 3,5 раза выше, чем при движении автотранспортных потоков на перегонах при отсутствии на них светофоров.

Основные мероприятия по упорядочению автотранспортных потоков связаны с организацией движения автомобилей на локальном и сетевом уровнях.

На локальном уровне:

- рациональное обозначение приоритета, использование кругового движения, оптимизация схем организации движения (пересечение);
- воздействие на скоростной режим, рациональное ограничение использования около тротуарных стоянок, оптимизация размещения и оборудования остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта (перегон);
- оптимизация жесткого локального регулирования, выбор алгоритма адаптивного регулирования и оптимизация управляющих параметров, оптимизация смены программ регулирования (пресечение);
- оптимизация участков координированного регулирования, оптимизация программ координации (с учетом состава движения);
- внедрение схем реверсивного движения.

На сетевом уровне:

- строительство транспортных развязок в разных уровнях, подземных пешеходных переходов;
- оптимизация загрузки элементов улично-дорожной сети (выбор разрешенных направлений движения на пересечениях);
- введение ограничений на движение транспортных средств по отдельным полосам, выделение улиц для грузового движения;
- внедрение схем одностороннего движения;
- оптимизация размещения временных автомобильных стоянок и обеспечение информации о них;
- маршрутное ориентирование водителей, в том числе оптимизация пропуска транзитного движения;
- запрет движения грузовых автомобилей, мотоциклов, мопедов в ночное время по определенным маршрутам;

- совершенствование маршрутной сети пассажирского транспорта, схем движения, в том числе в критической по пропускной способности ситуации, а также в рамках автоматизированных систем управления движением (АСУД);
- рациональный выбор районов координации;
- разработка и внедрение вариантов противозаторного управления;
- оптимизация режимов местной коррекции программ координации (с учетом состава движения);
- разработка и реализация переменных схем организации дорожного движения;
- развитие структурно-алгоритмической части АСУД за счет введения элементов обратной связи по экологически значимым показателям.

## **2.5. Пути улучшения экологической безопасности автомобилей**

### ***2.5.1. Модернизация существующих типов двигателей АТС***

Двигатели внутреннего сгорания имеют крайне низкую эффективность из-за больших потерь теплоты и механических потерь. Ведутся интенсивные поиски путей снижения этих потерь. Например, возможно снизить внутренние потери, делая более легкий коленчатый вал, применяя более точные методы производства. Благодаря прогрессу в микропроцессорных системах контроля, а также лучшему пониманию рабочих процессов, достигается беспрецедентная экономичность, снижаются выбросы и шум, повышается мощность.

Необходимо отметить, что наряду с совершенствованием рабочих процессов ДВС ведутся работы по повышению эффективности систем нейтрализации ОГ. Ужесточение нормативов на выбросы ставит перед инженерами все новые задачи. Так, все больший вес (до 90%) приобретают выбросы СН при запуске и прогреве двигателя, когда обычный 3-компонентный нейтрализатор практически не действует. Для решения этой проблемы применяют разделенные нейтрализаторы, один из которых (стартовый) устанавливается как можно ближе к выпускному коллектору;

системы электрического прогрева нейтрализатора, абсорберы, временно задерживающие углеводороды, и другие способы.

Довольно интересное решение предложено для предпускового прогрева нейтрализатора на автомобиле Volvo S80. Водород в данной конструкции вырабатывается непосредственно на борту автомобиля (рис. 2.21.). Этот газ производится в электролизере при диссоциации воды и запасается в баллоне при давлении 25 бар.

Непосредственно перед пуском холодного двигателя водород вместе с воздухом подается насосом в выпускной коллектор, расположенный спереди нейтрализатора. Для прогрева используется экзотермическая реакция водорода с воздухом, которая самопроизвольно протекает на поверхности катализатора.

Температура в 500 - 600°C достигается за несколько секунд. Поэтому нейтрализатор выходит на рабочий режим уже к первому обороту двигателя.

Система получила название «Химически прогреваемый нейтрализатор».

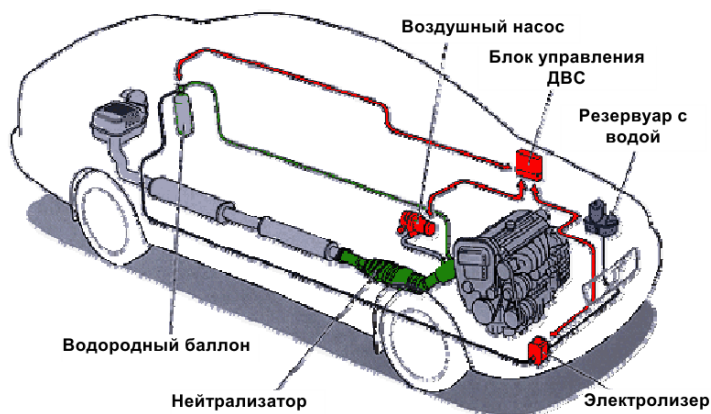


Рис. 2.21. Система химического прогрева нейтрализатора

### ***1) Работа на бедных горючих смесях***

Как известно, теоретическое соотношение топлива и воздуха для обеспечения полного сгорания равно для бензина 14,7:1. Максимальная топливная экономичность (и минимальные выбросы CO) достигается при соотношении от 20:1 до 22:1. Однако по мере обеднения смеси повышается нестабильность горения, что вызывает рост выбросов CH. Кроме того,

максимум выбросов NOx приходится на горючую смесь состава 16:1. И если выбросы CO и CH могут быть значительно снижены при помощи

нейтрализатора, то конвертация  $\text{NO}_x$  при работе на бедных смесях весьма неэффективна.

Однако в существующих моделях серийно выпускаемых двигателей, работающих на бедных смесях (lean burn engines), эти проблемы решены.

Так, в 1,5 литровом двигателе фирмы Mazda используются такие технические решения, как четырехклапанный газораспределительный механизм с системой формирования сложного управляемого вихря внутри камеры сгорания (рис. 2.22.); система распределенного высокодисперсного впрыска топлива; система зажигания высокой энергии; микропроцессорное управление. В результате, двигатель может работать на очень бедных смесях с воздушно-топливным соотношением 25:1.

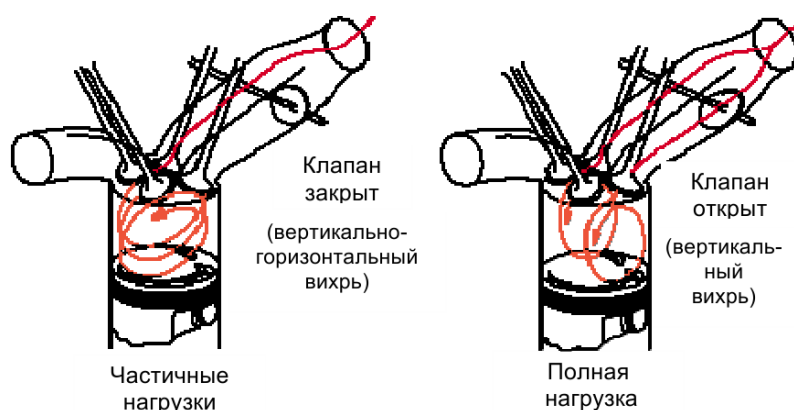


Рис. 2.22. Схема формирования вихря в двигателе, работающем на бедных смесях

Высокая топливная экономичность (на 10 - 15% лучше, чем у обычных двигателей) достигается благодаря снижению тепловых потерь (из-за более низкой температуры сгорания) и насосных потерь (из-за более широкого открытия дроссельной заслонки).

Для снижения выбросов  $\text{NO}_x$  применяется трехкомпонентный нейтрализатор специальной конструкции. В нейтрализаторе используется цеолитовая основа с нанесенным на неё слоем из благородных металлов.

Углеводороды удерживаются в порах цеолита, в то время как оксиды азота абсорбируются на поверхности металла. Происходит каталитическая реакция взаимодействия углеводородов с кислородом  $\text{NO}_x$ , приводящая к разрушению этих соединений.

## 2) Рециркуляция отработавших газов

При помощи регулируемого компьютером перепуска части отработавших газов из выхлопной системы во впускной трубопровод добиваются улучшения мощности, топливной экономичности и снижения  $\text{NO}_x$ . Мощность и экономичность повышаются из-за уменьшения насосных потерь, а выбросы  $\text{NO}_x$  снижаются из-за уменьшения температуры сгорания (рис. 2.23).

Например, в 2-литровом двигателе автомобиля Mazda Capella удалось достичь повышения мощности на 36%, улучшения экономичности - на 18% и снижения выбросов  $\text{NO}_x$  на 18%. Степень рециркуляции в данном двигателе колеблется от 13% при разгоне до 20% при установившемся движении. Более того, в отличие от двигателей, работающих на бедных смесях, используется стандартный трехкомпонентный нейтрализатор без каких-либо модификаций.

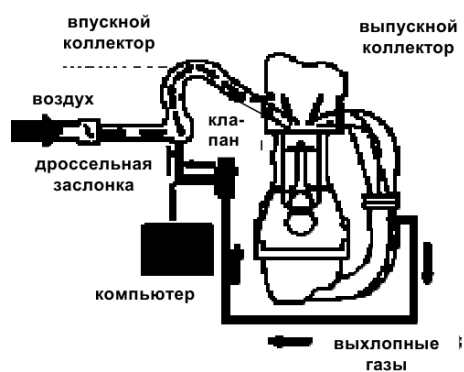


Рис. 2.23. Схема системы рециркуляции отработавших газов

## 3) Переменные фазы газораспределения

Система, непрерывно изменяющая моменты открытия и закрытия впускных клапанов, обеспечивает оптимальные фазы газораспределения при любых условиях движения АТС (рис. 2.24.). Очевидными преимуществами такой технологии являются повышение мощности, улучшение экономичности и снижение выбросов. Например, автомобиль Mazda Familia по сравнению со своим предшественником имеет на 16% меньший выброс  $\text{CO}_2$  и на 14% -  $\text{NO}_x$  при том, что автомобиль стал более динамичным.

Механизм состоит из трех основных частей: привода коленвала, который гидравлически изменяет моменты открытия и закрытия клапанов; микропроцессора, который оптимизирует эти моменты в зависимости от частоты вращения, разряжения во впускном коллекторе и температуры

охлаждающей жидкости; гидравлического клапана, который регулирует давление масла в приводе; микропроцессора, управляющего работой системы.

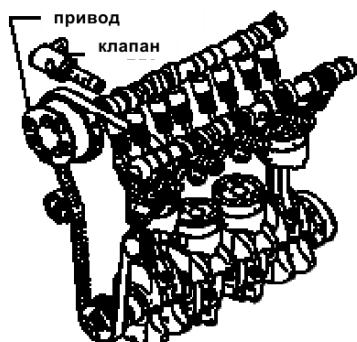


Рис. 2.24. Схема системы газораспределения с переменными фазами

#### **4) Непосредственный впрыск бензина**

Непосредственный впрыск топлива выводит на новый уровень технологию работы двигателей на бедных смесях. В этом случае в цилиндр подается только воздух, а топливо впрыскивается под высоким давлением непосредственно в камеру сгорания.

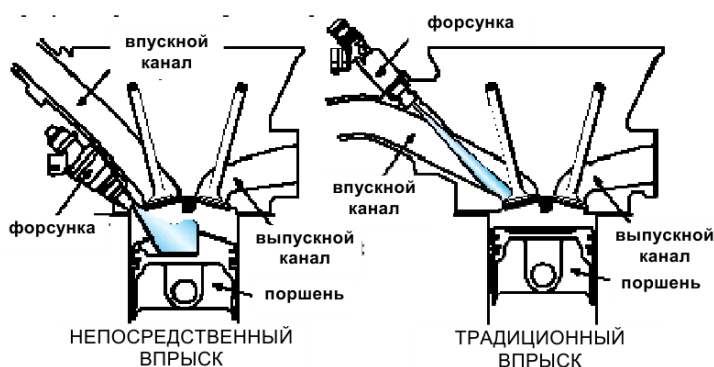


Рис. 2.25. Сравнение схем организации традиционного и непосредственного впрыска топлива

Вокруг свечи зажигания формируется облако готовой к воспламенению горючей смеси, что позволяет поднять воздушно-топливное соотношение. Поскольку в камере сгорания формируется смесь неодинаковой плотности, говорят о "стратификации" или "расслоении" заряда. На самом деле, на режимах полной нагрузки происходит переход к формированию гомогенной смеси нормального состава, но даже с учетом этого, достигается снижение  $\text{CO}_2$  более, чем на 30% при увеличении мощности на 10%.

Необходимо отметить, что непосредственный впрыск топлива дополняется системой управляемого вихря и специальной формой днища поршня, что усиливает эффект расслоения заряда.

Для обеспечения требуемого уровня выбросов  $\text{NO}_x$ , двигатели с непосредственным впрыском оборудуются специальными системами нейтрализации. Например, на фирме Volvo разработана система, состоящая из парного нейтрализатора (стартового и основного) и уловителя  $\text{NO}_x$ , объединенного с охладителем ОГ.

При стехиометрическом составе рабочей смеси система работает как обычный 3-компонентный нейтрализатор. Небольшой стартовый нейтрализатор обеспечивает быстрый прогрев и вступление в работу при запуске двигателя. При работе на бедных смесях нейтрализатор обеспечивает окисление CO и CH перед тем, как ОГ достигнут ловушки  $\text{NO}_x$ .

Уловитель  $\text{NO}_x$  удерживает окислы азота при работе на бедных смесях, и восстанавливает их до  $\text{N}_2$  и (освобождает) при работе на стехиометрической смеси. Эффективность удержания и последующей конверсии зависит от температурных условий. Чтобы предотвратить деградацию уловителя при высоких температурах при полной нагрузке, и в то же время, для поддержания достаточной температуры при работе на бедных смесях используется охладитель ОГ, который располагается между нейтрализатором и уловителем.

Эффективность конверсии  $\text{NO}_x$  чрезвычайно сильно зависит от содержания в бензине серы.

### ***2.5.2. Двигатели, работающие на альтернативных топливах***

Большинство современных АТС используют в качестве топлива либо бензин, либо дизельное топливо. Этот факт доказывает, насколько хороши эти виды топлива для автотранспортных нужд. Но, поскольку нефть является невозобновимым ресурсом, в настоящее время рассматриваются возможности работы АТС на альтернативных топливах.

Как прямые альтернативы рассматриваются сжатый природный газ (СПГ) и метанол. Кроме того, сжиженный нефтяной газ (СНГ) также может рассматриваться как альтернативное топливо. В некоторых странах к этому



списку добавляются этанол и растительные масла, однако, производство таких топлив требует отчуждения больших территорий сельскохозяйственных земель под выращивание соответствующих технических культур, что не всегда приемлемо.

### **2.5.3. Мероприятия по повышению уровня экологической безопасности автомобилей с бензиновыми двигателями**

#### **1) Эксплуатационные возможности снижения выбросов вредных веществ на основе улучшения работы системы зажигания**

Широко применяемая длительный период на отечественных автомобилях батарейная (классическая или контактная) система зажигания (КСЗ) в российских условиях имеет такие неоспоримые преимущества по сравнению с другими системами как простота конструкции и связанная с ней простота технического обслуживания и ремонта, операции которых могут выполняться силами водителя практически в любых, в том числе и полевых, условиях. По этой причине она оставалась предпочтительной для установки на отечественные карбюраторные автомобили, несмотря на разработки более сложных устройств с возможностью их оперативной установки для улучшения эксплуатационных свойств автомобиля по расходу топлива и загрязнения окружающей среды.

К ним в первую очередь относятся различные варианты бесконтактных электронных систем зажигания (БСЗ) с накоплением энергии в магнитном поле индукционной катушки, у которых вторичное напряжение и энергия разряда могут быть повышены в значительных пределах, ибо увеличение тока разрыва уже не ограничивается стойкостью контактов прерывателя, а определяется параметрами транзистора. В целом электронные системы позволяют решать технические задачи, которые другим путём осуществить не удаётся (увеличение вторичного напряжения, энергии искрового разряда, повышение надёжности и т. п.).

Данные системы (с магнитоэлектрическими датчиками) серийно устанавливались на карбюраторные грузовые и легковые автомобили (микроавтобусы) ГАЗ с двигателями М-402, где они принципиально могут быть

заменены на контактные системы, и на переднеприводные автомобили ВАЗ-2108-2109 (с датчиком Холла), для которых контактный вариант уже не предусматривался. Указанные системы показывают улучшение эксплуатационных качеств по экономичности на высоких скоростях движения, режимах частичных нагрузок (за счёт работы на обеднённой смеси), и режимах холостого хода и запуска двигателя, где за счёт специального формирующего каскада в электронных коммутаторах минимальная частота бесперебойного искрообразования снижается до 20 об/мин. Длительность искрового разряда при этом составляла 1 миллисекунд (мс) для автомобилей ГАЗ, и 1,8...2 мс - для ВАЗ, при более высоких значениях вторичного напряжения на больших скоростях и режимах запуска по сравнению с контактными системами.

Улучшение показателей по токсичности на режимах холостого хода здесь также достигается за счёт существенного снижения пропуска искрообразования, которое для исправного и хорошо обслуженного контактного зажигания составляет порядка 8...12%.

На всех режимах также сказывается положительное влияние снижения асинхронизма в моментах подачи искры, которое для КСЗ достигает 12 градусов по углу поворота коленчатого вала по мере повышения частоты, а для БСЗ практически постоянно и не превышает 2...3 градусов.

Другим вариантом БСЗ является система с накоплением энергии в электростатическом поле (в специальном высоковольтном конденсаторе до 400 В) с последующей передачей катушке зажигания с помощью тиристора, которая практически не была реализована на рынке. Их важной особенностью является неизменность вторичного напряжения от частоты вращения коленчатого вала и падения напряжения бортовой сети (до 6 В) при запуске холодного двигателя, что наилучшим образом соответствует российским условиям. Пробивное напряжение на свечах здесь возрастало до 30%, но поскольку длительность индуктивной фазы искры здесь сокращалась от единиц миллисекунд до нескольких сотен микросекунд (мкс), то это приводило к ухудшению воспламенения и сгорания рабочей смеси в цилиндрах на режимах частичных нагрузок и холостого хода и большему содержанию СН .

С бесконтактными системами также связаны улучшение показателей работы вакуумного и центробежного автоматов опережения зажигания, в виду более чем двойного снижения асинхронизма и его практического постоянства в процессе эксплуатации. При этом характеристики центробежных автоматов могут быть приближены к характеристикам зоны детонации, что обеспечивает некоторое повышение мощности и экономичности двигателя.

С другой стороны, установку оптимального угла опережения зажигания для получения максимальной экономичности необходимо корректировать в зависимости от режимов работы двигателя, что осуществляется в цифровых системах зажигания, работающих, как правило, совместно с электронными системами впрыска, хотя в отечественном автомобилестроении цифровые системы использовались совместно с карбюраторами на грузовых автомобилях и микроавтобусах ГАЗ с 16-ти клапанным двигателем М-406.

Общее повышение экономичности и снижение токсичности отработавших газов карбюраторных двигателей, особенно при использовании систем с увеличенной (порядка вдвое) фазой индуктивного разряда при больших искровых промежутках в свечах, обеспечивалось в основном за счёт повышения энергии разряда.

Отечественными заводами автотракторной аппаратуры (АТЭ-2) были разработаны и длительное время имелись в продаже БСЗ для оперативной установки в эксплуатации с распределителями на основе датчика Холла для трёх основных моделей карбюраторных двигателей легковых автомобилей – ВАЗ, ГАЗ и М-412 (АЗЛК, ИЖ), имеющие значительно лучшие показатели по эффективности по сравнению с контактным зажиганием. В частности, БСЗ высокой энергии с масляной катушкой зажигания средней индуктивности 27.3705 и коммутатором 36.3734 имели значительно более высокие характеристики, чем устанавливаемые на автомобилях ГАЗ-3110 БСЗ с катушкой зажигания Б-116 высокой индуктивности и коммутатором 13.3734-01. Так, максимальное вторичное напряжение в рабочем режиме было выше на 8 кВ (40%), а в режиме пуска холодного двигателя почти вдвое; энергия

искрового разряда была порядка в 2 раза выше на малых частотах и в 3 раза – на максимальных.

