



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Е. С. Воеводин  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ  
РАБОТУ  
в форме магистерской диссертации**

Студенту Акулову Константину Андреевичу

Группа ФТ8-05М направление (специальность) 23.03.01 «Технология транспортных процессов»

Тема выпускной квалификационной работы «Оценка влияния автомобильного транспорта на экологию крупного города»

Утверждена приказом по университету № 16415/с от 25.10.2018 г.

Руководитель ВКР И.М Блянкинштейн доктор. техн. наук, профессор, кафедры «Транспорт»

Исходные данные для ВКР:

- парк автомобилей г. Красноярска и края;
- официальные статистические данные по объемам выбросов вредных веществ Министерства экологии Красноярского края;
- данные по интенсивности движения на УДС г. Красноярска;
- программное обеспечение Эколог 3.0 для расчетов количества вредных веществ отработавших газов транспортного потока на отдельных участках.

Перечень разделов ВКР:

- 1 Обзор по теме исследования. Постановка задач;
- 2 Теоретический аппарат решения задач диссертации;
- 3 Методики экспериментальных исследований;
- 4 Результаты исследований.

Перечень графического материала: приложение А – «Отчеты программы Эколог 3.0», приложение Б – «Презентационный материал»

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_

И.М. Блянкинштейн

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

К.А.Акулов

«26» октября 2018 г.

## Содержание

Введение.....	8
1 Обзор по теме исследования. Постановка задач.....	9
1.1 Анализ динамики автомобилизации в мире, России, Красноярском крае и городе Красноярске.....	9
1.2 Качественный состав городского автопарка, характеристика и техническое состояние эксплуатируемых АТС, ежегодные темпы прироста.....	14
1.2.1 Состав парка автомобилей и его анализ.....	14
1.2.2 Транспорт общего пользования и его анализ.....	16
1.3 Экологические проблемы эксплуатации автотранспортных средств.....	17
1.4 Динамика изменений вредных выбросов автотранспорта в городе Красноярске.....	22
1.5 Международные и национальные требования по экологичности к транспортным средствам и топливу.....	27
1.5.1 Требования к автомобильным транспортным средствам.....	27
.....1.5.2 Экологические требования к топливам.....	31
1.6 Городские территории, характеризующиеся интенсивным движением транспорта.....	38
1.7 Электромобили и гибридные автомобили и их использование в Красноярске.....	39
1.8 Постановка задач исследования.....	44
2 Теоретический аппарат решения задач диссертации. Модели расчета снижения выбросов вредных веществ.....	46
2.1 Модель расчета снижения вредных выбросов при замене легковых автомобилей города на экологический класс Евро 5.....	46
2.2 Модель расчета снижения вредных выбросов при	

совершенствовании структуры пассажирского парка города.....	47
2.3 Применение электромобилей и гибридных автомобилей.....	50
2.4 Модель расчета снижения вредных выбросов при использовании присадок к моторному топливу для снижения количества вредных веществ отработавших газов автомобильного транспорта.....	51
2.5 Модель расчета снижения вредных выбросов при моделировании разгрузки заторовых участков города с помощью программы Эколог 3.0..	52
3 Методики экспериментальных исследований.....	53
3.1 Методика получения статистических данных по автомобильному парку города Красноярска.....	53
3.2 Методика получения статистических данных по муниципальному парку города Красноярска.....	56
3.3 Методика получения данных для расчета замены автомобилей электромобилями и гибридными автомобилями в городе Красноярске.....	57
3.4 Методика получения данных для расчета снижения количества вредных веществ отработавших газов автомобилей при использовании присадок.....	58
3.5 Методика расчета снижения выбросов автомобильного транспорта, путем разгрузки заторовых участков с помощью программного обеспечения Эколог 3.0.....	59
4 Результаты исследования.....	62
4.1 Расчет возможного снижения количества вредных веществ отработавших газов за счет замены легковых автомобилей на экологический класс Евро 5.....	62
4.2 Оценка эффективности замены автобусов малого и среднего классов на автобусы большей вместимости.....	68
4.3 Перспективы снижения количества вредных веществ отработавших газов за счет электромобилей и гибридных автомобилей.....	70
4.4 Использование присадок для снижения количества вредных	

веществ отработавших газов автомобилей.....	71
4.5 Расчет снижения выбросов автомобильного транспорта, путем разгрузки заторовых участков с помощью программного обеспечения Эколог 3.0.....	72
Заключение.....	82
Список сокращений.....	84
Список используемых источников.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Отчеты программы Эколог 3.0.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Презентационный материал.....	97

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Оценка влияния автомобильного транспорта на экологию крупного города» содержит 90 страниц текстового документа, 35 иллюстраций, 18 формул, 24 таблицы, 2 приложения, 59 использованных источников.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА, ПЕРЕВОЗКИ, ИНТЕНСИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ, СТРУКТУРА ПАРКА, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КЛАСС, ВЫБРОСЫ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ.

В разделе «Обзор по теме исследования» представлен анализ автомобилизации в мире, Красноярском крае и городе Красноярске, в частности. Проанализирована динамика изменения вредных выбросов автомобильного транспорта в городе Красноярске. Описаны основные экологические проблемы эксплуатации автомобильного транспорта.

Во второй части работы представлен теоретический аппарат решения задач, поставленных в диссертации. Представлены модели расчета снижения вредных выбросов при применении указанных в работе методов.

Третья часть включает в себя методики экспериментальных исследований.

В четвертой части работы описываются результаты исследований, проведенных в работе.

Объект исследования: система мероприятий по снижению выбросов вредных веществ автомобильным транспортом в городе Красноярске.

Предмет исследования: количественные оценки эффективности мероприятий по снижению негативного влияния автомобильного транспорта на экологию крупного города.

Научная новизна: системный подход к анализу и оценке влияния автомобильного транспорта на экологию крупного города.

## Введение

Автомобильный поток велик в крупных городах и мегаполисах, где воздух в результате вредного воздействия транспорта загрязнен отработавшими газами, что крайне отрицательно сказывается на здоровье населения.

Автомобильный транспорт в Красноярском крае является одним из основных источников загрязнения окружающей среды. По отчетным данным Министерства природопользования края, число выбросов от автомобильного транспорта в суммарных общекраевых выбросах загрязняющих веществ за 2018 составляет год 12,7, для Красноярска этот показатель составляет 41,3%.

Вредные вещества отработавших газов автомобилей создают опасные концентрации на уровне органов дыхания человека и из-за слабого рассеяния оказывают длительное негативное влияние на здоровье человека.

Рост вредных выбросов в атмосферу города связан с постоянным ростом автомобильного парка, ухудшением его технического состояния, качеством используемого моторного топлива, большой интенсивностью движения, малой пропускной способностью улично-дорожной сети (УДС), состоянием парковок автотранспортных средств и прочих факторов.



## **1 Обзор по теме исследования. Постановка задач**

### **1.1 Анализ динамики автомобилизации в мире, России, Красноярском крае и городе Красноярске**

На сегодняшний день транспорт является неотъемлемой частью существования мировой инфраструктуры. В странах Европы на каждую 1000 жителей приходится в среднем 587 автомобилей. Наибольший показатель обеспеченности в 740 автомобилей наблюдается в Люксембурге, а наименьший 329 – в Румынии. При этом в Германии показатель обеспеченности составляет 610 автомобилей на 1000 жителей, во Франции – 590, в Великобритании – 544, в Испании – 611, а в Италии – 707.

Транспортная система страны показывает высокую устойчивость и адаптивность к изменениям структуры спроса как населения, так и бизнеса на перевозки, имевшим место с начала 1990-х гг., а также к последствиям мирового экономического кризиса 2008-2009 гг. [1]. В последние годы на транспорте наметились и закрепились определенные позитивные тенденции. Возобновился рост объёмов перевозок грузов, а также грузо- и пассажирооборота. Валовая добавленная стоимость, созданная транспортным комплексом, увеличилась за последние 10 лет в 2,3 раза в сопоставимых ценах, что составляет 7% от ВВП страны [2].

Ключевую роль, как главного транспортировщика, в Российской Федерации занимает автомобильный транспорт. Это объясняется всепогодной проходимостью автомобилей (в отличие от других видов транспорта), меньшей степенью зависимости от метеоусловий. Преимуществом автоперевозок также является скорость доставки грузов, корректировка графика перевозки, наименьшие потери при форс-мажорных обстоятельствах, возможность перевозки при минимальных издержках, контроль пути следования при помощи современных навигационных устройств, удобство погрузки и выгрузки грузов. Рассматривая пассажирские перевозки, нельзя не отметить высокую долю транспортировки при помощи

автобусов, хотя по сравнению с 2004 годом показатели значительно понизились (в 2014 году почти в 2 раза), но по сравнению с другими видами транспортировки пассажиров автобусы занимают главенствующие позиции. Необходимо отметить такой неблагоприятный фактор, как увеличение негативного воздействия транспорта на окружающую среду. Россия по показателю выбросов транспортом углекислого газа на 1 млн. долл. опережает США на 60%, Китай – в 2 раза, Германию и Японию – более чем в 4 раза [2]. Что касается легковых автомобилей, то их число постоянно растет и достигает критических цифр. Из таблицы 1 видно, что количество легковых автомобилей за последние 10 лет значительно увеличилось [3, 54]. Учет автотранспортных средств, ведется МВД России. Данные о числе автомобилей на 1000 жителей в РФ представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Число легковых автомобилей Российской Федерации на 1000 человек населения

Российская Федерация										
Год	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Число автомобилей на 1000 человек	219,4	228,4	242,0	257,5	273,1	283,3	288,8	294,0	305,0	309,1

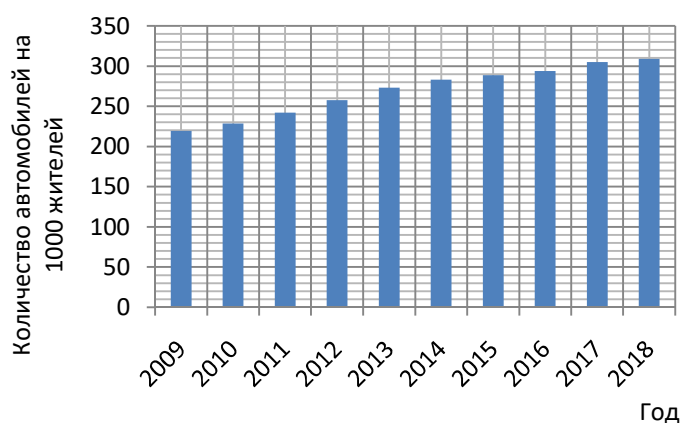


Рисунок 1.1 – Число легковых автомобилей Российской Федерации на 1000 человек населения

Как видно из таблицы 1.1 и рисунка 1.1, число автомобилей в Российской Федерации возрастает с каждым годом. Так за 10 лет, в период с 2009 по 2018 год число автомобилей на 1 человека населения увеличилось на 89,7 автомобилей, что составило почти 41%.

Теперь рассмотрим вопрос состояния автомобилизации, непосредственно, в Красноярском крае.

В крае находится единственная городская агломерация – Красноярская агломерация, общая протяженность автодорог которой составляет около 1,5 тыс. км. дорог с усовершенствованным покрытием, кроме того насчитывается 58 мостов и путепроводов площадью 216,5 кв. км, 15 тоннелей площадью 6,5 кв. км.

Протяженность автомобильных дорог общего пользования регионального и межмуниципального значения в Красноярском крае на 01 января 2017 года составляет 13 951,18 километров.

По показателю числа легковых автомобилей на 1000 человек населения Красноярский край занимает 51 место в Российской Федерации.

Таблица 1.2 – Число легковых автомобилей Красноярского края на 1000 человек населения

Красноярский край										
Год	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Число автомобилей на 1000 человек	220,0	249,4	262,1	276,7	274,0	310,8	306,9	296,1	303,5	294,5

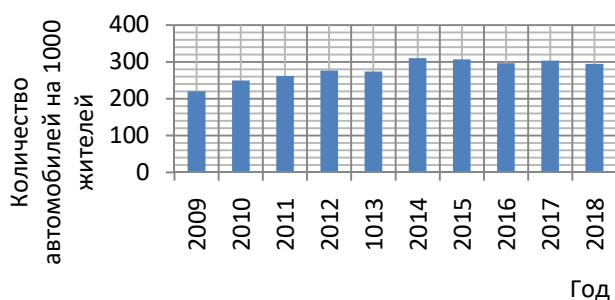


Рисунок 1.2 – Число легковых автомобилей в Красноярском крае на 1000 человек населения

Если говорить об общественном транспорте, то автомобильный транспорт в Красноярском крае представлен предприятиями разных форм собственности, которые осуществляют пассажирские перевозки по муниципальным и межмуниципальным маршрутам.

В настоящий момент в крае действуют 74 транспортно-логистических комплекса, еще 4 готовятся к строительству, более 1100 транспортных компаний занимаются перевозками грузов и пассажиров, из которых 130 осуществляют международные грузовые перевозки.

Транспортные организации Красноярского края, осуществляющие пассажирские перевозки, обслуживают 82 межмуниципальных маршрута междугородного сообщения, 63 межмуниципальных маршрута пригородного сообщения, 965 муниципальных маршрута.