Таким образом, даже установка такого зажигания в эксплуатации на автомобиле ГАЗ с двигателями М-402, по которым в соответствии со сформулированной выше проблемой в первую очередь необходимо улучшение показателей экологической безопасности, и тем более на остальные отечественные двигатели с КСЗ, должна способствовать решению задачи удовлетворения работы системы холостого хода нормативам ГОСТа для автомобилей с двухкомпонентными нейтрализаторами, и это требовало специального исследования.

Поскольку очевидно, что без перехода на электронику решение подобной задачи невозможно, целесообразно рассмотреть и другие направления повышения эффективности работы системы зажигания, реализуемые электронными устройствами. В этом отношении перспективные результаты, касающиеся возможности увеличения длительности искрового разряда в 5...7 раз по сравнению с обычными системами, были получены в компании Nissan Motor Co., Ltd. Однако установка, обеспечивающая подобную длительность в условиях, соответствующих индуктивному разряду, была рассчитана только для работы в лабораторных условиях. При этом часть исследований осуществлялась при помощи экспериментальной камеры сгорания постоянного объёма с высокоскоростной киносъёмкой процессов образования искры и распространения фронта пламени сгорания.

На рис. 2.26 приведены обобщённые характеристики исследуемых вариантов длительности искрового разряда и их условных обозначений, при этом можно видеть, что максимальная длительность превышала обычную практически в 5 раз. Однако наиболее важным результатом следует считать выявленное значительное расширение диапазона устойчивого сгорания рабочей смеси в сторону её обеднения до значений  $\alpha = 1,4$  (по сравнению со стехиометрической величиной отношения воздуха к топливу 14:1, необходимого для полного сгорания последнего), что существенно для

снижения выбросов CO и CH.

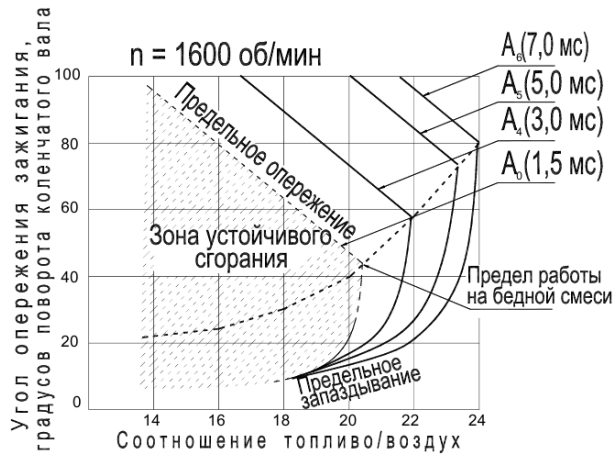


Рис. 2.26. Расширение зоны устойчивого сгорания смеси при различных степенях её обеднения для частично нагруженного двигателя в зависимости от длительности искрового разряда

В то же время работа на бедных смесях не позволяет использовать трёхкомпонентные каталитические нейтрализаторы, основным назначением которых является сокращение выбросов  $\text{NO}_x$ . Ещё в 1976 году фирма «Крайслер» ввела аналоговую цифровую систему управления углом опережения зажигания, где за счёт его точного регулирования на границе детонации обеспечивалось сгорание очень бедных смесей. Это позволило отказаться от рециркуляции отработавших газов (снижающих выбросы  $\text{NO}_x$ ), двухкомпонентного каталитического нейтрализатора (дожигателя), и обычно нечётко работающего и трудно регулируемого в эксплуатации вакуумного устройства опережения зажигания.

Таким образом, компенсация за счёт работы на бедных смесях, воспламенения которых можно добиться только электронными БСЗ с высокими показателями эффективности искрового разряда, оказалась более чем значительной.

Приближение к подобному режиму возможно также осуществить при соответствующей разработке устройств зажигания, оперативно устанавливаемых в эксплуатации на бензиновые (карбюраторные и инжекторные) двигатели.

## **2) Эксплуатационные возможности снижения выбросов вредных веществ при обеспечении рациональности рабочих процессов карбюраторов**

Отечественные карбюраторы, работающие с КСЗ, настраиваются при производстве заводом-изготовителем на работу под нагрузкой на обогащённой смеси с тем, чтобы как можно более длительный период обеспечить ездовые (или тягово-динамические) качества автомобиля. На работу двигателя существенное влияние оказывает изменение внешних контролируемых факторов – барометрического давления, температуры и влажности воздуха, температуры охлаждающей жидкости и картерного масла, и др., под воздействием которых происходит рассогласование рациональных, в первую очередь с позиций экономичности, процессов, установленных для определённых условий.

Кроме того, предел экономического регулирования изменяется в процессе эксплуатации и из-за изменения технического состояния двигателя – накопления нагара, снижения герметичности надпоршневого пространства, ухудшения состояния систем зажигания, и т. д. Однако общий «разброс» подобного обогащения из-за суммарного влияния производственных допусков на изготовление элементов карбюратора и его сборку, в сочетании со случайным влиянием отмеченных выше эксплуатационных факторов, может достигать существенных величин и обуславливать на современном этапе целесообразность введения в профилактические работы по автомобилю новых более сложных технологий по обслуживанию карбюраторов, основанных на принципах подбора степени обогащения смеси исходя из индивидуальных особенностей отмеченных выше факторов состояния двигателя. В первую очередь это позволит улучшить экологические показатели работы двигателей на частичных нагрузочных режимах.

Однако подобная технология не может иметь широкого распространения из-за массового отсутствия динамометрических стендов или их упрощённых аналогов, хотя принцип контролируемого обеднения смеси путем увеличения диаметра воздушного жиклёра должен быть положен и в основу процесса

регулирования в эксплуатации работы системы холостого хода на повышенной частоте вращения коленчатого вала двигателя с целью удовлетворения нормативам работы по СО для двухкомпонентных нейтрализаторов. Для обычного автомобиля эта регулировка может закончиться полной потерей ездовых качеств, при одновременном существенном превышении содержания СН за граничный диапазон норматива без использования нейтрализатора.

Обычно принято считать, что все 100% жидкого топлива, подаваемого в карбюратор, при хороших условиях смесеобразования, которые имеют место при близком к полному открытию дросселе и высокой скорости потока подогретого или тёплого воздуха на максимальных частотах вращения коленчатого вала двигателя, участвует в образовании паровоздушной смеси и полностью сгорает в процессе рабочих циклов в цилиндрах. Однако, как показывают исследования, указанные процессы не выполняются на практике даже для «идеальных» условий полных нагрузок двигателя при стендовых испытаниях, и тем более отклоняются в сторону ухудшения смесеобразования при работе на частичных нагрузочных режимах и режимах холостого хода.

Учитывая незначительные различия физических свойств бензинов и ограниченные возможности варьирования температурами, при которых они подаются в зону распыливания, к наиболее радикальным путям воздействия на процесс смесеобразования были отнесены: организация тонкодисперсного распыливания, подогрев воздуха на входе в карбюратор и подогрев впускного трубопровода.

### **3) Возможности повышения эффективности процессов сгорания рабочей смеси на основе «обработки» топлива активаторами и картерного масла добавками различной физической основы**

Повышение топливной экономичности бензиновых, карбюраторных и инжекторных, двигателей может быть связано с использованием различных устройств по предварительной подготовке топлива перед подачей в двигатель для его более полного сгорания, которые условно можно назвать «активаторами» топлива. Как правило, предлагаемые рынком активаторы в своей рекламе дают поверхностное представление о физических принципах их

работы. Это относится в первую очередь к магнитным и электроимпульсным активаторам, которые технологически наиболее удобны для установки на автомобили в эксплуатации, однако при этом могут оказаться неэффективными.

В последующее время появились активаторы каталитического типа, из которых наилучшими рекламными предпосылками обладали УПТ (устройство преобразования топлива, разработанное ООО СК «Титан»). В рекламе указывается, что для разработки УПТ привлекались научно-исследовательские центры России, Украины, Европы и США, и при этом обеспечивалось более полное представление о физико-химических процессах воздействия активатора на бензиновое топливо.

В частности, устройство подготовки топлива УПТ-4, изготовленное в соответствии с ТУ У 19235220-99 и предназначенное в первую очередь для карбюраторных легковых автомобилей (может применяться также и для инжекторных двигателей), представляет собой пластмассовый бачок емкостью 2 литра, содержащий полиамид, химреактивы, титановую губку и необходимые конструктивные элементы. Устройство достаточно технологично подключается к системе питания между бензонасосом и карбюратором.

Принцип его воздействия на фракции бензина : активатор обеспечивает разрыв длинных углеводородных цепей, появляющихся при первичном крекинге нефти, способствуя изменению элементного состава, в процессе которого пентагектан  $C_9H_{20}$  превращается в конечном счёте в смесь пентана  $C_5H_{12}$  и бутана  $C_4H_{10}$ , и происходит изомеризация скелетов этих соединений с образованием смеси изобутана и неопептана. Количество метильных групп в смеси увеличивается примерно в 3,5 раза по сравнению с исходным состоянием, обеспечивая более полное сгорание топлива до начала такта выхлопа.

При установке данного активатора на автомобили с каталитическими нейтрализаторами отработавших газов, по рекламе, исключался выход последних из строя при применении этилированного бензина, поскольку соединения свинца в данном случае шли на создание бронзо-образующих микрочастиц, восстанавливающих геометрию трущихся поверхностей. Кроме



того, имеет место снижение выброса токсичных веществ и на режиме прогрева нейтрализатора (с 20 до 600<sup>0</sup>С), сопоставимого с выбросами при пробеге автомобиля 300 км. Согласно рекламе, применение активатора обеспечивает снижение токсичности отработавших газов (для автомобилей с трёхкомпонентными нейтрализаторами) до уровня Евро-3, повышение и выравнивание компрессии по цилиндрам, увеличение мощности двигателя на 10% и снижение расхода топлива на 10...20%.

В определённой мере по принципам применения в эксплуатации с активаторами соотносятся и присадки, добавляемые к работающему картерному маслу для повышения эксплуатационных свойств двигателя по экономичности, динамичности и экологическим характеристикам, хотя последние могут «не стыковаться» с первыми из-за возможных физико-химических взаимодействий между ними, не допускающих комплексного применения. Примером подобной разработки может являться противоизносная антифрикционная добавка к маслу с рыночным названием «Форум», созданная на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ, тефлон), сохраняющая свою эффективность при однократной обработке двигателя на протяжении 80 тыс. км пробега автомобиля.

Данная добавка также может использоваться для повышения износостойкости коробок передач, главных передач, других механических приводов и подшипников. Согласно рекламе, применение добавок «Форум» для двигателя позволяет снизить расход топлива до 11% и увеличить мощность на 6...10%, а для других механизмов уменьшить износ деталей в 1,5...4 раза при значительном снижении шумов и вибраций. Другие рекламируемые добавки к картерному маслу, в том числе и зарубежного производства, приводят сходные с отмеченными выше показатели эффективности.

Как правило, реклама на устройства активации топлива и «улучшающие» добавки к картерным маслам, помимо снижения расхода топлива, которое всегда можно проверить в эксплуатации рядовому пользователю, акцентирует внимание и на улучшение экологических показателей, которые на обычном бензиновом автомобиле не могут быть достаточно объективно оценены из-за разброса технического состояния всех влияющих на экологию элементов

двигателя (карбюратора, параметров зажигания, высоковольтных проводов и свечей, состояния цилиндра-поршневой группы, и т. д.).

Более объективно подобную оценку на двигателе средней наработки можно получить при наличии многоискрового зажигания и качественном техническом обслуживании карбюратора .

При этом главное внимание для двигателей старых моделей, не оснащённых системами очистки выхлопных газов, должно быть обращено на удовлетворение нормативам по СО и СН для двухкомпонентных нейтрализаторов на повышенной частоте холостого хода , влияющей на работу двигателя на режимах частичных нагрузок.

Для более полного выявления эффективности этих мероприятий в отношении экологических показателей проверку режимов холостого хода в стационарных условиях необходимо дополнить испытаниями автомобиля на ненагруженных беговых барабанах, отражающие режимы частичных нагрузок. При этом одновременно можно оценить и изменения экономических показателей.

Поскольку экономические и экологические «улучшения» при таких воздействиях будут ожидать за счёт обеднения смеси, важное значение приобретает оперативная оценка степени этого обеднения с тем, чтобы не допустить его выхода за целесообразные границы, при которых будет наблюдаться недопустимое снижение динамических качеств автомобиля из-за нехватки топлива, хотя процессы искрового воспламенения и последующего сгорания рабочей смеси будут сохранять высокую эффективность.

В целом при комплексных воздействиях на двигатель (зажигание и свечи, активаторы и добавки к картерному маслу, «подгонка» жиклёров карбюратора) оценка коэффициента избытка воздуха, в сочетании с непосредственными измерениями показателей токсичности, осуществляемая при испытаниях на ненагруженных беговых барабанах при помощи четырёхканального газоанализатора, может служить основой для подтверждения эффективности эксплуатационных мероприятий по снижению выбросов СО и СН до уровня,

удовлетворяющего нормативам работы системы холостого хода для автомобилей с двухкомпонентными нейтрализаторами (ГОСТ Р 52033-2003).

### **Выводы по 2 главе:**

1. С увеличением массы ТС увеличивается выброс дисперсных частиц.
2. Переход ТС экологического класса 2 на ТС экологического класса 6 приведет к снижению выбросов дисперсных частиц в 19 раз при тех же объемах потребления дизельного топлива.
3. Наблюдается увеличение выбросов дисперсных частиц при увеличении количества шин на ТС.
4. Максимальный выброс дисперсных частиц от износа шины зимней липучки. Минимальный выброс дисперсных частиц от износа летней шины.
5. Максимальный выброс дисперсных частиц от износа дорожного покрытия, который характеризуется содержанием щебня в асфальтобетоне < 40 %. Минимальный выброс дисперсных частиц от износа дорожного покрытия типа А (характеризуется содержанием щебня в асфальтобетоне > 50 %).
6. При повышении влажности наблюдается снижение выбросов дисперсных частиц.
7. Наличие осадков на поверхности дорожного покрытия снижает выброс дисперсных частиц в атмосферном воздухе.
8. Между объемом выбросов дисперсных частиц и интенсивностью движения и скоростью движения существует прямая пропорциональная зависимость.
9. С увеличением температуры воздуха наблюдается повышение выбросов дисперсных частиц в атмосферном воздухе.
10. Рекомендуются пути снижения загрязнения атмосферного воздуха дисперсными частицами, которые необходимо проводить в крупном городе для улучшения экологической обстановки:
  - по снижению выбросов дисперсных частиц от износа дорожного покрытия: своевременный и оперативный ремонт дорожного покрытия, чистка дорожного покрытия влажной уборкой, строительство дорожных покрытий, имеющих наибольший срок эксплуатации;

- по снижению выбросов от износа резины автотранспорта: улучшенный состав резины с наибольшим сроком эксплуатации;
- по снижению выбросов частиц с ОГ ДВС: переход на ТС экологических классов 5,6, тщательный контроль качества топлива на АЗС, применение альтернативных видов топлива;
- совершенствование организации дорожного движения, направленные на снижение уровня загрязнения атмосферы: оптимизация светофорного регулирования, маршрутное ориентирование водителей, регулирование пропуска транзитного транспорта, организация многоуровневых развязок, подземных и надземных пешеходных переходов, запрет на въезд определенных категорий ТС;
- модернизация существующих типов двигателей АТС (работа на бедных горючих смесях, рециркуляция отработавших газов, переменные фазы газораспределения, непосредственный впрыск бензина).

## ГЛАВА 3. РАЗДЕЛ БЖД И ЭКОЛОГИИ

### 3.1. Воздействие дисперсных частиц на окружающую среду и здоровье людей

Вредное влияние мелкодисперсной пыли на организм человека связывают с физико-химическим воздействием. Одним из недостаточно изученных факторов пылевого поражения организма человека является возможное биологическое воздействие, связанное с инфекционными агентами, которые могут находиться на дисперсных частицах. К инфекционным агентам можно отнести непосредственно микроорганизмы (бактерии, грибы, вирусы), а также их фрагменты.

Существует связь между уровнем дисперсных частиц менее 2,5 мкм и количеством микробных тел (возбудители заболеваний верхних дыхательных путей, гнойно-септических инфекций стафилококки, стрептококки, синегнойная палочка, кишечная палочка, грибы) в пробах атмосферного воздуха вдоль автомобильной дороги. Это подтверждает возможность существования воздушно-пылевого пути передачи инфекции в атмосфере с высоким уровнем дисперсных частиц.

Мелкие частицы, в частности дисперсных частиц менее 2,5 мкм, проникают более глубоко в легкие и могут достигать альвеол. Ультрадисперсные частицы вносят небольшой вклад в массу дисперсных частиц менее 10 мкм, но они важны с точки зрения здоровья из-за их большого числа и поверхности. Они получаются в большом количестве вследствие горения (особенно в двигателях внутреннего сгорания). Ультрадисперсные частицы, обладающие высокой площадью поверхности, содержат большее количество переходных металлов, органических соединений и эндотоксинов (бактериальные токсические вещества, которые представляют собой структурные компоненты определенных бактерий и высвобождаются только при распаде бактериальной клетки), которые способствуют легкому развитию различных заболеваний при краткосрочном воздействии.

Влияние дисперсных частиц на уровень дефицита солнечного света. Черный углерод является самым сильным светоабсорбирующим компонентом

дисперсных частиц. При высоких концентрациях это может приводить к дефициту солнечного света. Поскольку Россия расположена в зоне низкой инсоляции, практически все её жители входят в группу риска дефицита витамина D.

Гиповитаминоз D играет основную роль в развитии рахита у детей. Долговременный дефицит витамина D может приводить к увеличению заболеваемости раком, увеличивает вероятность развития остеопороза. В последнее время опубликованы результаты исследований, увязывающих недостаток витамина D с ослаблением иммунитета, повышенным риском развития сердечно-сосудистых заболеваний.

В таблице 3.1. приведена информация о заболеваниях, вызываемых дисперсными частицами.

Табл.3.1. Влияние дисперсных частиц на здоровье людей

Загрязняющий агент	Влияние, связанное с краткосрочным воздействием	Влияние, связанное с долгосрочным воздействием
ДЧ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Воспалительные реакции в легких</li> <li>2 Респираторные заболевания</li> <li>3 Неблагоприятное воздействие на сердечнососудистую систему</li> <li>4 Увеличение количества используемых медикаментов</li> <li>5 Увеличение количества госпитализаций</li> <li>6 Увеличение смертности</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Увеличение количества заболеваний нижних дыхательных путей</li> <li>2 Ослабление функции легких у детей</li> <li>3 Усиление хронических заболеваний легких</li> <li>4 Ослабление легочной функции у взрослых</li> <li>5 Уменьшение продолжительности жизни, что связано в основном с кардиолегочными заболеваниями и раком легких</li> </ol>

### **3.2. Оценка риска негативного воздействия дисперсных частиц размером менее 10 мкм на качество среды обитания и здоровье людей**

Оценка риска негативного воздействия дисперсных частиц размером менее 10 мкм на здоровье людей производится в несколько этапов:

1) идентификация опасности – отбор основных потенциально опасных факторов, оценка их способности вызывать определенные вредные эффекты у человека при предполагаемых условиях воздействия;

2) определение сценариев воздействия – количественная характеристика связей между концентрацией, экспозицией или дозой изучаемого фактора и вызываемыми им вредными эффектами;

3) оценка экспозиции – анализ и выявление источников, определение маршрутов и сценария воздействия вредных факторов, проведение количественной характеристики экспозиции, расчет воздействующих доз для оцениваемых групп населения;

4) характеристика риска с использованием качественных и количественных параметров.

Риск здоровью является количественным показателем, позволяющим проводить стоимостную и сравнительную оценку рисков и эффективности проводимых мероприятий по его снижению.

По данным оценки риска здоровью делаются прогнозы по развитию различного рода заболеваний у определенных групп населения, а также разрабатываются решения по управлению рисками с целью снижения их значений.

С математической точки зрения, оценка рисков заболеваемости представляет собой определенную последовательность операций. Входными являются исходные данные об анализируемой группе населения, концентрациях загрязнителей и времени воздействия. На выходе получаем либо риск дополнительных раковых заболеваний, либо степень превышения порогового воздействия, связанную с данным вредным веществом.