Городской электрический общественный транспорт представлен в г. Ачинске (трамвай) и г. Красноярске (троллейбус, трамвай).

Автомобильный и городской электрический общественный транспорт в пассажирских перевозках занимают лидирующее место по числу перевезенных пассажиров общественным транспортом, и составляет порядка 90 % от общего количества перевезенных пассажиров по краю.

Общее количество единиц автомобильного и городского электрического общественного транспорта, занятого на маршрутах регулярных перевозок пассажиров в Красноярском крае составляет 14253 единиц, из них 113 трамваев, 106 троллейбусов, 14034 автобусов.

На межмуниципальных маршрутах междугородного сообщения задействовано 216 единиц (автобусы большого класса), на межмуниципальных маршрутах пригородного сообщения – 200 единиц (автобусы большого, среднего и малого класса).

Доля парка подвижного состава автомобильного и городского электрического общественного транспорта, оборудованного для перевозки маломобильных групп населения, в парке этого подвижного состава в Красноярском крае составляет 13,9 %.

На данный момент в Красноярском крае более 40% автобусного парка государственных и муниципальных автотранспортных предприятий полностью изношено, что вызывает сложности в эксплуатации, фактически делая ее невозможной.

По состоянию на 2016 год доля полностью амортизированного подвижного состава государственных автотранспортных предприятий Красноярского края составляет 63,3 %, муниципальных предприятий – 78,55 %. В 2017 года списанию подлежит порядка 80% существующего автобусного парка, как полностью непригодного для дальнейшей эксплуатации. Красноярская городская агломерация – это одна из крупнейших агломераций в Сибири и в России.

Через территорию Красноярска проходят автомобильные трассы:

1) Р-257 «Енисей». Автомобильная дорога федерального значения Красноярск – Абакан – Кызыл – Чадан-Хандагайты – государственная граница с Монголией;

2) Р-255 «Байкал». Автомобильная дорога Федерального значения Иркутск – Канск – Красноярск – Ачинск – Новосибирск;

3) Р-409 «Енисейский тракт». Дорога Краевого значения Красноярск-Енисейск. На рисунке 1.3 представлены автомобильные трассы, проходящие через город Красноярск.

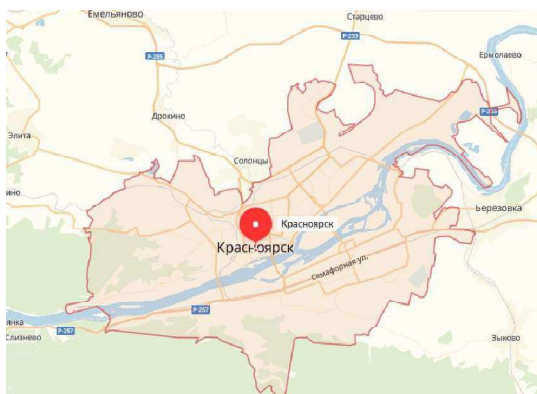


Рисунок 1.3 – Автомобильные трассы, проходящие через г. Красноярск

Из рисунка 1.3 видно, что въезд в город осуществляется по четырем направлениям.

Возрастание числа автомобилей как, в общем, в Российской Федерации, так и в Красноярском крае в частности, его масштабный охват рынка транспортных услуг, имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Следствием увеличения количество используемого на территории России транспорта является высокий уровень загрязнения окружающей среды, перегруженность и малую проходимость дорожных путей [53].

Как видно из описанного выше материала, уровень автомобилизации России достаточно-таки высок. По меньшей мере, на каждого третьего жителя страны приходится один автомобиль, если исходить из предоставленных данных Автостата, по которым на 1000 жителей страны приходится 309,1 автомобиль. Но если провести сравнение с Европейскими странами, то разница ощутима. Так, например, количество автомобилей в Италии в два раза больше чем в России. Соответственно проблемы, возникающие на фоне большой и к тому же растущей автомобилизации, только увеличиваются.

## **1.2 Качественный состав городского автопарка, характеристика и техническое состояние эксплуатируемых АТС, ежегодные темпы прироста**

### **1.2.1 Состав парка автомобилей и их анализ**

По данным ГИБДД на 31.12.2019 в Красноярске было зарегистрировано 591278 транспортных средств, что составляет 51,4 % от общего числа автомобилей Красноярского края [21].

Таблица 1.3 – Численность транспортных средств города Красноярск

Транспортные средства	Количество зарегистрированных
Легковые автомобили	449371
Грузовые автомобили	70953
Автобусы	6714
Мототранспортные средства	17738
Прицепы и полуприцепы	46502

Соотношение типов транспортных средств в (%) представлено на рисунке 1.4.

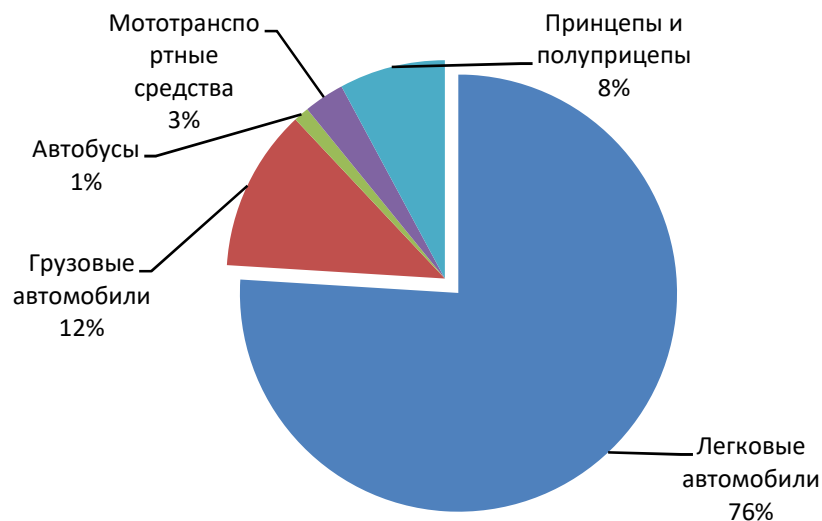


Рисунок 1.4 – Соотношение типов транспортных средств

Динамика изменения городского автопарка по типам транспортных средств (включая число прицепов и мототехники) за последние пять лет представлена на рисунке 1.5.