При оценке потенциального неблагоприятного воздействия загрязняющих веществ на человека определяются следующие виды риска: острый, хронический и канцерогенный – таблица 3.2.

Табл. 3.2 Характеристика рисков здоровью

Риск	Проявление	Эффекты	Оценка
Риск немедленных эффектов (острый)	Непосредственно в момент воздействия	Реакции на неприятные запахи, обострение хронических заболеваний, острые отравления	Индекс (коэффициент) опасности развития неракового заболевания
Риск длительного воздействия (хронический)	При накоплении достаточной дозы	Рост неспецифической патологии, снижение иммунного статуса	
Риск специфического действия (канцерогенный)	Не имеет порога воздействия	Возникновение специфических заболеваний, канцерогенных, иммунных, эмбриотоксических	Дополнительная вероятность ракового заболевания

Формулы, используемые при количественной оценке рисков, эффекты суммации и допустимые значения представлены в таблице 3.3.

Табл.3.3 Количественная оценка риска

Риск	Формула расчета	Суммация	Допустимые
Неканцерогенный	<p>Коэффициент опасности:  <math>HQ = ADD/RfD</math>,                      где HQ – коэффициент опасности;                      ADD – интенсивность воздействия загрязнителя, <math>mg/m^3</math>; RfD – нормативная доза, безопасная для человека, <math>mg/m^3</math>.</p> <p>Ингаляционное воздействие:  <math>KO = C/Cp</math>,                      где KO – коэффициент опасности;                      C – текущая концентрация, <math>mg/m^3</math>;                      Cp – пороговая концентрация, <math>mg/m^3</math>.</p>	$HQ = \sum HQ_j$ j – неканцерогенные вещества	<1,0
Канцерогенный	<p>Риск заболевания:  <math>R = SF \cdot LADI</math>,                      где R – риск ракового заболевания; SF – вероятность получения ракового заболевания в случае приема единичной дозы LADI (<math>1/mg/kg \cdot \text{день}</math>); LADI – средняя пожизненная ежедневная доза (<math>1/mg/kg \cdot \text{день}</math>).</p> <p>Ингаляционное воздействие:  <math>R = 1 - \exp[-(\beta \cdot C)]</math>,                      где R – риск; <math>\beta</math> – единичный риск;                      C – концентрация (<math>mg/m^3</math>).</p>	$R = \sum Rci$ i – канцерогенные вещества	< $1 \cdot 10^6$

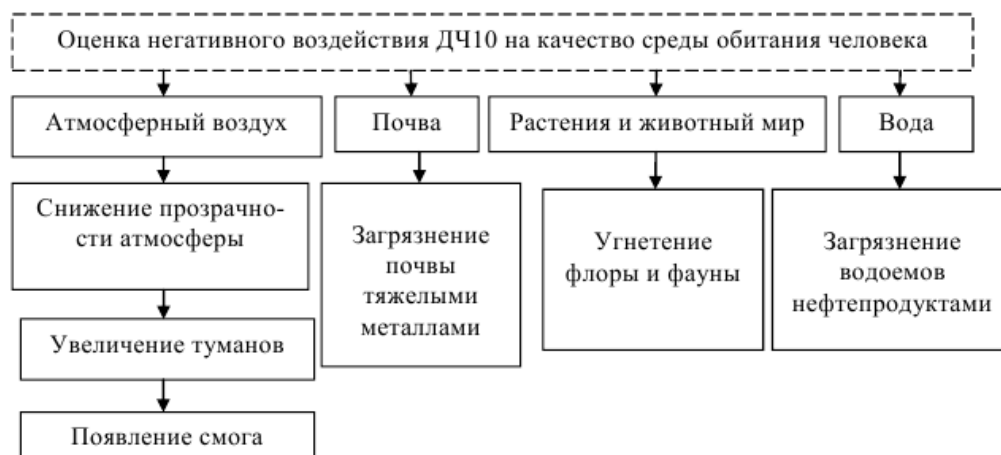


Рис.3.1. Блок-схема модели негативного воздействия дисперсных частиц размером менее 10 мкм на качество среды обитания



Оценка негативного воздействия ДЧ10 на качество среды обитания представлена блок-схемой на рисунке 1.3. Дисперсные частицы оказывают негативное воздействие на качество среды обитания человека. Увеличение транспортных потоков приводит к снижению прозрачности атмосферы, увеличению туманов, появлению смога, все это является следствием негативного воздействия на качество среды обитания.

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, целью которой являлось нахождение путей повышения экологической безопасности автотранспортного комплекса, были достигнуты следующие задачи:

- определены основные источники выбросов автотранспортного комплекса;
- выявлены зависимости влияния различных факторов на экологическую безопасность автотранспортного комплекса;
- проведена оценка рисков негативного воздействия дисперсных частиц загрязняющих веществ автотранспортного комплекса на качество среды обитания и здоровье людей;
- определены мероприятия по повышению экологической безопасности автотранспортного комплекса.

### Список использованной литературы

1. Рябчинский А.И., Трофименко Ю.В., Шелмаков С.В. Экологическая безопасность автомобиля: учебное пособие /Под ред. Луканина В.Н.– МАДИ-ТУ, 2000.– 95 с.
2. Зотов Л.Л. Экологическая безопасность автомобилей: Учеб. пособие: СПб.: СЗТУ, 2005.– 115 с.
3. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. М.: Транспорт, 1990. – 135 с.
4. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды/р.в. Малов, В.И. Ерохов, В.А. Щетина, В.Б. Беляев М.; Транспорт, 1988 – 200 с.
5. Козлов, Ю.С. Экологическая безопасность автомобильного транспорта : учеб. пособие / Ю.С. Козлов, В.П. Меньшова, И.А. Святкин. – М. : Агар, 2000. – 176 с.
6. Гудков, В.А. Безопасность транспортных средств (автомобили) : учеб. пособие для вузов / А.В. Гудков, Ю.А. Комаров, А.Ю. Рябчинский, В.Н. Федотов. – М. : Горячая линия–Телеком, 2010. – 431 с.
7. Александров, В.Ю. Экологические проблемы автомобильного транспорта / В.Ю. Александров, Л.И. Кузубова, Е.П. Яблокова – Новосибирск, – 1995. – 113 с.
8. Бадалян, Л.Х. Анализ выбросов вредных веществ автотранспортом / Л.Х. Бадалян, В.Л. Гапонов, Е.Л. Медиокритский // Безопасность, экология, энергосбережение. – Ростов–на–Дону, 2000. – С. 61– 66.
9. Безуглая, Э.Ю. Воздух городов и его изменения / Э.Ю. Безуглая, И.В. Смирнова – СПб.: Астерион, 2008. – 254 с.
10. Бондаренко, Е.В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: учебное пособие для вузов / Е.В. Бондаренко, А.Н. Новиков, А.А. Филиппов, О.В. Чекмарёва, В.В. Васильева, М.В. Коротков // Орёл: ОрёлГТУ, 2010. – 254 с.
11. Бондаренко, Е.В.. Дорожно-транспортная экология: учебное пособие/ Е.В. Бондаренко, Г.П Дворников; под ред. А.А. Цыцур. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 113 с.

12. Бондаренко Е.В. Критериальная характеристика экологической безопасности и технического совершенства автотранспортных средств / Е.В.Бондаренко, М.В. Коротков // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2002.-№3.- С.25-28.
13. ГОСТ 17.2.4.02-81. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.
14. ГОСТ 17.2.1.04-77. Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы.
15. Григорьева, Т.Ю. Прогноз выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортным комплексом Российской Федерации на период до 2030 года / Т.Ю. Григорьева, Ю.В. Трофименко // Автотранспортное предприятие. – 2009. - № 3. - С. 31-35.
16. Журавлев, В.М. Решение проблемы загрязнения воздушного бассейна крупных городов движущимся автотранспортом / В.М. Журавлев, А.И. Лобанов, А.Ю. Радзюк // Проблемы экологии и развития городов. — Красноярск: КГТУ, 2000.-С. 18-21.
17. Зарцына, С.С. Исследование загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта / С.С. Зарцына, М.И. Саликова - Воронеж: ВГТА, 2001. - 256 с.
18. Иващук, О.А. Повышение экологической безопасности автотранспорта региона на основе систем мониторинга с использованием интеллектуальных технологий: монография / О.А. Иващук. – Орел: ОрелГАУ, 2008. – 244 с.
19. Коваленко, В.Г. Экологическая безопасность в системах нефтепродуктообеспечения и автомобильного транспорта / Коваленко В.Г., Зоря Е.И., Фролов Ю.Н. – М.: ООО «Центр ЛитНефтеГаз», 2004. – 176 с.
20. Коротков, М.В. Оценка экологической эффективности применения различных видов моторного топлива в ДВС автотранспортных средств / М.В. Коротков, А.А. Филиппов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2008. - №1(1). – С.73-77.

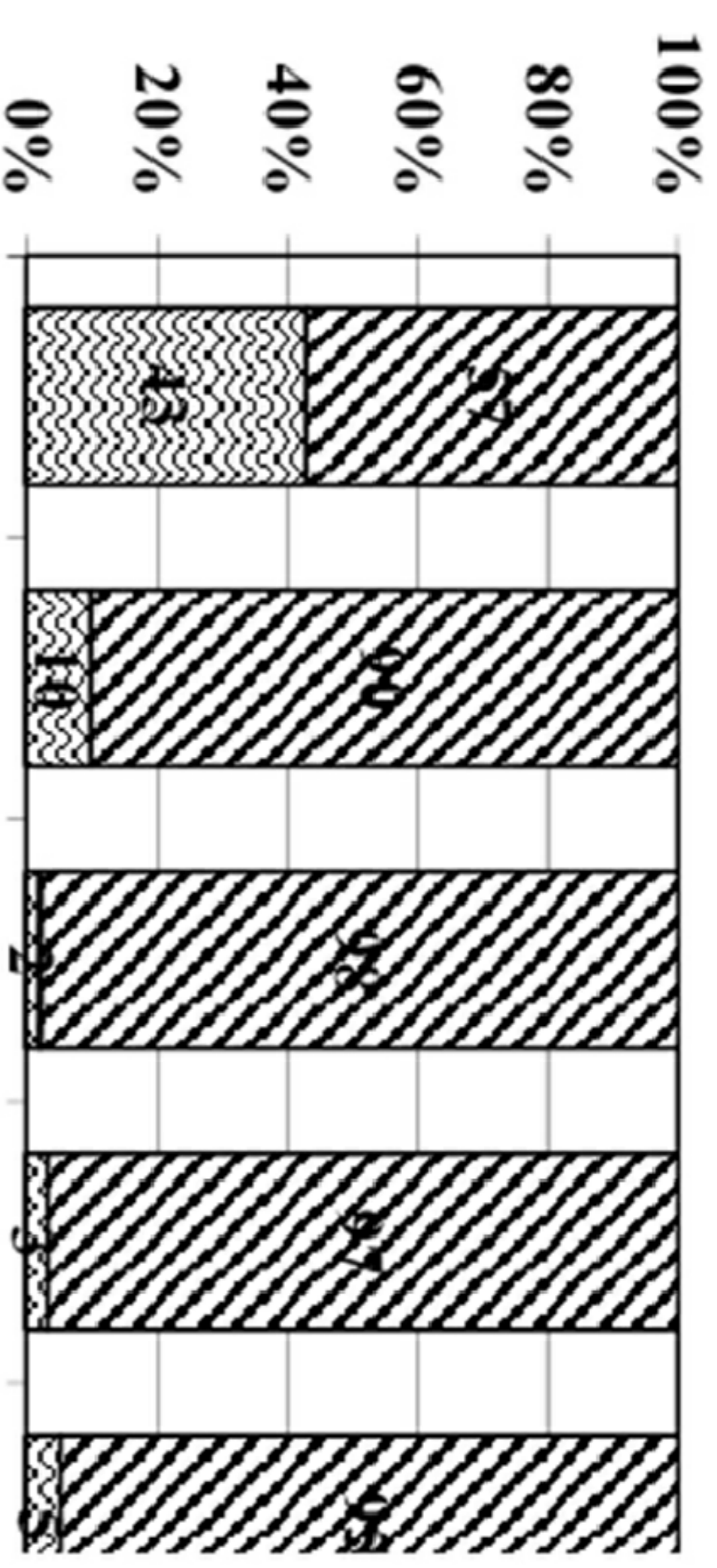
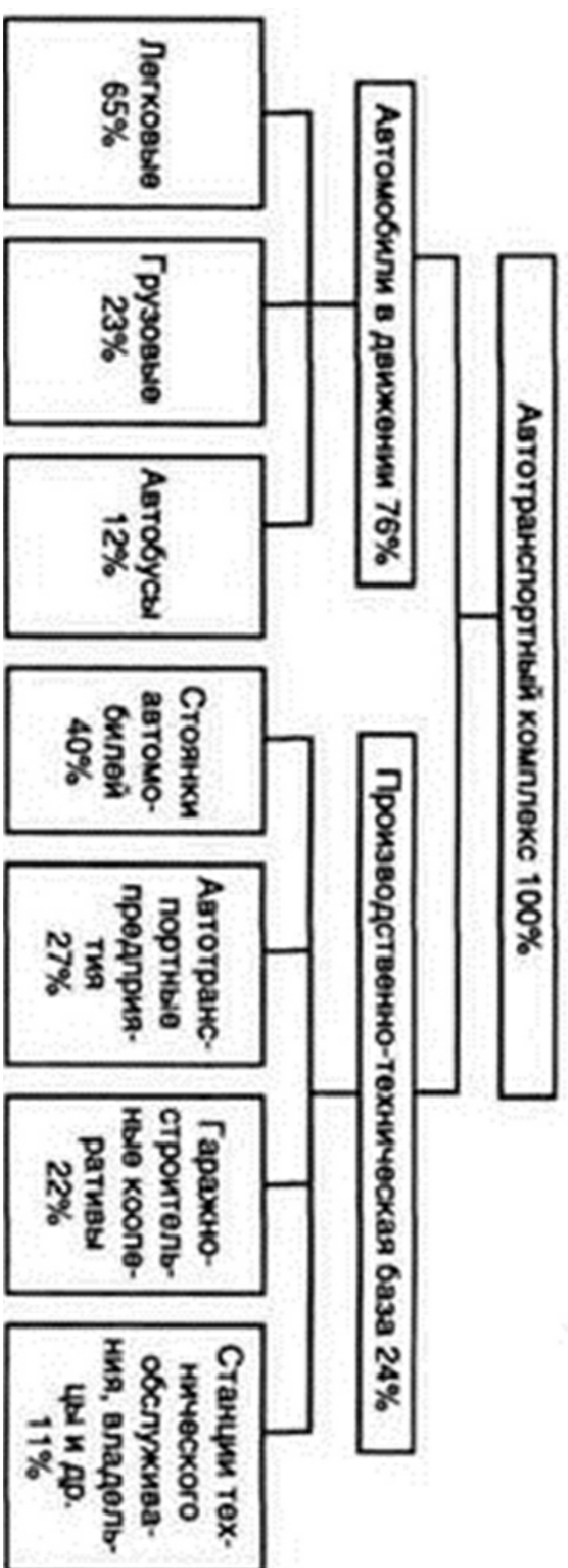
21. Корчагин, В.А. Экологические аспекты автомобильного транспорта: учебное пособие / В.А. Корчагин, Ю.Я. Филоненко. – М.: МНЭПУ, 1997. – 100 с.
22. Кульчицкий, А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие / А.Р. Кульчицкий // Владимир: ВГУ, 2000. – 256 с.
23. Ложкин, В.Н. Автомобиль и окружающая среда / В.Н. Ложкин, А.А. Грешных, О.В. Ложкина – СПб.: НПК «Атмосфера» при ГГО им. А. И. Воейкова, 2007. – 305 с.
24. Луканин, В.Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда / В.Н. Луканин, А.П. Буслаев, М.В. Яшина – М.: Инфра-М, 2001. – 645 с.
25. Промышленно-транспортная экология / Под ред. В.Н. Луканина, Ю.В. Трофименко. - М.: Высш. шк., 2001.–273с.
26. Сулейманов И.Ф. Организация движения автомобилей на основе экологического мониторинга воздушного бассейна [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.22.10 )/ Сулейманов Ильнар Фаргатович.– Набережные Челны , 2016.– 148 с.
27. Аксенов П. В. Эксплуатационные методы повышения экологической безопасности и эффективности российских автомобильных бензиновых двигателей [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.22.10 )/ Аксенов Петр Васильевич.– Москва, 2015.– 156 с.
28. Чижова В. С. Повышение экологической безопасности автотранспортного комплекса путем снижения загрязнения воздуха дисперсными частицами размером менее десяти микрон [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.22.10 )/ Чижова Вера Сергеевна.– Москва, 2016.– 166 с.





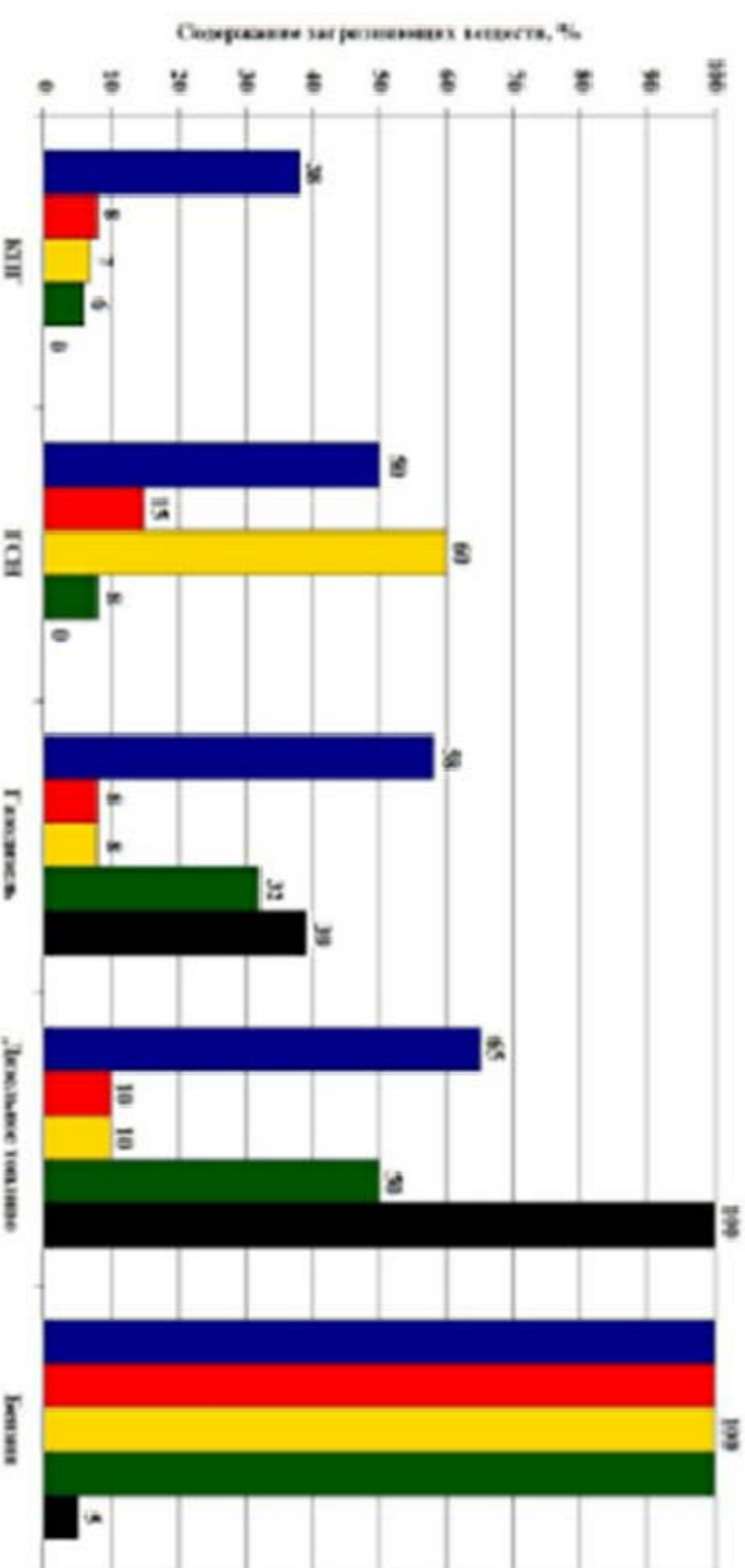


Источники загрязнения окружающей среды автотранспортным комплексом  
 Большого города