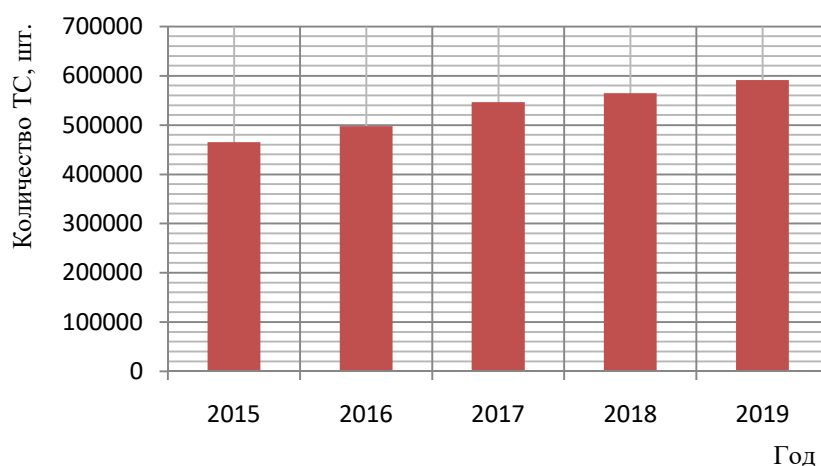


Рисунок 1.5 – Динамика изменения городского автопарка

Темп прироста автопарка по годам представлен на рисунке 1.6.

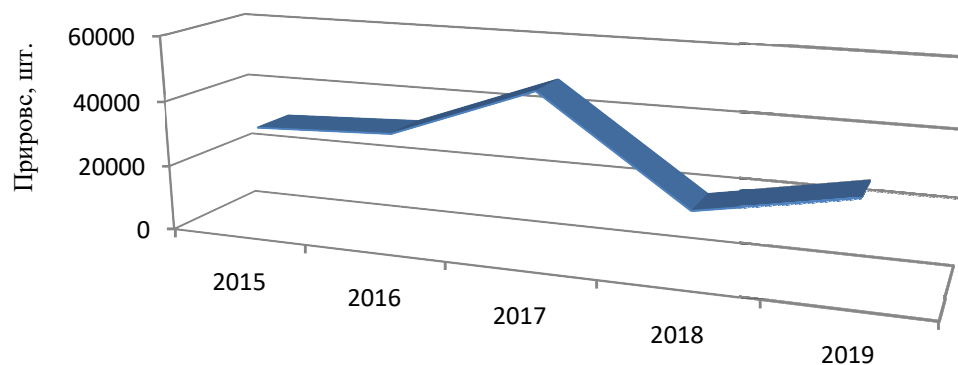


Рисунок 1.6 – Темпы прироста числа автомобилей города Красноярск

Точные данные по возрастной структуре города Красноярск получить невозможно, так как учет зарегистрированных транспортных средств в ГИБДД ведется непосредственно по Красноярскому краю. Но, так как известно, что общее количество транспортных средств в Красноярске составляет 591278, что в свою очередь составляет 51,4 % от общего количество зарегистрированных транспортных средств в Красноярском крае. Следовательно, проведя расчеты, опираясь на численное соотношение данных опубликованных ГИБДД, полные значения представленные в разделе 3.

### 1.2.2 Транспорт общего пользования и его анализ

Количественная и качественная характеристика пассажирского транспорта муниципальных предприятий г. Красноярска за 2019 год представлена Департаментом транспорта г.Красноярск [53].

Из анализа данных можно заключить, что доля муниципального транспорта (466 единиц) в транспорте общего пользования (1 653) составляет 28,19 %. Причем 33,8% муниципального парка имеет полный износ.

Доля городских автобусов общего пользования (1 187 единицы) составляет:

- от общего количества автобусов города (6714 единиц) – 17,7%;



- от общего количества автомобилей с большим объемом двигателя (автобусы + грузовые автомобили (77 667) – 1,9 %;

- от общего количества автомобилей города (591278 единиц) – 0,21%.

Таким образом, с точки зрения объемов выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигателей, прямой вклад транспорта общего пользования в загрязнение города не является ни определяющим, ни сколько-нибудь значимым.

Однако имеется еще косвенное воздействие транспорта общего пользования на загрязнение атмосферы города – неразвитость транспорта общего пользования побуждает население использовать для передвижения личный транспорт, что намного увеличивает интенсивность движения и загрязнение атмосферы.

### **1.3 Экологические проблемы эксплуатации автотранспортных средств**

Существует множество проблем современной автомобилизации общества. Основная и самая главная из них – загрязнение окружающей среды выбросами отработавших газов, транспортный шум и иные физические воздействия. Как известно, ежегодно автомобилями выбрасывается в атмосферу более 12 миллионов тонн различных загрязняющих веществ: окиси углерода, азота, серы, углеводородов и других вредных веществ [55].

Автотранспорт приводит к образованию твердых отходов, загрязнению воздуха, вибрации, электромагнитным излучениям, загрязнению природной среды и множество других проблем.

Наибольший урон отработавшие газы автомобилей за последние 10 лет нанесли экологии таких городов как: Москвы, Санкт-Петербурга, Самары, Назрани, Нальчика, Элисты, Краснодар, Красноярск, Ростова-на-Дону, Ставрополя, Сочи, Воронежа и Калуги.

Казалось бы, нет ничего страшного в том, что загрязнение отработавшими газами в российских мегаполисах перекрывает выбросы всех промышленных предприятий, раз на Западе аналогичная история. Но на самом деле в европейских, американских и японских городах машин в 2-3 раза больше, а экология в большинстве из них лучше, чем у нас. Отсюда вывод: автомобильные выбросы в мегаполисах РФ в разы токсичнее зарубежных.

Эксперт в области экологии А.П. Константинов определил 3 основные причины повышенного загрязнения автотранспортом крупнейших городов России и поделился информацией с читателями журнала «Экология и жизнь» [5].

Первой причиной чрезмерного загрязнения автотранспортом автор [5] называет некачественное топливо. Несмотря на то, что самый страшный этилированный бензин уже 17 лет (с 2003года) находится в России под запретом, очистить атмосферу от последствий его использования до сих пор не удаётся [56].

Вторая причина интенсивного отравления воздуха крупных российских городов отработавшими газами с повышенной концентрацией загрязняющих веществ – это старые отечественные машины.

Третья причина сверхмерного загрязнения атмосферы наших мегаполисов автомобильными выбросами кроется в одной из главных бед России – некачественных дорогах.

Как правило, наибольшему загрязнению автотранспортом подвергаются центральные, самые густонаселённые, районы мегаполисов. В результате от загрязнения атмосферы автомобильными выбросами страдает здоровье сотен тысяч жителей каждого крупного города России. Наибольшую опасность отработавшие газы представляют для маленьких детей, поскольку высота автомобильных выбросов не достигает и 1 м.

Проанализировав все 3 причины повышенного загрязнения атмосферы наших мегаполисов автотранспортом, эколог А. П. Константинов пришёл к

выводу, что российские города сегодня не способны выдержать и 300 автомобилей на 1000 жителей.

Однако при строгом соблюдении инструкции по сокращению количества вредных автомобильных выбросов в атмосферу у наших мегаполисов появится шанс сравняться с образцовыми японскими городами.