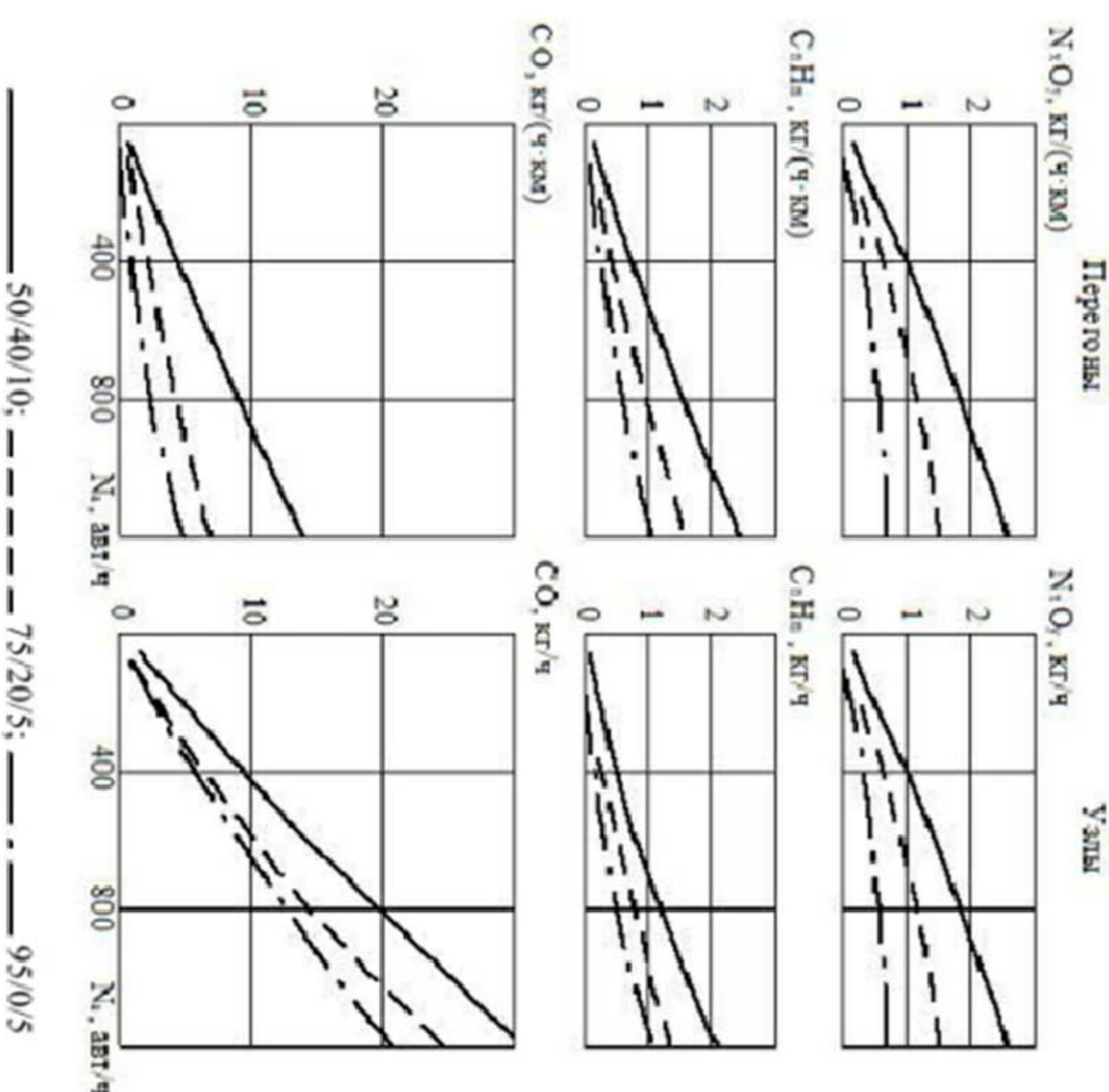


Вклад автотранспортного комплекса в загрязнение окружающей среды (1 - выбросы ЗВ в атмосферу; 2 - выбросы «климатических» газов в атмосферу; 3 - образование промышленных отходов; 4 - сбросы ЗВ со сточными водами; 5 - потребление озоноразрушающих веществ).

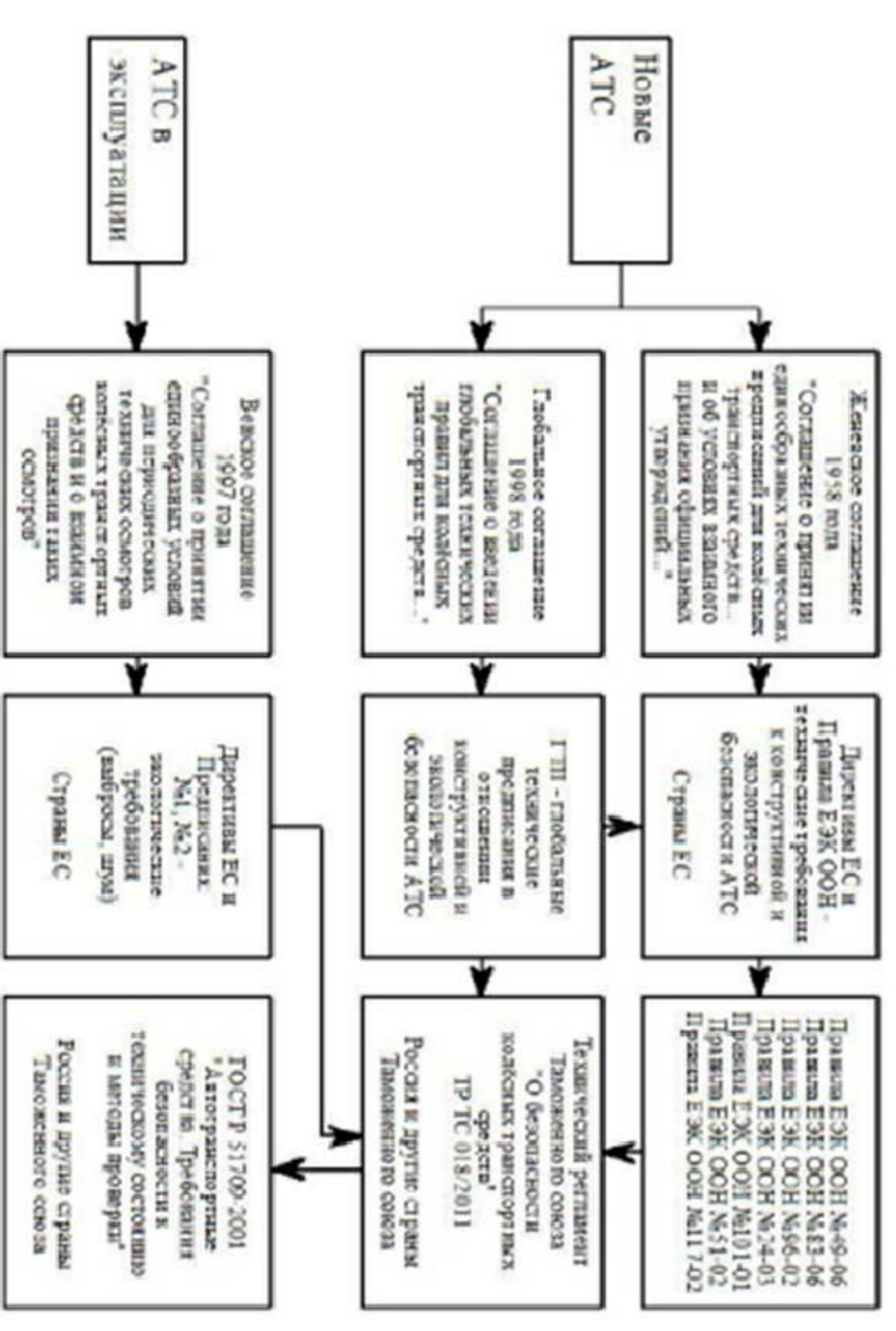
Содержание ЗВ в ОГ ДВС, работающих на различных видах топлива



Зависимости выбросов загрязняющих веществ от интенсивности транспортного потока (на одну полосу движения) на перегонках и в узлах при разном составе транспортного потока (доли легковых/грузовых/автобусов, %).



Структура системы нормативных документов в сфере обеспечения экологической безопасности АТС



25.51.03

Имя/Долг	Имя/Долг	Имя/Долг	Имя/Долг	Имя/Долг	Имя/Долг	Имя/Долг	Имя/Долг	Имя/Долг	Имя/Долг
Сидорова	Куркина Г.А.	Рудольфа	Зайцев В.А.	Иванов	Петров	Сидоров	Кузнецов	Левин	Смирнов

Лист	Кол-во	Классиф.
Лист 2	Листов 6	Листов 6



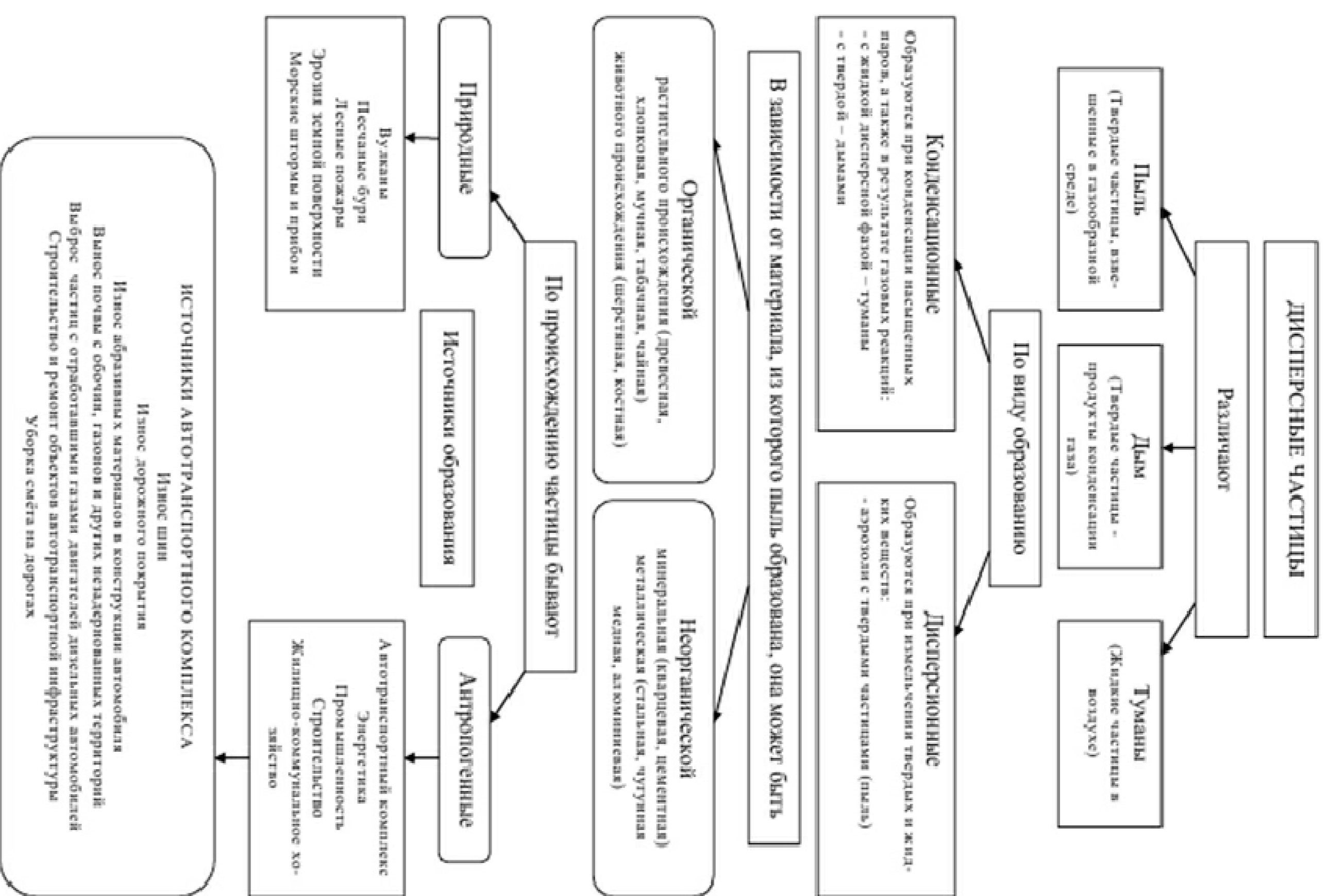
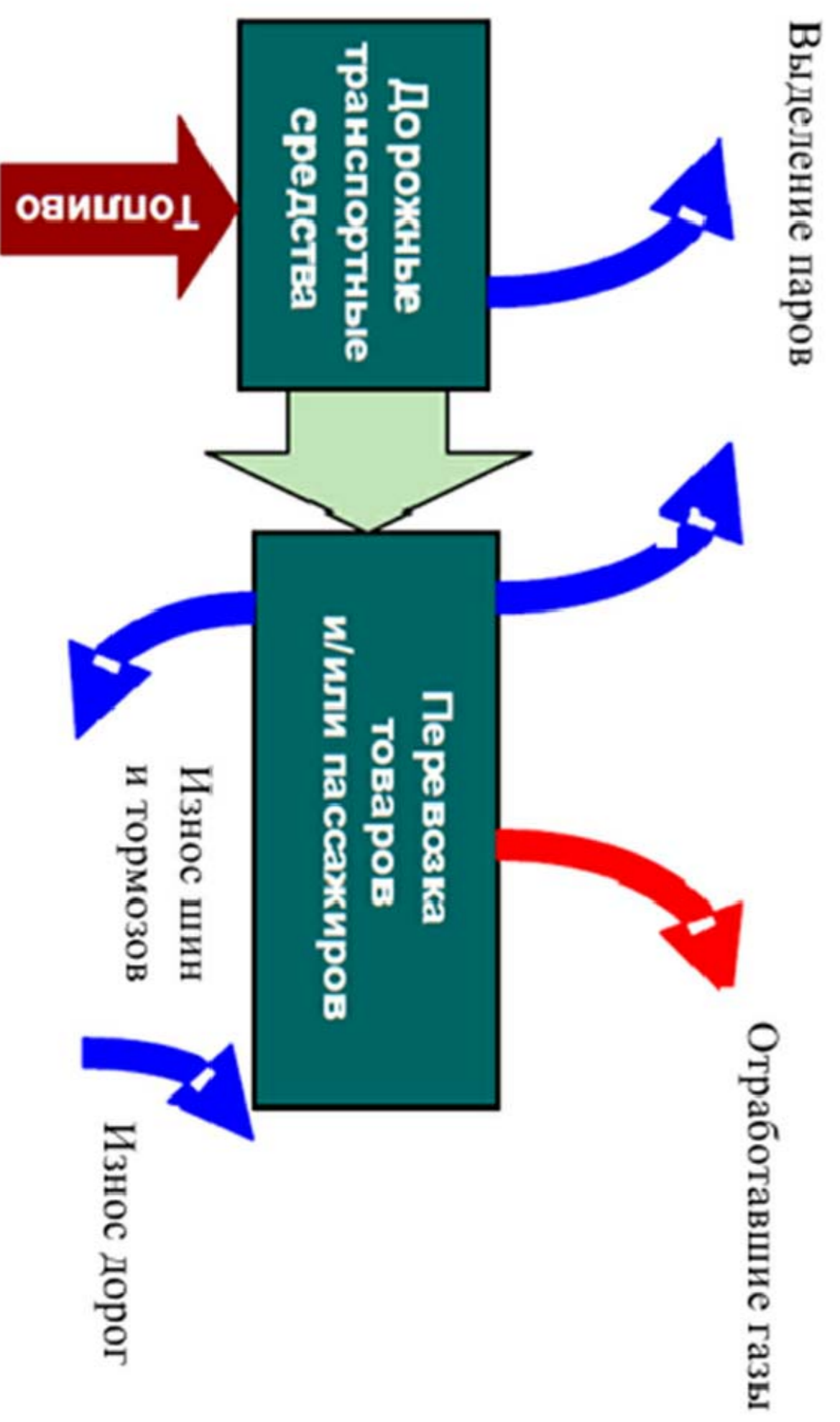
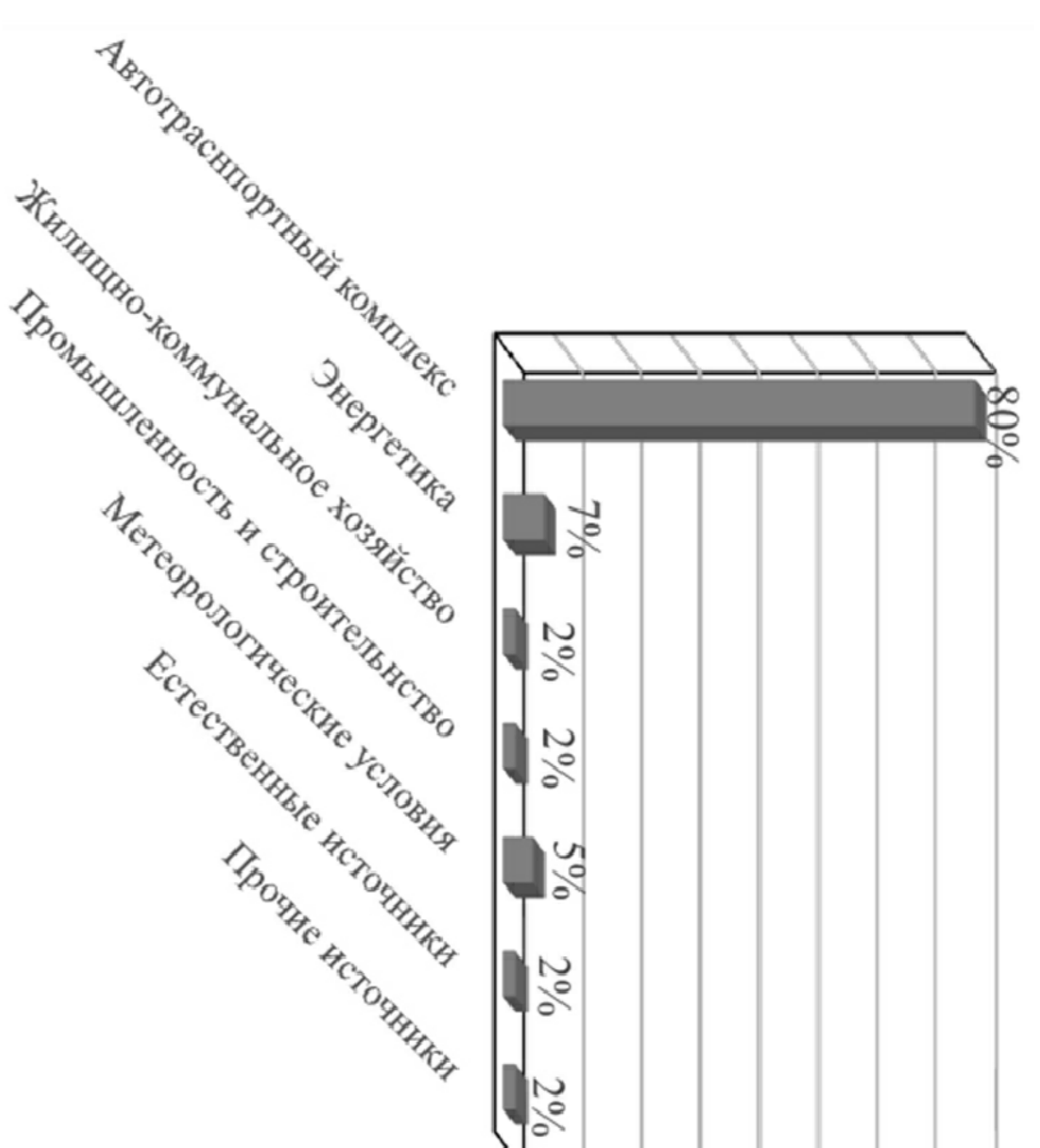


Схема оценки выбросов ДЧ от автотранспортных средств



Вклад разных источников в образование дисперсных частиц в атмосферном воздухе города