Наряду с загрязнением атмосферы отработавшими газами, существует еще несколько немаловажных негативных воздействий автомобильного транспорта на окружающую среду, одно из них это сточные воды. При эксплуатации автомобилей образуются сточные воды. Состав и количество этих вод различны. Сточные воды возвращаются обратно в окружающую среду, главным образом в объекты гидросферы (река, канал, озеро, водохранилище) и суши (поля, накопители, подземные горизонты и др.). В зависимости от вида производства сточными водами на предприятиях транспорта могут являться: воды от мойки автомобилей; нефтесодержащие стоки от производственных участков (моющие растворы); воды, содержащие тяжелые металлы, кислоты, щелочи; воды, содержащие краску, растворители.

Основным направлением в области снижения загрязнения водных объектов, грунтовых и подземных вод промышленными стоками, является создание систем оборотного водоснабжения производства. При строительстве и ремонте путей сообщения, а также производственно-бытовых объектов предприятий транспорта происходит изъятие из экосистем воды, грунта, плодородных почв, минеральных ресурсов недр, разрушение природных ландшафтов, вмешательство в животный и растительный мир.

Еще одним причиной негативного влияния автотранспорта на экологию является шумовое загрязнение. Удельный вес измерений шума в городских и сельских поселениях Красноярского края, не отвечающих санитарным нормам, в 2018 году составил в целом по Красноярскому краю

53,8 % (в 2017 г. – 40,7 %). В том числе не отвечали санитарным нормам измерения шума:

в эксплуатируемых жилых зданиях в городских поселениях – 28,5 % (2016 г. – 29,9 % случаев, 2017 г. – 26,0 % случаев);

от автомагистралей, улиц с интенсивным движением в городских поселениях – 79,6 % (2016 г. – 16,9 % случаев, 2017 г. – 77,4 % случаев).

Общее количество измерений шума в 2018 году фиксируется на уровне 2016 года, тогда как количество нарушений требований санитарных норм в отчетный период увеличилось в 2,3 раза. В 2018 г., по сравнению с 2016 г., общее количество измерений уровней ЭМИ уменьшилось. Жители крупных городов Красноярского края (Красноярск, Ачинск, Канск, Норильск) по-прежнему испытывают максимальную шумовую нагрузку от автотранспортных средств. Одной из причин является увеличение транспортных потоков на внутригородских магистралях.

Наряду с другими видами транспорта, промышленным оборудованием, бытовыми приборами автомобиль является источником искусственного шумового фона города, как правило, отрицательно воздействующего на человека.

Основными источниками шума на территориях жилых образований края являются производственные объекты, внутригородской автомобильный транспорт. Удельный вес измерений шума в городских и сельских поселениях края, не отвечающих санитарным нормам, в 2018 г. составил 53,8 % (2017 г. – 40,7 %). В том числе не отвечали санитарным нормам измерения шума: – в эксплуатируемых жилых зданиях в городских поселениях – 28,5 % (в 2017 г. в 26,0 % случаев); – от автомагистралей, улиц с интенсивным движением в городских поселениях – 79,6 % (в 2017 г. – 77,4 % случаев). В 2018 г. общее количество измерений шума фиксируется на уровне 2016 г., а количество нарушений требований санитарных норм в отчетный период увеличилось в 2,3 раза. Жители крупных городов Красноярского края (Красноярск, Ачинск, Канск,

Норильск) по-прежнему испытывают максимальную шумовую нагрузку от автотранспортных средств. Одной из причин является увеличение транспортных потоков на внутригородских магистралях [16].

Шум от автотранспорта является опасным параметрическим загрязнением окружающей среды, самым распространенным видом неблагоприятного экологического воздействия на организм человека. В последние годы в Российской Федерации отмечается интенсивный рост количества автотранспортных средств. По данным аналитического агентства «Автостат», по состоянию на 01.01.2017 г. в России насчитывается 41,6 млн. легковых автомобилей, 395,4 тыс. автобусов, 3,7 млн. грузовых автомобилей. При этом ежегодный прирост парка только легковых автомобилей составляет примерно 1,5 млн. в год [23].

Одним из самых доступных средств снижения уровня шума, и как следствие уменьшения его воздействия на здоровье населения, проживающего в непосредственной близости от автодорог, является озеленение территории между жилой застройкой и проезжей частью.

Тем не менее, при скорости движения автомобиля более 50 км/ч преобладающим является шум создаваемый шинами автомобиля, который увеличивается пропорционально скорости движения.

И все же если сравнивать перечисленные выше проблемы, которые создает автомобильный транспорт для экологии, то несомненно первое место занимают отработавшие газы.

Увеличение масштабов сжигания нефтепродуктов является причиной загрязнения воздушной среды. В особенности это стало ощутимым с развитием с автомобильного транспорта. Бензин, израсходованный на приведение в действие двигателей внутреннего сгорания, никуда не исчезает. Отдавая заключённую в нём энергию химических связей, он разлагается на более простые вещества – оксиды углерода, сажу, углеводороды и др. Наибольшее количество загрязняющих атмосферу веществ выбрасывается с отработавшими газами автомобилей.

Конечно, полностью данную проблему решить, на сегодняшний день, не представляется возможным, но необходимо принимать действия. Нужно стимулировать создание безопасных, экологически чистых автомобилей. Одновременно, необходима разработка мероприятий по снижению негативного влияния автомобильного транспорта на окружающую среду, а так же разрабатывать экономические механизмы продвижения новых моделей на потребительский рынок, создание платежеспособного спроса на них.

В некоторых странах, в основном, это европейские страны, планируется введение государственной помощи при покупке экологически безопасных автомобилей. Крупные производители уже сейчас предлагают новые автомобили с комбинированными и электрическими двигателями, с двигателями на природном газе [52].

#### **1.4 Динамика изменений вредных выбросов автотранспорта в городе Красноярске**

В 2018 г. в Красноярском крае с целью оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха населенных мест продолжались наблюдения на 118 постах, из них 30 стационарных и 88 маршрутных, размещенных в 10 городских округах и 6 муниципальных районах края с различной программой отбора проб воздуха.

Наблюдения проводились ФГБУ «Среднесибирское УГМС», территориальными отделами Управления Роспотребнадзора по Красноярскому краю в рамках социально-гигиенического мониторинга, КГБУ «Центр реализации мероприятий по природопользованию и охране окружающей среды Красноярского края», промышленными предприятиями.