Предельно допустимые концентрации дисперсных частиц

Параметр	ПДК (максимально-разовая), МГ/М <sup>3</sup>		ПДК (среднесуточная), МГ/М <sup>3</sup>	
	РФ	ВОЗ	ЕС	США
ДЧ10	0,3	-	ДЧ10	0,060
ДЧ2,5	0,16	-	ДЧ2,5	0,035
ДЧ10	-	0,050	ДЧ10	0,025
ДЧ2,5	-	0,025	ДЧ2,5	0,010
ДЧ10	-	0,050	ДЧ10	0,040
ДЧ2,5	-	0,025	ДЧ2,5	0,015

Химический состав дорожной пыли (M±m,%)

Компоненты	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Органические вещества	Прочие
Содержание, % по массе	71,8±2,3	7,4±1,1	3,2±0,9	2,7±1,0	1,7±0,3	7,6±0,8	5,6±0,7

Химический состав частиц от износа тормозных элементов

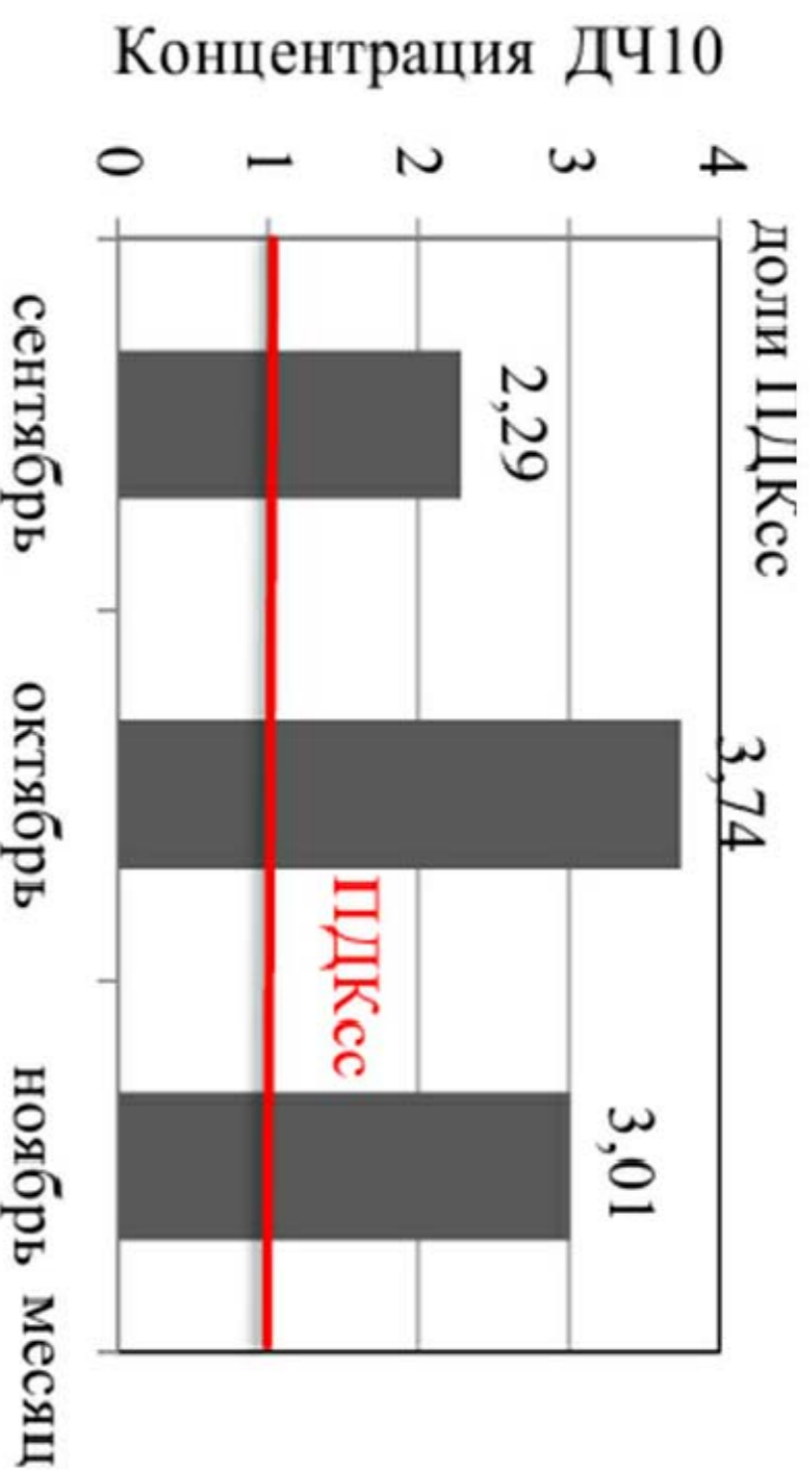
Химический состав частиц от износа тормозных элементов	Fe	Cu	Содержание органического вещества	Pb	Zn	Ca	Va
Содержание, %	46	14	13	2	2	2	2

25.51.03

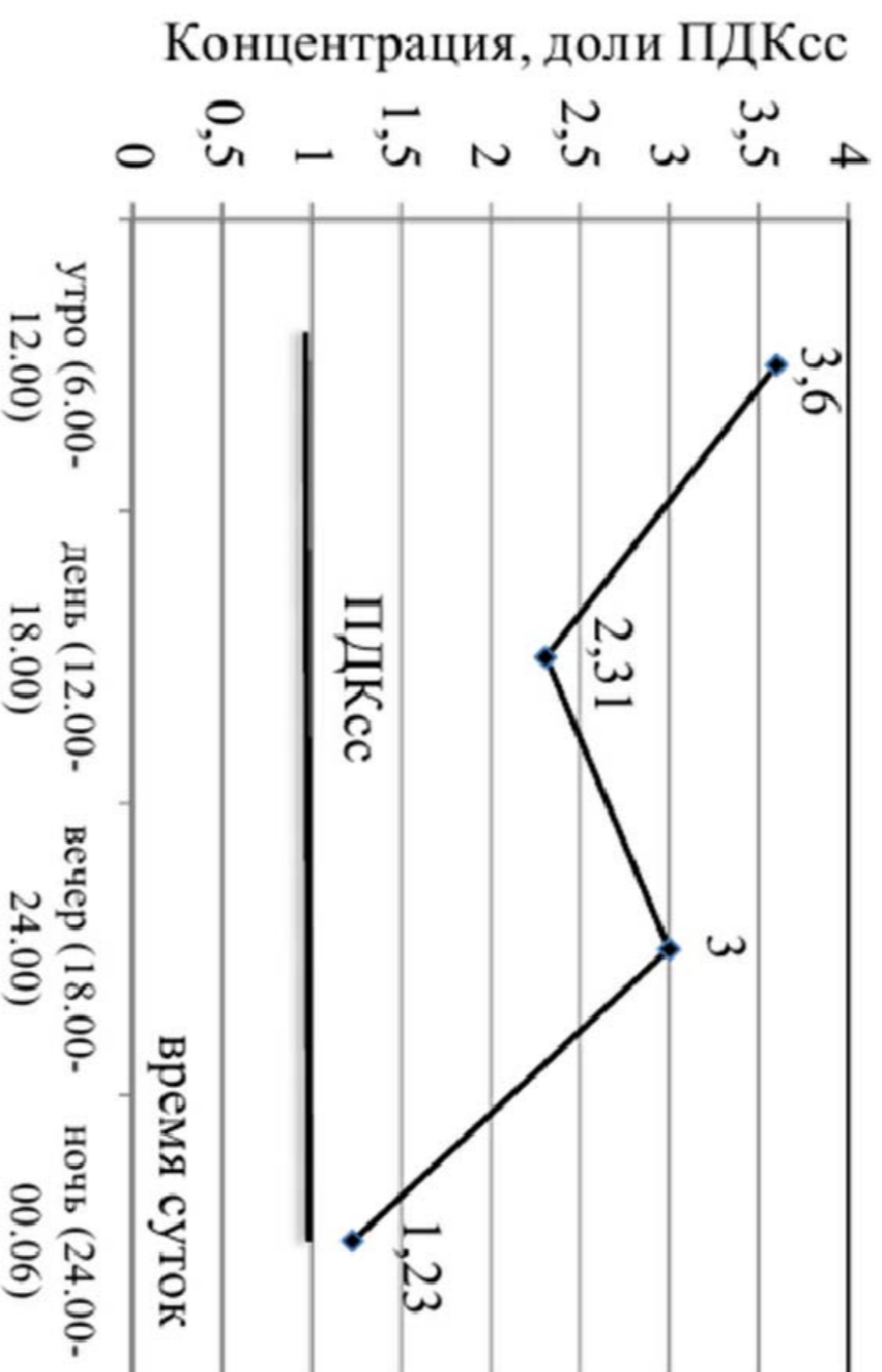
Имя/Имя отчество	Подпись	Дата	Подпись	Дата	Лист	Начисл	Кол-во листов
Лилия Леонидовна					1		6
Лилия Леонидовна					2		6
Лилия Леонидовна					3		6
Лилия Леонидовна					4		6
Лилия Леонидовна					5		6
Лилия Леонидовна					6		6



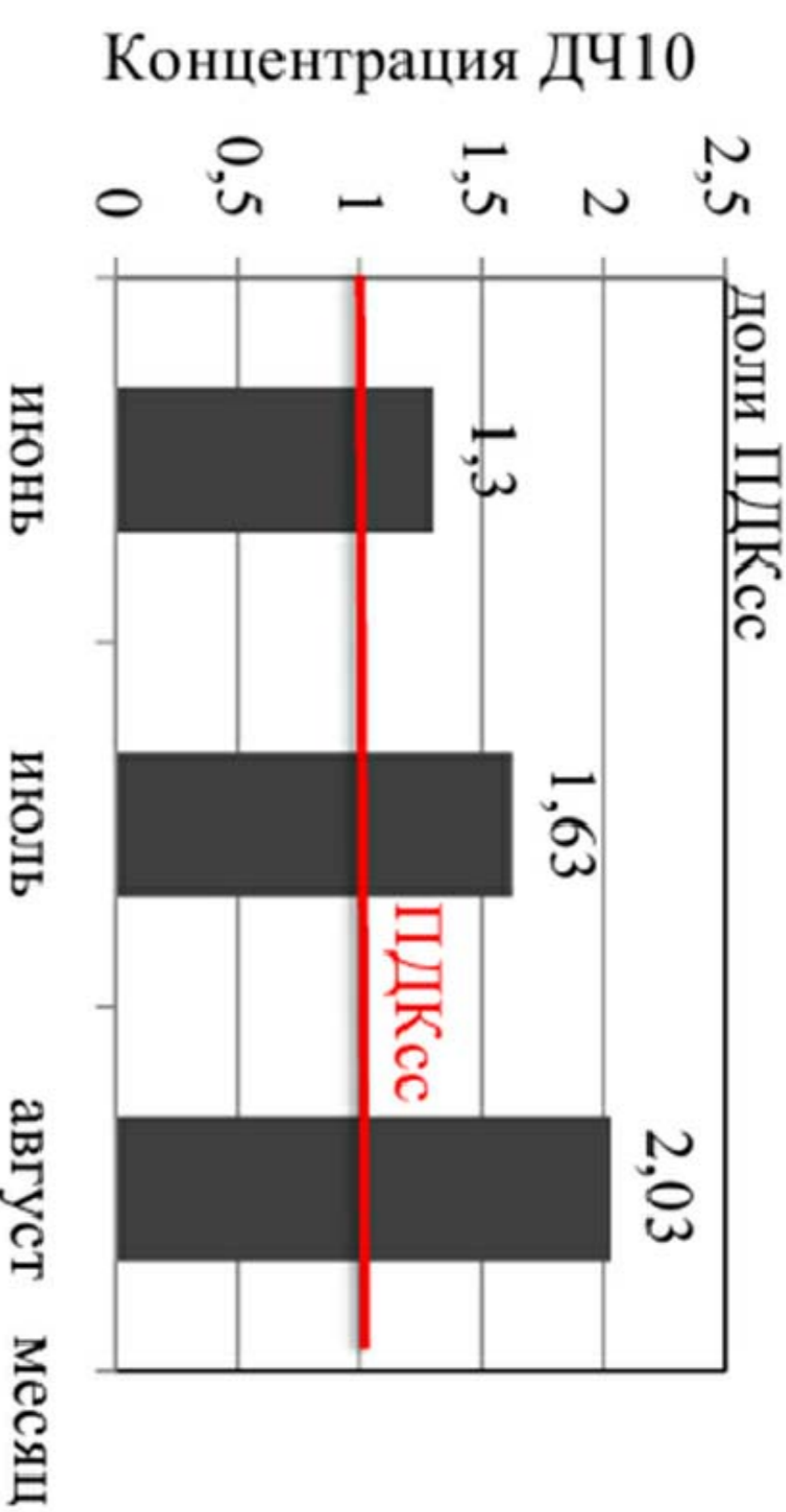
Динамика средних концентраций ДЧ10 в долях ПДКсс вблизи автомагистрали осенью



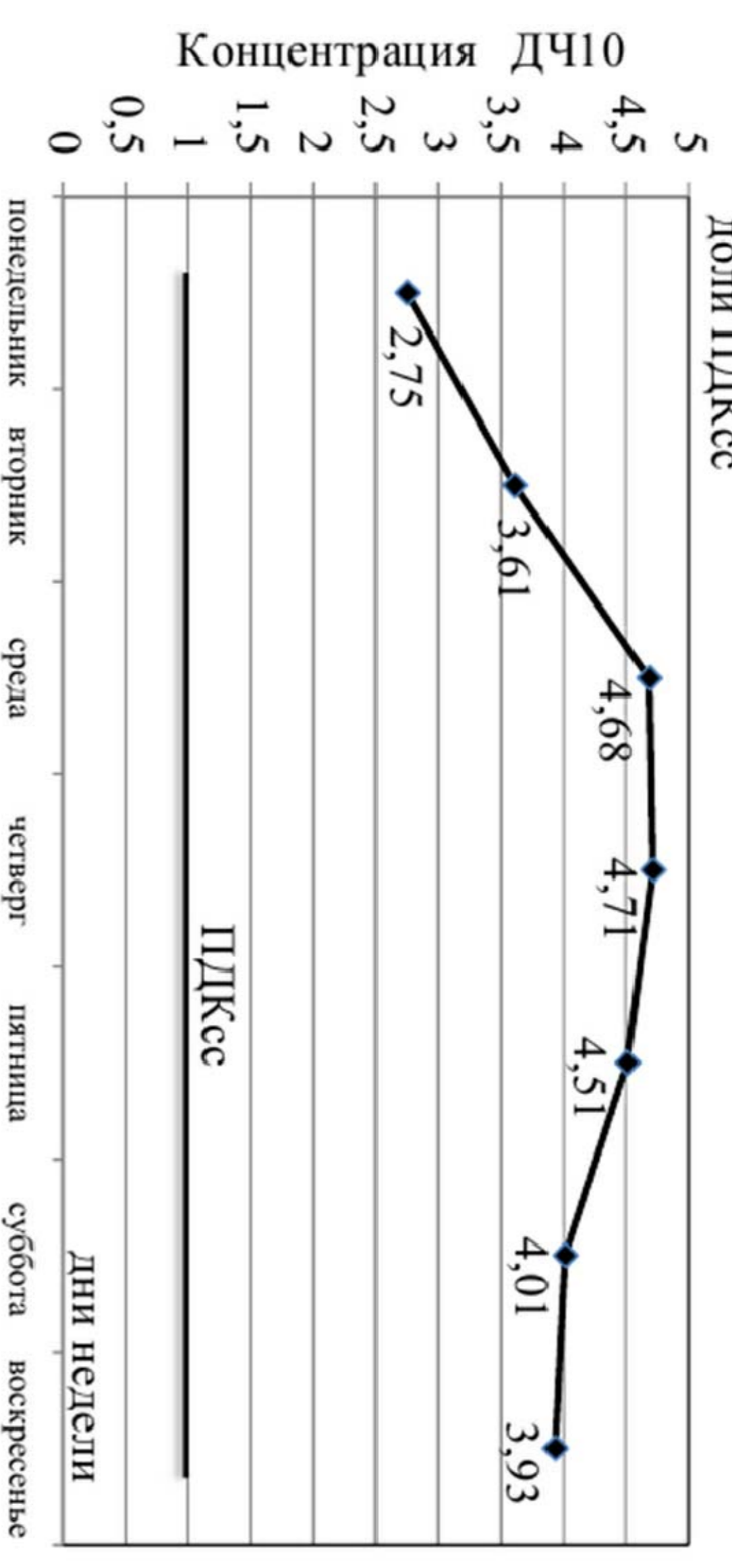
Динамика средних концентраций ДЧ10 в долях ПДКсс вблизи автомагистрали во время суток



Динамика средних концентраций ДЧ10 в долях ПДКсс вблизи автомагистрали летом



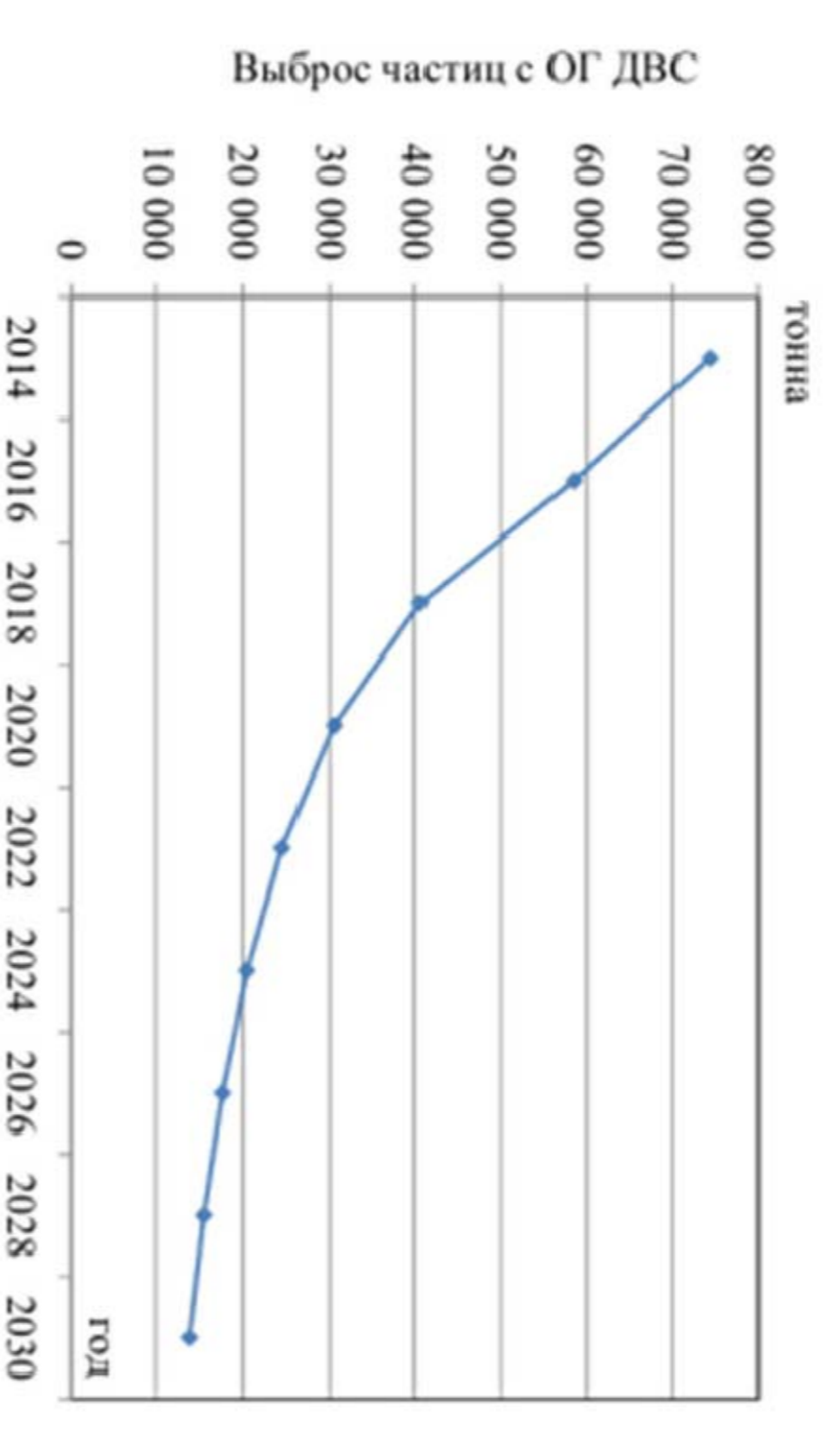
Динамика средних концентраций ДЧ10 в долях ПДКсс по дням недели вблизи автомагистрали



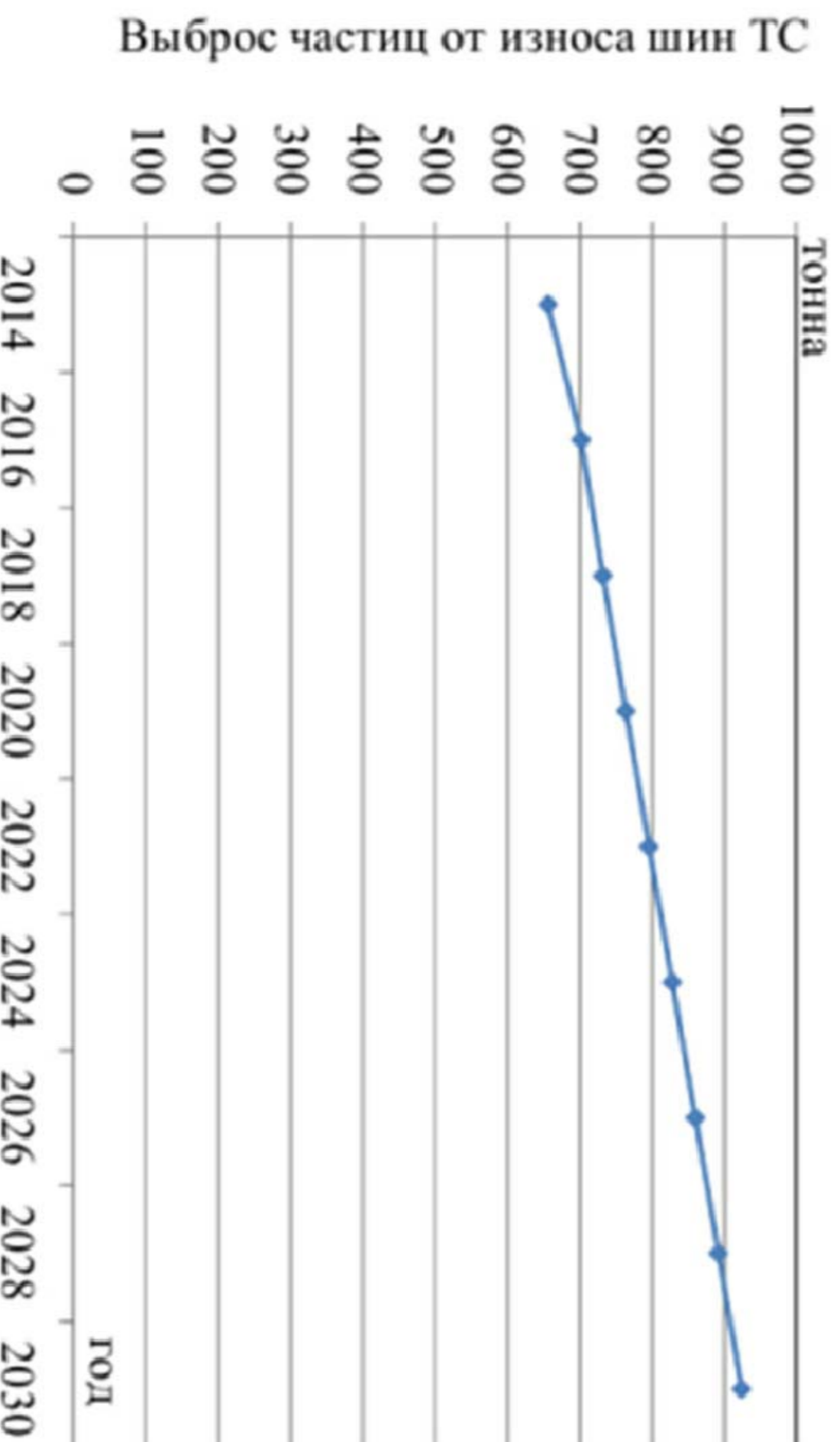
Прогноз выбросов твердых частиц от обозначенных источников

Год	Выбросы дисперсных частиц от источников, тонна		
	Частицы с ОГ ДВС	Износ дорожного покрытия	Износ шин ТС
2012	55 420	16 030	465
2014	74 281	23 296	656
2016	58 472	24 764	702
2018	40 596	25 776	732
2020	30 616	26 841	764
2022	24 574	27 905	796
2024	20 524	28 970	828
2026	17 620	30 035	860
2028	15 436	31 100	892
2030	13 733	32 165	924