Красноярск характеризуется очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

В 1 квартале 2018 г. уровень загрязнения г. Красноярска характеризовался как «очень высокий». Значение стандартного индекса

(СИ) – 26,3 по бенз(а)пирену, наибольшая повторяемость (НП) превышения ПДКм.р. – 3,1% по формальдегиду. В период с января по март 2018 г. в атмосфере города зафиксированы случаи превышения гигиенических нормативов (ПДКм.р.) по взвешенным веществам, оксиду углерода, диоксиду азота, фенолу, гидрофториду, гидрохлориду, формальдегиду. Наибольшая повторяемость (НП) превышений ПДКм.р. отмечена в Свердловском районе города на ПНЗ №7 [24].

Начиная с 2012 г. расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта производится в соответствии с Методическими рекомендациями по оценке выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников (автомобильный и железнодорожный транспорт) (приложение № 2 к распоряжению Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 01.11.2013 № 6-р «Об утверждении порядка организации работ по оценке выбросов от отдельных видов передвижных источников») [25].

Загрязненный атмосферный воздух становится причиной загрязнения других природных ресурсов, ветер разносит загрязненные воздушные массы, что в дальнейшем и приводит к плохому экологическому состоянию почвы, лесов и водных ресурсов. Антропогенный фактор имеет большое воздействие на экологическую обстановку Красноярского края.

В 2018 г. общее количество субъектов хозяйственной и иной деятельности, осуществляющих выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух и зарегистрированных на территории Красноярского края, составило 1139, из них 1120 – юридические лица и 19 – индивидуальные предприниматели.

В таблице 1.4 представлена динамика суммарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по краю с учетом выбросов Норильского промышленного района стационарных и передвижных

(автотранспорта) источников за период 2014-2018 гг. в общем по Красноярскому краю.

Таблица 1.4 – Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу Красноярского края с учетом выбросов Норильского промрайона, тыс. т в год

Годы	Суммарные выбросы	Выбросы от стационарных источников, тыс.т.	Выбросы от передвижных источников, тыс.т.
2014	2592,0	2355,8	236,2
2015	2729,1	2474,9	253,2
2016	2630,3	2363,3	267,0
2017	2628,5	2369,5	259,0
2018	2613,8	2318,9	295,8

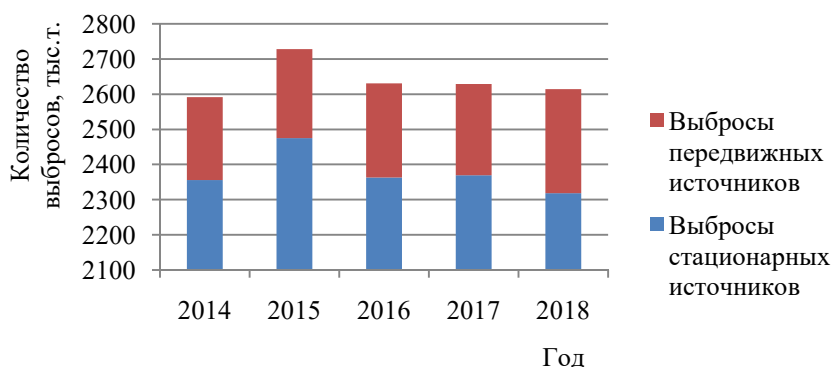


Рисунок 1.7 – Суммарное количество выбросов по годам

В 2018 г. по сравнению с 2017 г. в крае снизились суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников – на 50,6 тыс. т; суммарные выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников увеличились на 36,8 тыс. т.

О росте вклада транспорта в загрязнение окружающей среды можно судить по увеличению количества автотранспорта в городе, динамика которого представлена была выше.



Как уже было сказано выше, автомобильный транспорт занимает ведущее место в загрязнении окружающей среды. Доля выбросов от автотранспорта в суммарных общекраевых выбросах загрязняющих веществ составляет 12,7 %, для Красноярска этот показатель составляет 41,3%.

По данным УГИБДД ГУ МВД России по Красноярскому краю, количество различных видов автомобильного транспорта в 2018 г. составило 1 052 533 единиц. В 2018 г. произошло уменьшение количества автотранспортных средств за счет уменьшения численности легкового, грузового автотранспорта и автобусов .

В 2018 г. суммарные выбросы от автотранспорта в Красноярском крае составили 295,8 тыс. т, что на 36,8 тыс. т (14,2 %) больше, чем в 2017 г. (259,0 тыс. т.). Непосредственно в городе Красноярске количество выбросов за 2018 год по отчетным данным составило 76,3 тыс.тонн. Состав суммарных выбросов автотранспорта по Красноярскому краю в 2018 г. В сравнении с аналогичными выбросами по Сибирскому федеральному округу и Российской Федерации представлен в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Состав выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта в 2018 г., тыс. т

Наименование региона	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	C	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	Всего
Красноярский край	1,7	33,2	228,0	0,6	0,8	1,2	295,8
СФО	11,4	218,4	1500,7	3,8	5,1	7,9	1945,8
Российская Федерация	85,28	1647,7	11700,7	28,14	40,1	61,85	15107,8

Непосредственно сам город Красноярск, являясь районным центром края приносит значительную долю выбросов вредных веществ при эксплуатации автомобильного транспорта, что так же характеризуется приростом автомобильного парка. На конец 2018 года доля выбросов

автомобильного транспорта в городе Красноярске составила 26% от количества общекраевых выбросов [16].

Динамика изменения количества выброшенных загрязняющих веществ города Красноярск представлена лишь за три года, в период до 2016 года данные в общем доступе предоставлялись только в общих цифрах по краю.

Таблица 1.6 – Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта г. Красноярска

Годы	Прирост парка автомобилей г.Красноярска, тыс. ед.	Выброшено всего загрязняющих веществ, тыс. т.	Прирост выбросов загрязняющих веществ, тыс. т.
2016	48,644	69,6	3,1
2017	18,253	73,1	3,5
2018	26,446	76,3	3,2

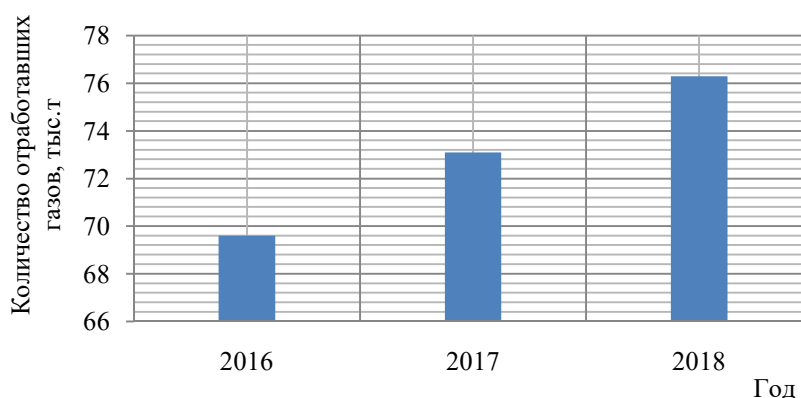


Рисунок 1.8 – Изменение количества выбросов автомобильного транспорта в городе Красноярск в период 2016-2018гг.