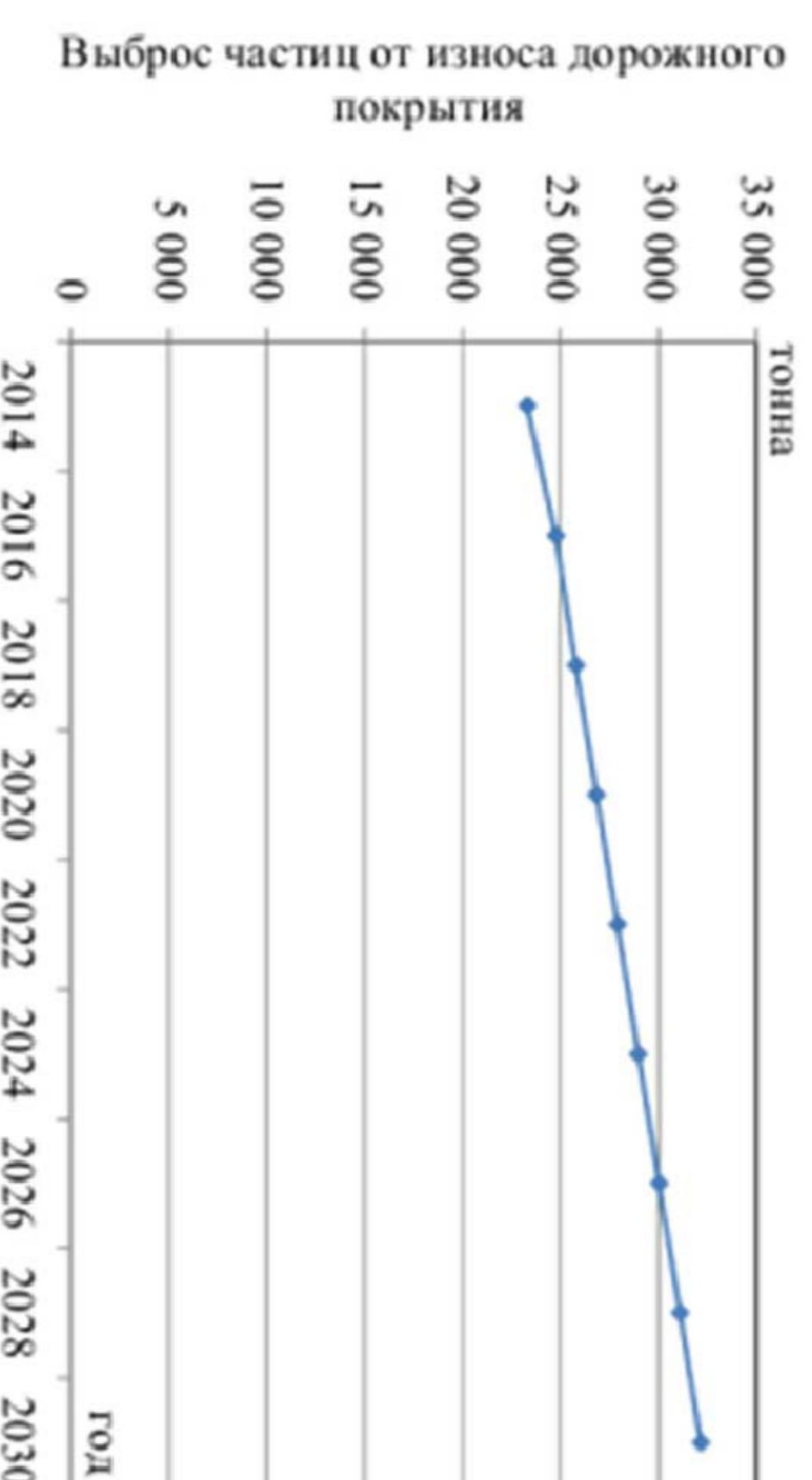
Прогноз выбросов частиц с ОГ ДВС



Прогноз выбросов частиц от износа шин ТС



Прогноз выбросов частиц от износа дорожного покрытия

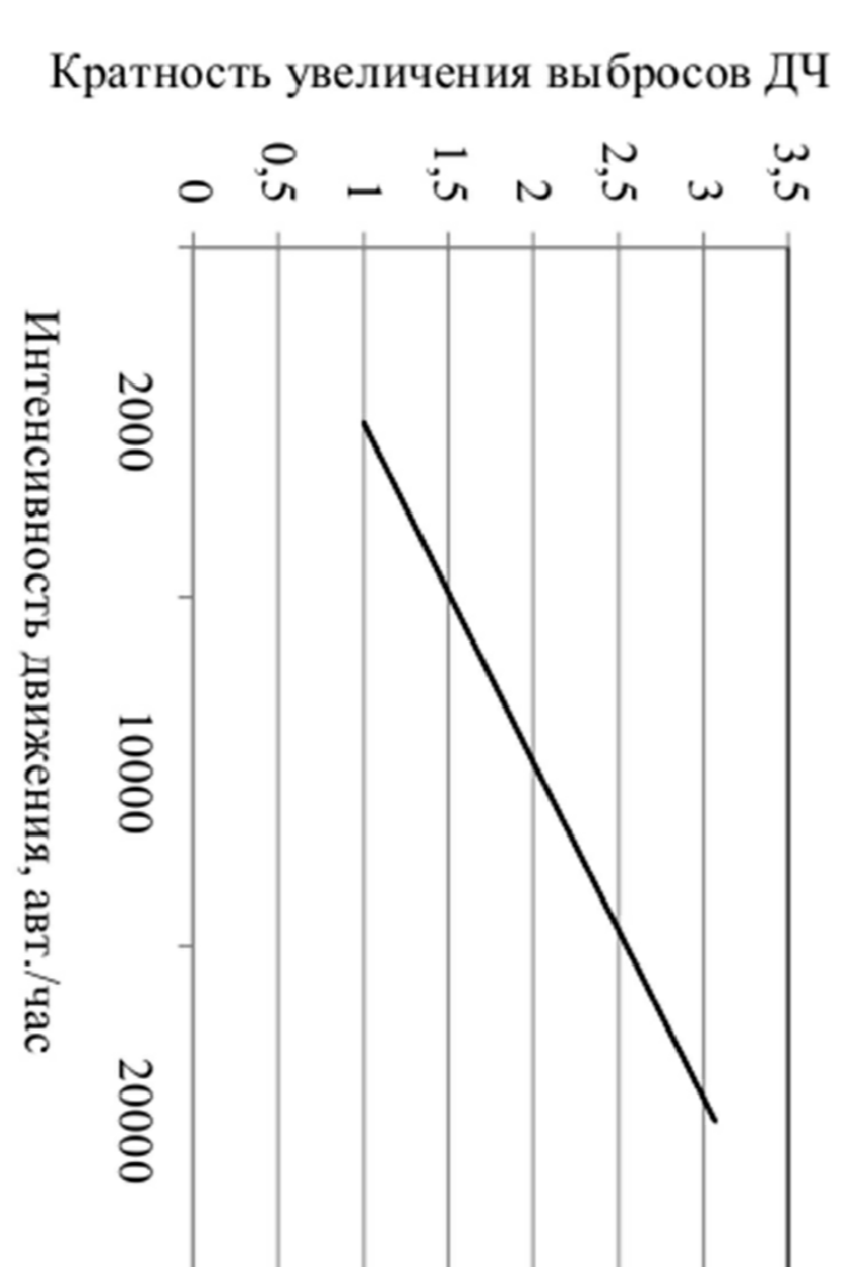
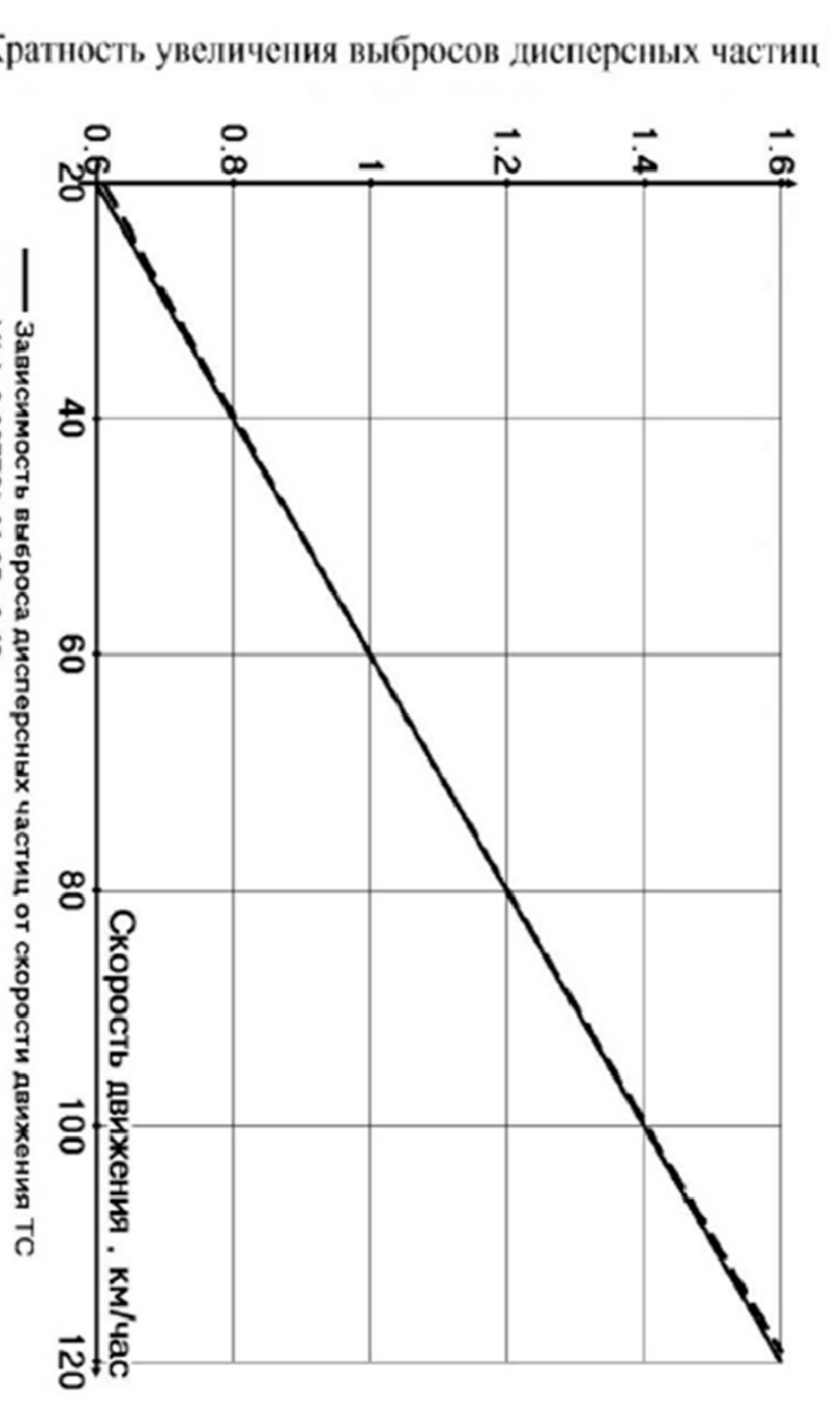
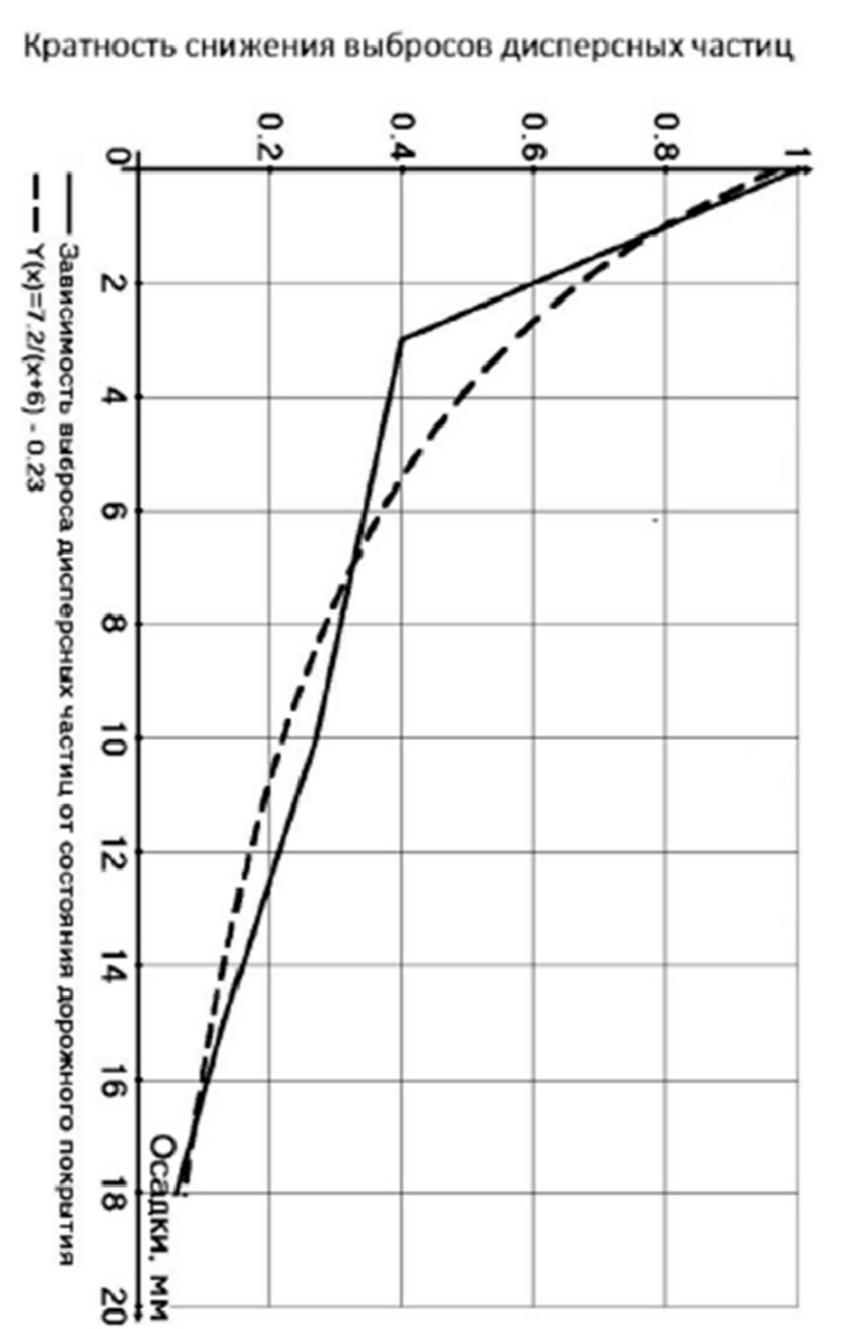
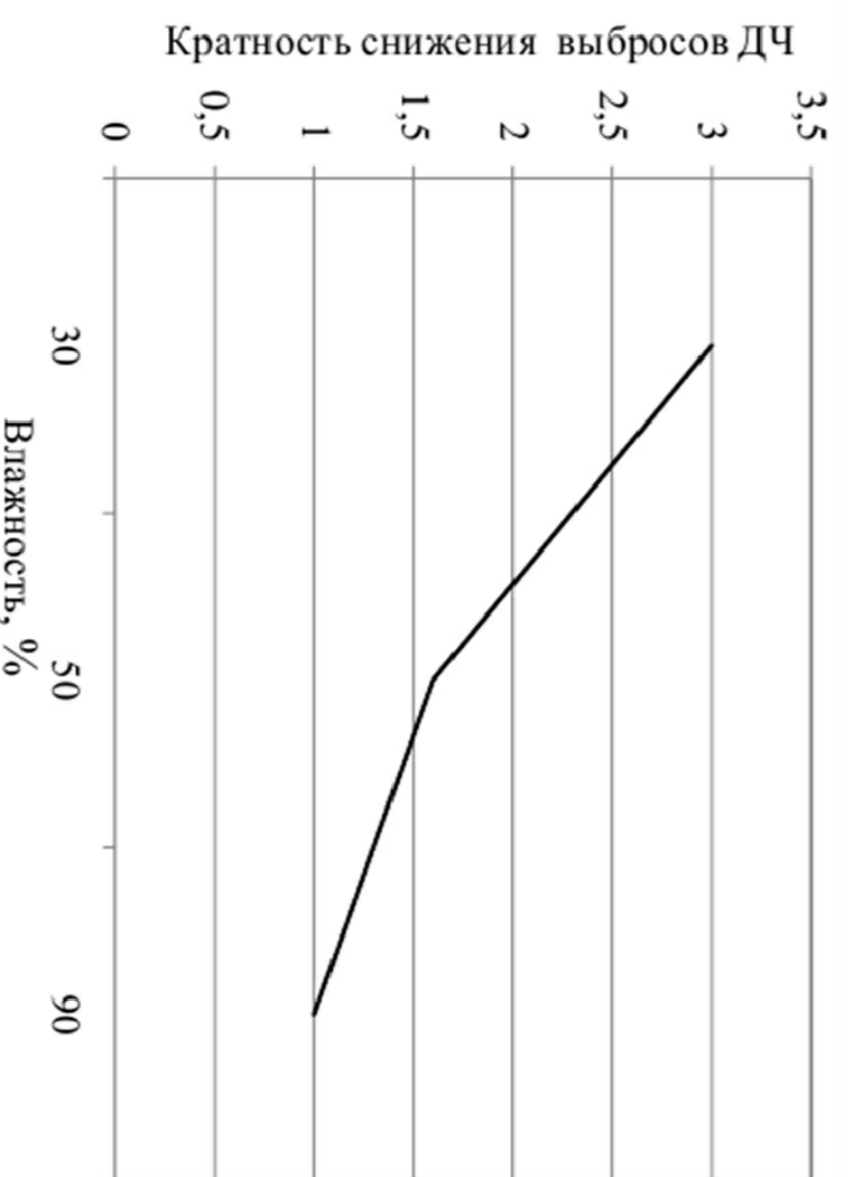
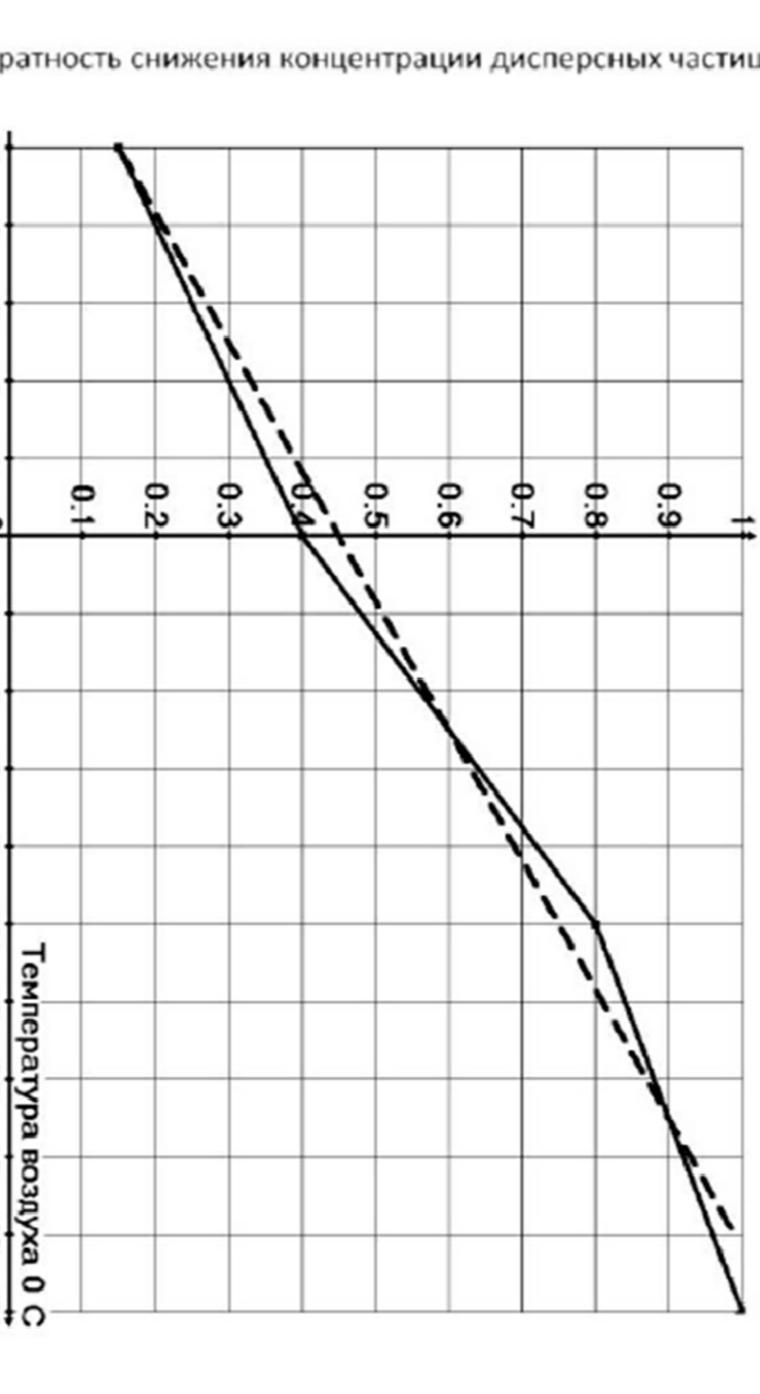
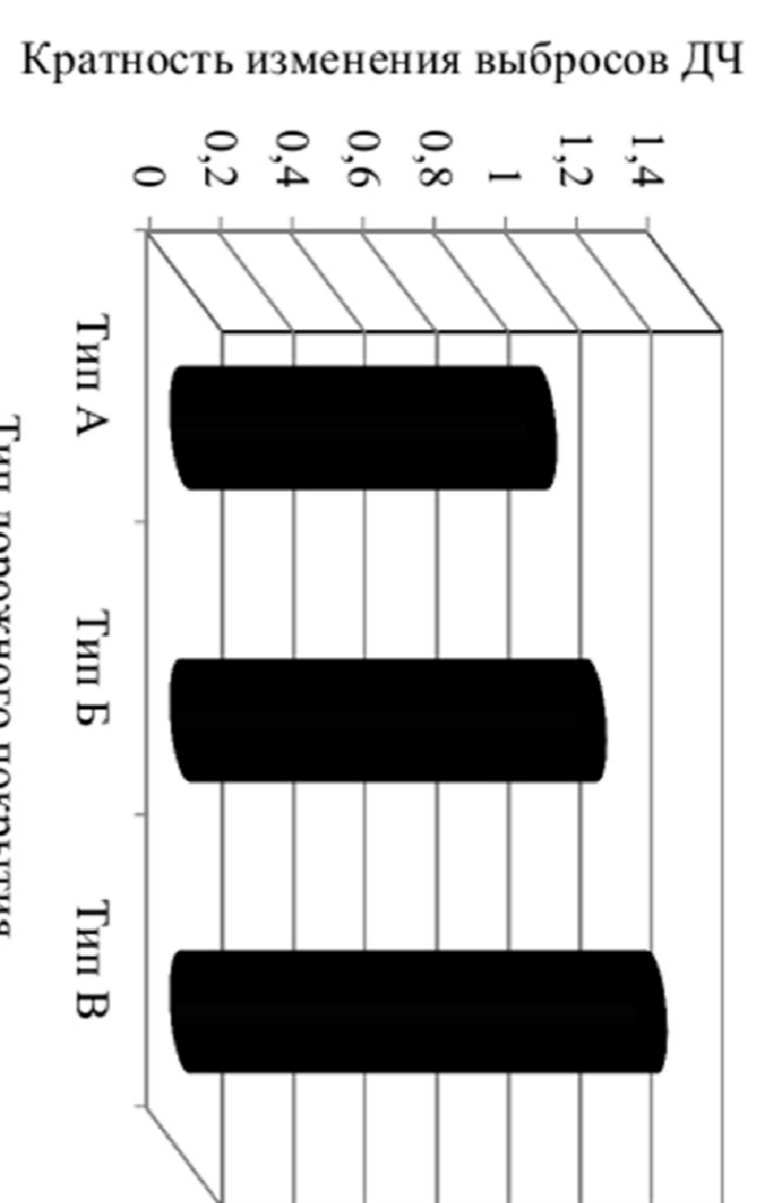
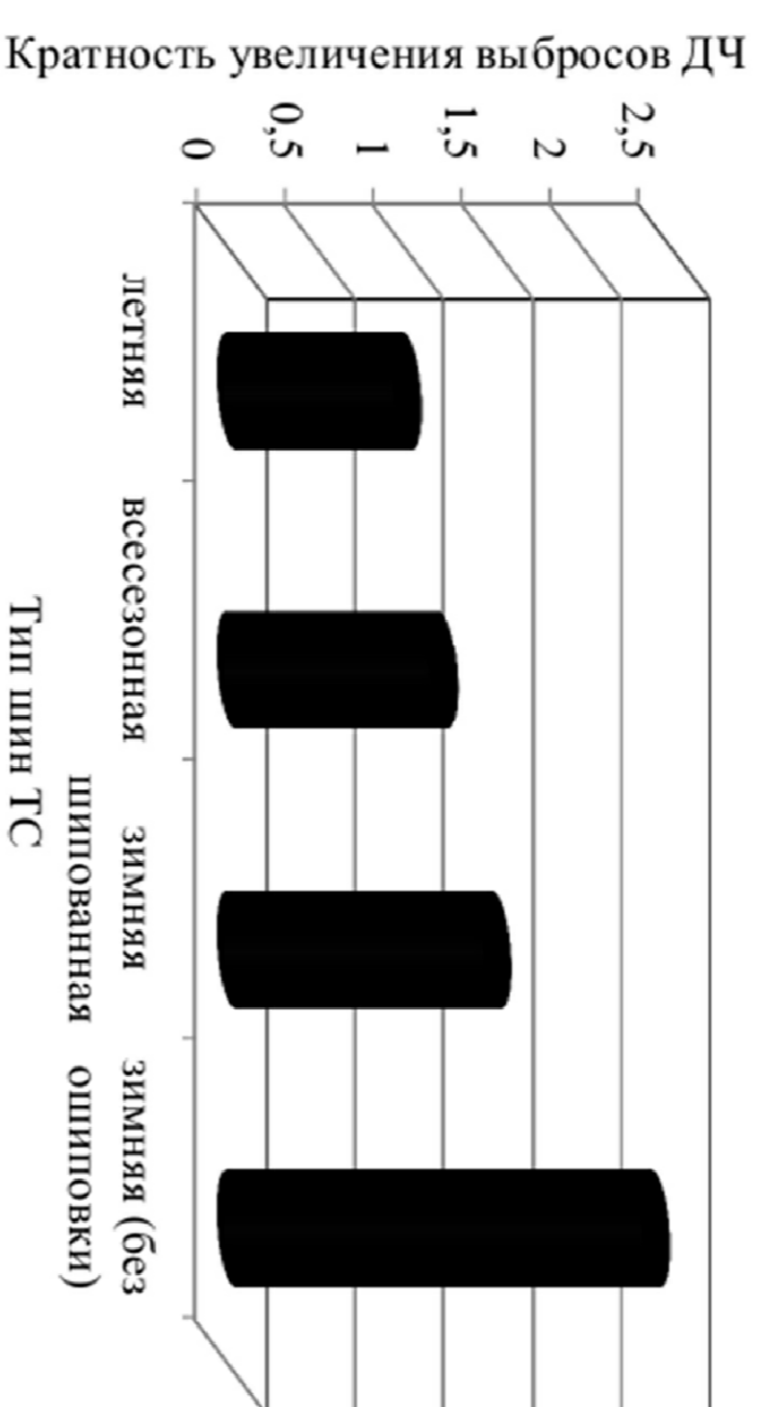
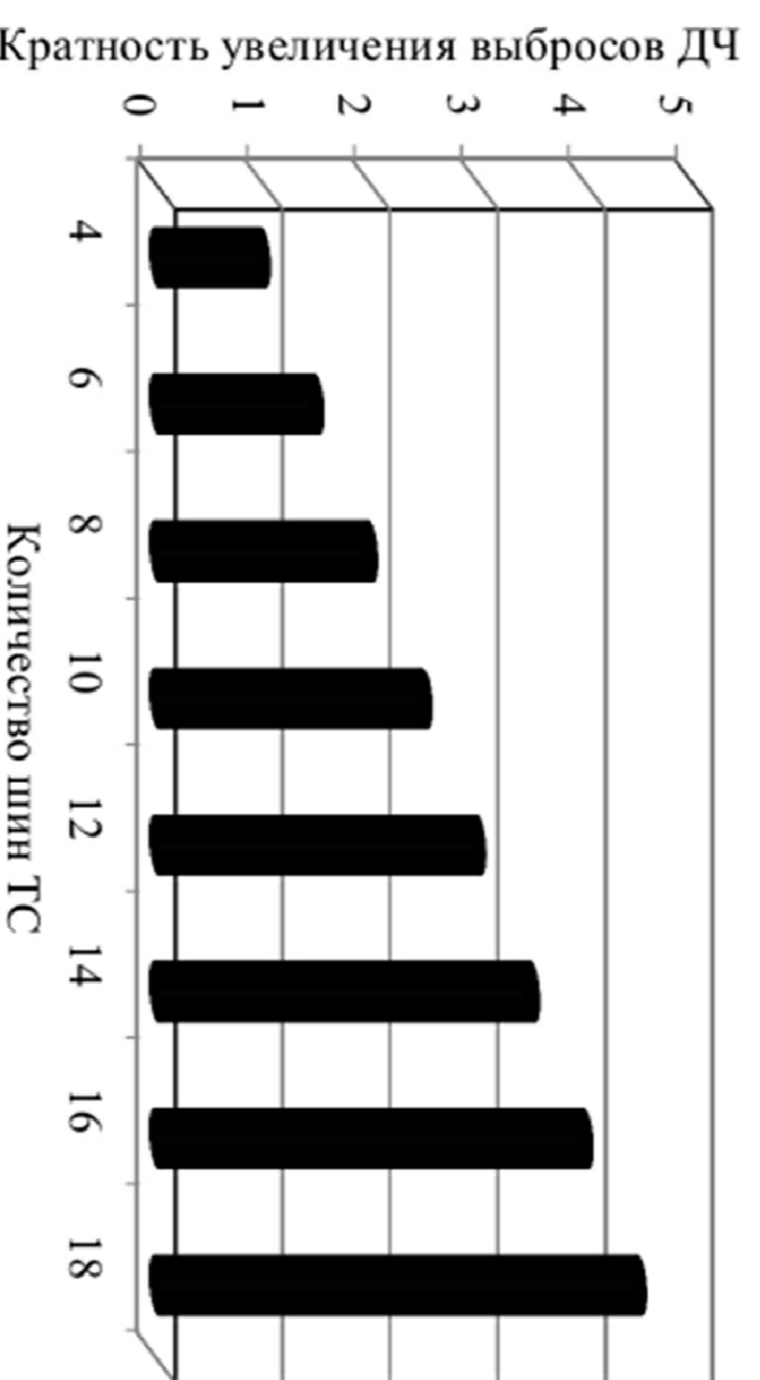
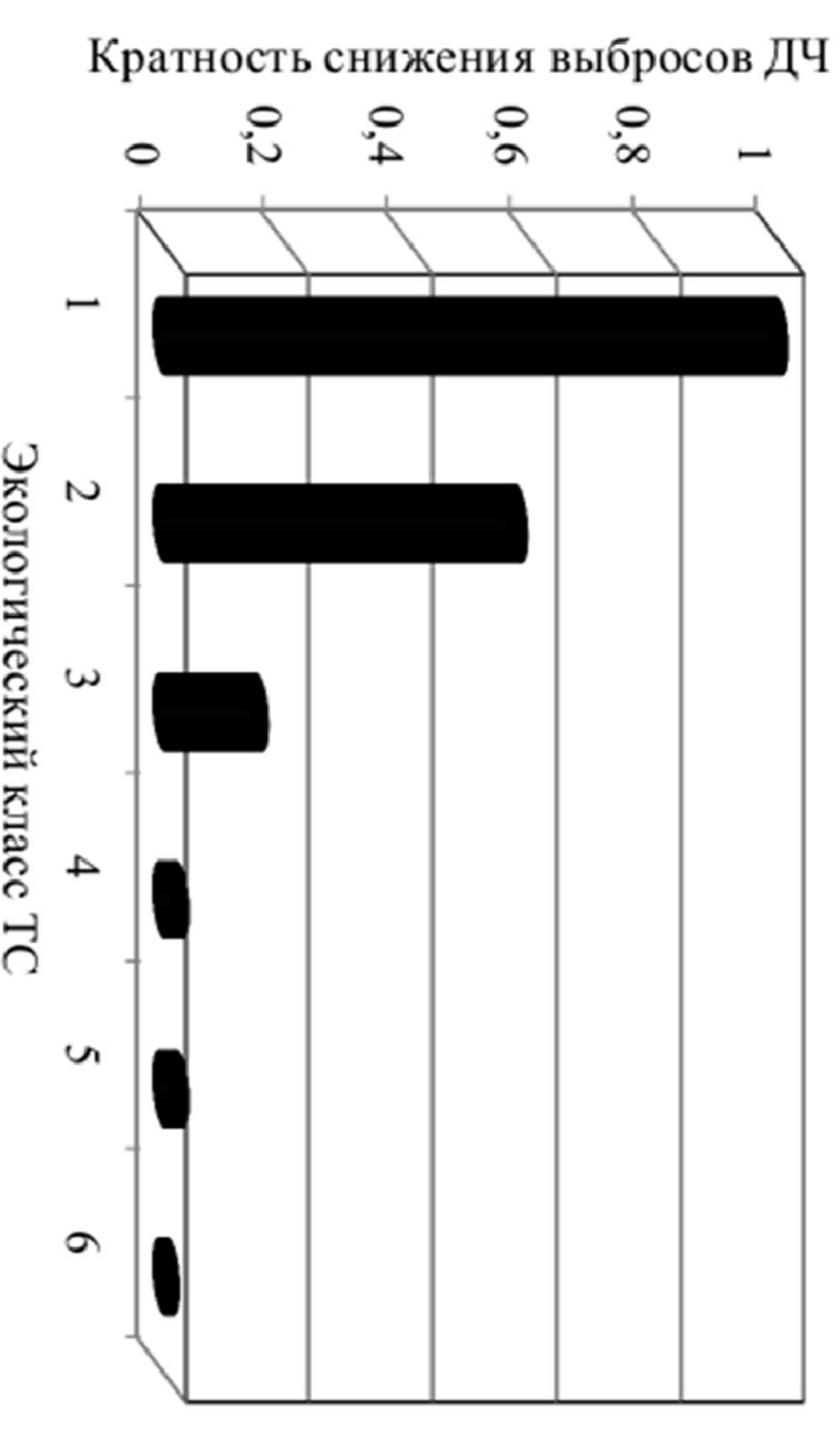
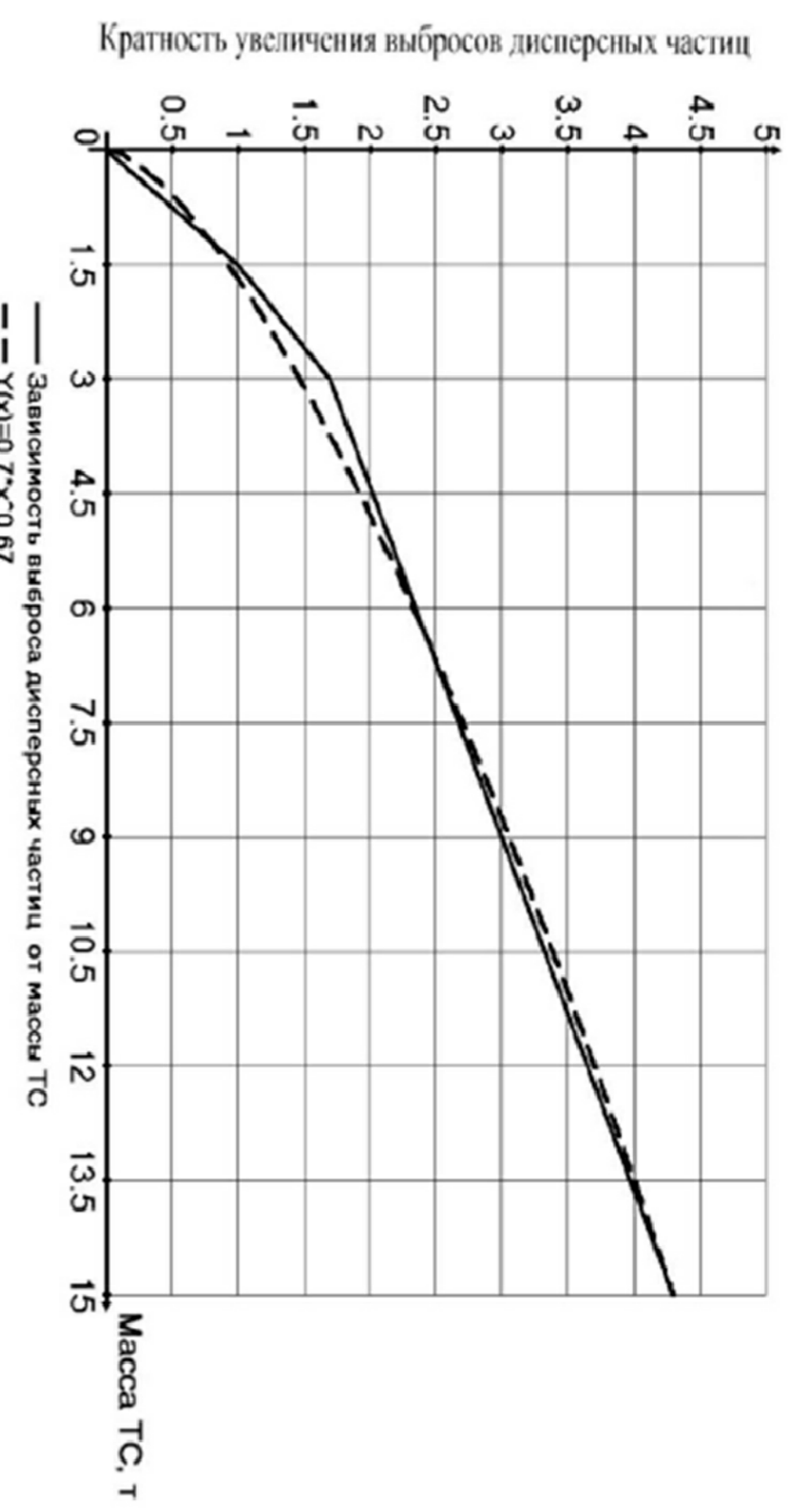
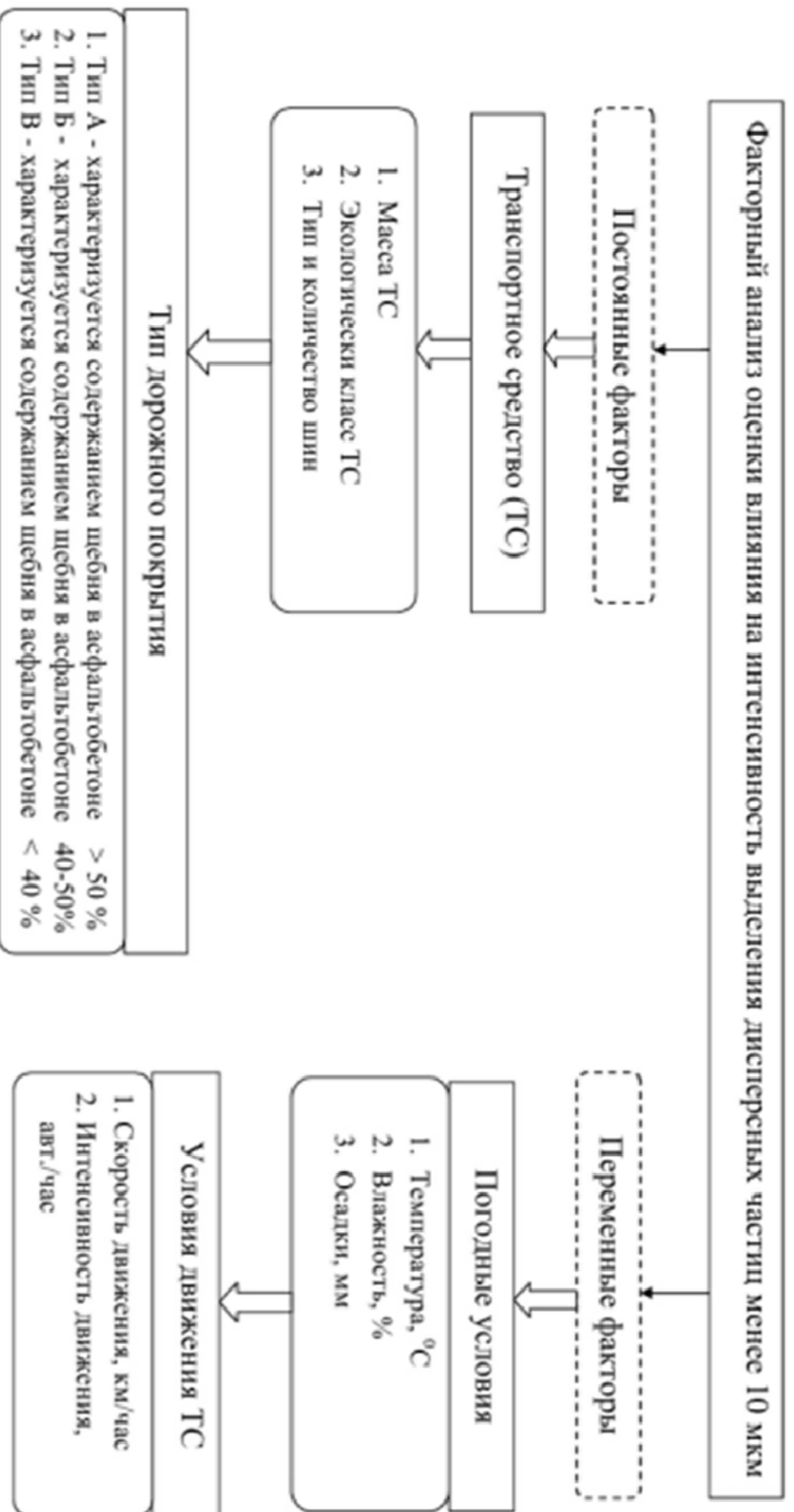


25.51.03

Имя/Иван	№ документа	Дата	Лист	Масштаб	Масштаб
Суров	Курсовый Г.А.		Лист 4	Листовой	6
Курсовый	Иванов И.В.		Лист 4	Листовой	6
Решеткин	Зайцев В.А.		Лист 4	Листовой	6
Нурков	Решеткин В.В.		Лист 4	Листовой	6
Зайцев	Решеткин В.В.		Лист 4	Листовой	6

Цели повышения экологической безопасности административного комплекса  
 Регулярные встречи дирекции с представителями органов власти для обсуждения вопросов экологической безопасности в промышленном парке





25.51.03

Изм./Лист	№ докум.	Памят. Дато	Листов	25.51.03	Лист	5	Листов	6
Составитель	Курбанов Г.А.				Лист	5	Листов	6
Проверил	Зайцев В.А.				Лист	5	Листов	6
Утвердил	Родников В.В.				Лист	5	Листов	6
Экз. №					Лист	5	Листов	6

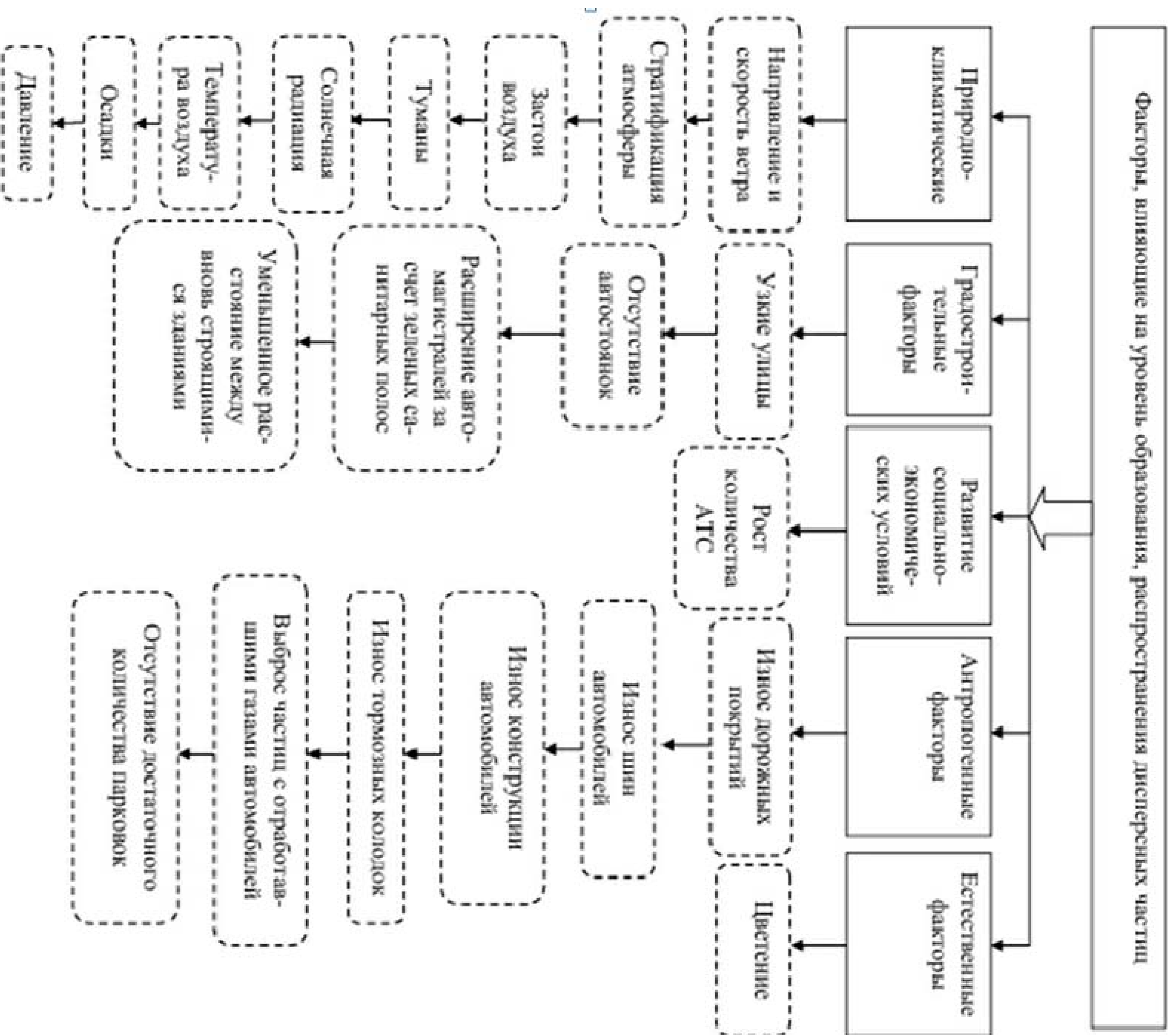
Цели, повышение экологической безопасности автомобильного транспорта

Данные являются частью документации на автомобиль. Выделение дисперсных частиц не является нормативом на выбросы вредных веществ.

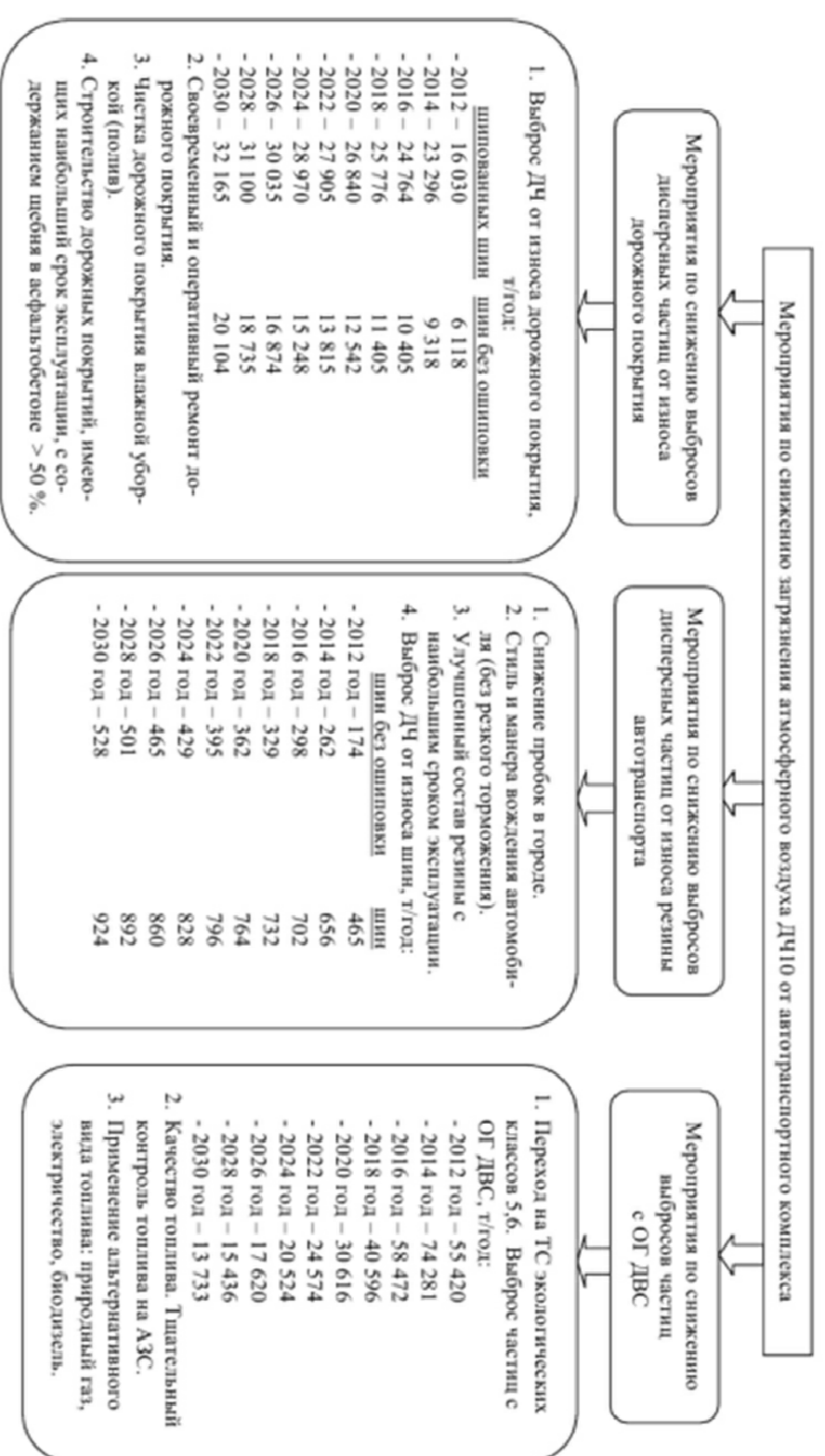
ЭТМК-41



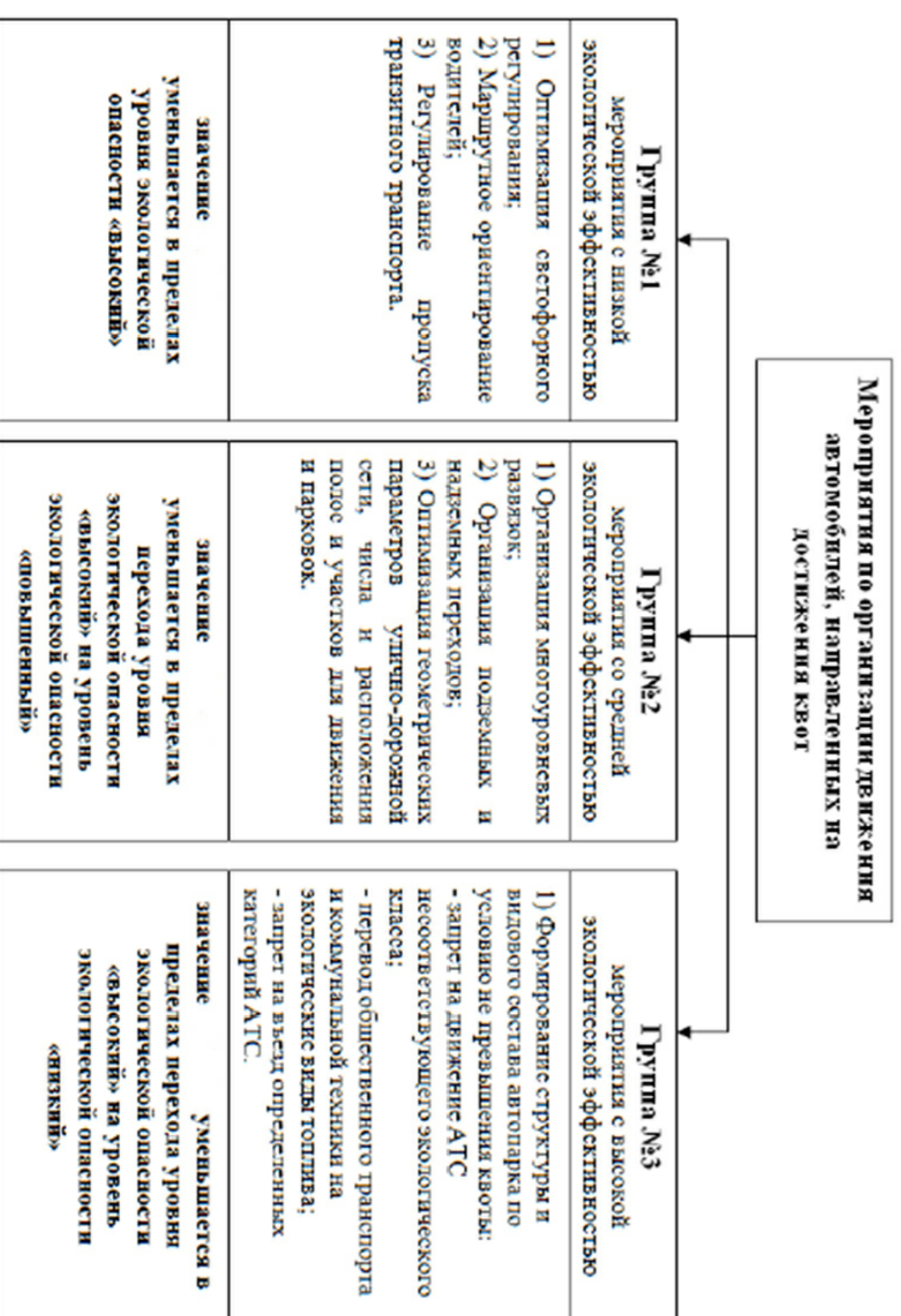
Факторы, влияющие на уровень образования, распространения дисперсных частиц



Мероприятия по снижению загрязнения атмосферного воздуха дисперсными частицами от автотранспортного комплекса



Совершенствование организации движения автомобилей в промышленном городе с учетом количества выбросов загрязняющих веществ



25.51.03

Имя/Иван	Фамилия/Иванов	Дата/10.10.2023	Лист/6	Колонтбл./	Листов/6
Служба/Эксплуатация	Курьер/Г.А.	Инициалы/Зайцев В.А.	Лист/6	Листов/6	
Подпись/Иванов	Инициалы/Зайцев В.А.	Подпись/Иванов	Лист/6	Листов/6	
Зайцев В.А.	Иванов В.В.	Иванов В.В.	Лист/6	Листов/6	
Зайцев В.А.	Иванов В.В.	Иванов В.В.	Лист/6	Листов/6	