Как видно из данных, представленных выше, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу населенных мест Красноярского края от передвижных источников в 2017 году составили 259,0 тыс. тонн, что меньше на 3,0 % по отношению к 2016 году (267,0 тыс. тонн). Наибольший объем выбросов загрязняющих химических веществ от автотранспорта зафиксирован в г.

Красноярске: 2018 г. – 76,3тыс. тонн; 2017 г. – 73,1 тыс. тонн; 2016 г. – 69,6 тыс. тонн.

## **1.5 Международные и национальные требования по экологичности к транспортным средствам и топливу**

### **1.5.1 Требования к автомобильным транспортным средствам**

Высокие экологические требования, предъявляемые к транспортным средствам – это не дань моде, а забота о здоровье человека и охране окружающей среды, желание сохранить ее для потомков.

Инициатива по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автомобильным транспортом была проявлена экологами в 80-90-х гг. прошлого столетия. Требования по токсичности отработавших газов были разработаны Европейской экономической комиссией ООН (ЕЭК ООН) и изложены в принятых ей Правилах № 49 и последующих поправках к ним. Россия стала участником соглашения ЕЭК ООН с 1987 г. и обязана соблюдать при международных перевозках правила ЕЭК ООН, которые постоянно пересматриваются и дополняются в соответствии с изменяющимися условиями эксплуатации (таблица 1.7).

Таблица 1.7– Хронология ужесточения требований ЕЭКООН по токсичности отработавших газов транспортных двигателей

Документ	Год вступления в действие (Европа)
Правила № 49	1982
Поправка 01	1990
Поправка 02 (Евро-1)	1993
Дополнение к Поправке 02 (Евро-2)	1996
Поправка 03 (Евро-3)	2000
Евро-4	2005
Евро-5	2008
Евро-6	2015

В 1992 г. ЕЭК ООН приняла экологический стандарт Евро для транспортных средств вне зависимости от их предназначения (легковые,

грузовые автомобили, специальная техника). Экологический стандарт Евро-1 начал действовать с 1993 г. в государствах ЕС, Японии и США и явился началом улучшения экологической ситуации в мире. Стандарт

Евро-1 ограничивал выбросы оксида углерода (CO), углеводородов ( $C_LH_y$ ) и оксидов азота ( $NO^*$ ).

В 1996 г. на смену стандарту Евро-1 пришел стандарт Евро-2, в котором существенно повышены требования к топливу и к уровню выброса токсичных веществ двигателями внутреннего сгорания. В частности, стандарт Евро-2 ужесточил почти в три раза выбросы  $C_LH_L$ .

С принятием в России экологического стандарта Евро-2 и введением в действие технического регламента «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ», утвержденного постановлением Правительства РФ от 12.10.2005 № 609, было положено начало в решении экологических проблем на отечественном автомобильном транспорте. С этого времени ввоз автомобилей на территорию страны и их производство были недопустимы без наличия евросертификата.

В очередном стандарте Евро-3 допустимые значения выброса загрязняющих атмосферу веществ CO,  $C_LH_L$ ,  $NO_x$  были снижены на 30-40%. В Российской Федерации Евро-3 был введен в 2008 г. С этого времени предъявлять экологический сертификат Евро-3 на российской таможне стало обязательно [57].

Экологический стандарт Евро-4 установил еще более строгие требования к содержанию загрязняющих веществ в отработавших газах, он жестче стандарта Евро-3 на 65-70%. Кроме того, в него введены ограничения на выброс твердых частиц, серы, ароматических углеводородов, бензола. Топливо стандарта Евро-4 должно содержать меньше присадок и вредных испарений, чем топливо стандартов Евро-2 и Евро-3. Так, дизельное топливо, отвечающее требованиям экологического стандарта Евро-4, отличается малым содержанием серы и полициклических ароматических углеводородов

и имеет более высокое цетановое число. При применении этого топлива снижается дымность отработавших газов, понижается выброс продуктов сгорания в воздушную среду.

В стандарте Евро-5 предусмотрено дальнейшее снижение содержания CO, C\*EL, NO\*, сажи. Европейской экономической комиссией ООН обращено внимание на опасное действие сажи на организм человека, в связи с чем установлена норма выброса сажи для дизельных двигателей, которая стала одной из базовых при определении экологических стандартов Евро-4 и Евро-5. Введено также ограничение на выброс углекислого газа - автомобили должны выбрасывать в атмосферу CO<sub>2</sub> не более 158 г/км. Уменьшены сроки эксплуатации катализаторов и установлены сроки эксплуатации сажевых фильтров. Стандарт Евро-5 в Европе действует с 2008 г., ввод его в России произведен в 2015 г. В нашей стране, хотя и с отставанием на несколько лет, также широко применяются европейские требования. На данный момент все новые автомобили, которые производятся в России или поставляются из-за границы, имеют в регистрационных документах специальные отметки с обозначением экологического класса автомобиля по европейским требованиям [57].

В странах ЕС усиление экологических произошло в 2015 году, при внедрении новых требований стандарта – Евро 6. По своим требованиям Евро-6 близок к действующему с 2010 г. экологическому стандарту EPA10 в США и японскому Post NLT. Согласно нормам Евро-6, выбросы углекислого газа новыми легковыми автомобилями должны составлять менее 130 г на 1 км пробега [22].

Следует иметь в виду, что применение правил № 49 ЕЭК ООН и Евростандартов предусматривает, что транспортное средство должно соответствовать тем требованиям, которые действовали на момент его производства. Например, автомобиль, выпущенный в 2007 г., должен соответствовать требованиям, вступившим в силу к этому моменту, т.е.

требованиям Евро-4. В последующие годы к такому автомобилю не применяются вновь вводимые более жесткие нормативы токсичности.

Классификация автомобилей по уровню экологической безопасности в РФ осуществлялась в соответствии с Техническим регламентом "О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ" (утв. постановлением Правительства РФ от 12 октября 2005 г. N 609), (с изменениями от 27 ноября 2006 г., 26 ноября 2009 г., 8 декабря 2010 г.), на сегодняшний день утративший свою силу. Сегодня одним из регулирующих документов является ТР ТС 018/2011 Технический регламент Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств" (с изменениями на 21 июня 2019 года).

Для каждой категории транспортного средства, его полной массы и типа двигателя вышеназванным техническим регламентом введены технические нормативы выбросов (ТНВ). ТНВ – нормативы выбросов, устанавливаемые в отношении автомобильной техники и двигателей внутреннего сгорания, которые отражают максимально допустимую массу выбросов в атмосферу в расчете на единицу произведенной автомобильной техникой и двигателями внутреннего сгорания работы или пробега. В отработавших газах (ОГ) нормируется содержание оксида углерода CO, углеводородов CH, оксидов азота NO<sub>x</sub>, твердых частиц PM, в г/км или г/кВт\*ч. Конкретные значения ТНВ указанных выше вредных веществ устанавливаются Правилами ЕЭК ООН и Директивами ЕС. Россия является участницей Женевского Соглашения 1958 года по транспортным средствам и напрямую применяет Правила ЕЭК ООН. Кроме того, Правила ЕЭК ООН переизданы в виде Российских национальных стандартов серии ГОСТ Р 41.\*\*\*.

Для каждого уровня выбросов вредных веществ Техническим регламентом установлен экологический класс транспортного средства – классификационный код, характеризующий автомобильную технику и

двигатель внутреннего сгорания в зависимости от уровня выбросов. Он может принимать значения 0, 1, 2, 3, 4, 5.

Введение в действие технических нормативов выбросов в отношении автомобильной техники и двигателей внутреннего сгорания, выпускаемых в обращение на территории Российской Федерации, осуществляется в следующие сроки с 2006 по 2014 год.

На сегодняшний день на территории Российской Федерации действует экологический Евро 5.

### 1.5.2 Экологические требования к топливам

Кроме свойств эксплуатационных материалов, обеспечивающих нормальное протекание рабочих процессов узлов и агрегатов транспортного средства, определяющих надежность их работы, экономичность и долговечность автомобиля, стабильность и сохранность материалов, они должны иметь также высокие экологические свойства [7,8].

В данной работе под экологическими свойствами автомобильных эксплуатационных материалов понимаются свойства материалов, заключающиеся в их воздействии на окружающую среду, в том числе на человека, в процессе транспортировки, хранения, производственного или непромышленного потребления [9]. В ряде случаев к экологическим свойствам относят также степень утилизации материалов, после того как они утратили свои потребительские свойства в результате физического или морального износа и степень воздействия не утилизируемой части отходов на окружающую среду.

Следует учитывать, что помимо загрязнения атмосферы [10] токсичными компонентами эксплуатационных материалов к экологическим свойствам нужно относить и те свойства, которые проявляются при контакте с человеком и окружающей средой в условиях их применения, хранения, транспортировки и заправки машин [11].

В отношении токсичности нефтяные топлива представляют меньшую опасность, чем продукты их сгорания. Углеводороды, составляющие основную массу топлив, для человека сравнительно безвредны. Наиболее токсичны ароматические, за ними следуют ненасыщенные и, наконец, насыщенные углеводороды. Особенно токсичен бензол, поэтому его содержание в бензинах должно строго нормироваться. В остаточных топливах содержится значительное количество конденсированных ароматических соединений, многие из которых обладают канцерогенными свойствами.

Выбросы вредных веществ автомобилями наносят значительный ущерб природе, поражая растения, повышая кислотность почв и т. д. Страдает и коммунальное хозяйство городов и населенных пунктов: повышенная концентрация окислителей в воздухе приводит к преждевременному разрушению металлических конструкций, железобетона, архитектурных памятников и др.[12].

Требования к дизельным топливам по назначению и их характеристики

На сегодняшний день в странах Европейского экономического сообщества с 1996 года действует Европейский стандарт EN 590[59]. Стандарт предусматривает выпуск дизельных топлив для различных климатических регионов. Общими для дизельных топлив являются требования по температуре вспышки – не ниже 55 °С, коксуемости 10%-ного остатка – не более 0,30 %, зольности – не более 0,01 %, содержанию воды – не более 200 ppm, механических примесей – не более 24 ppm, коррозии медной пластинки – класс 1, устойчивости к окислению – не более 25 г осадка/м<sup>3</sup>.

В 1996 году в Европе введены ограничения на содержание серы в дизельных топливах – не более 0,05 %. С точки зрения экологии именно сера представляет большую опасность. Доля двуоксида серы (SO<sub>2</sub>) в отработавших газах ДВС невелика по сравнению с оксидами углерода и азота и зависит от содержания серы в используемом топливе, при сгорании которого она образуется. Особенно следует отметить вклад автотранспорта с



дизельными двигателями в загрязнение атмосферы соединениями серы, так как содержание сернистых соединений в топливе относительно велико, масштабы его потребления огромны и увеличиваются с каждым годом.

По данным, приведенным авторами в [13], валовой выброс  $\text{SO}_2$  ОГ транспорта с дизельным двигателем составлял во Франции (1985 г.) 107 тыс. т в год, Канаде (1983 г.) – 126, США (1983 г.) – 900, в СССР (1967 г.) – 111 тыс. т. Однако наряду с величиной валового выброса автотранспортом  $\text{SO}_2$  существенное значение имеет уровень концентрации его в смеси ОГ, так как в основном ОГ транспортных средств поступают в атмосферу почти на уровне зоны дыхания. Как показали исследования, содержание двуоксида серы в ОГ дизельных двигателей существенно превосходит ПДК и находится в пределах 50–98 мг/м<sup>3</sup>. Повышенное содержание двуоксида серы чаще можно ожидать вблизи автотранспорта, работающего на холостом ходу, а именно на автостоянках, вблизи регулируемых перекрестков. Двуоксид серы – бесцветный газ с характерным удушливым запахом горячей серы, достаточно легко растворим в воде. В атмосфере двуоксид серы вызывает конденсацию водяных паров в виде тумана даже в условиях, когда давление паров меньше требуемого для конденсации. Растворяясь в имеющейся на растениях влаге, двуоксид серы образует кислый раствор, губительно действующий на растения. Особенно от этого страдают хвойные породы деревьев, расположенные вблизи городов.

Другим, важным с точки зрения экологических свойств, является содержание в топливе ароматических углеводородов. Для большинства товарных топлив, выпускаемых отечественной промышленностью, содержание ароматических углеводородов составляет 23-28 %. Имеющиеся колебания зависят от природы перерабатываемой нефти, компонентного состава и технологии производства топлив. В связи с экологическими требованиями массовая доля ароматических углеводородов должна быть не более 10 %.

1 июля 2006 года в России [14] введен в действие национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р52368–2005, соответствующий европейской нормали EN590:2004 «Топливо дизельное Евро. Технические условия».

Совершенствование экологических характеристик дизельных топлив связано с законом «О техническом регулировании», предусмотренного Постановлением Правительства РФ от 27 февраля 2008 г. №118 «Об утверждении технического регламента. О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» (с изменением от 25 сентября, 30 декабря 2008).

Техническим регламентом были предусмотрены четыре экологических класса топлива с последовательным улучшением экологических характеристик по нарастающей: снижение массовой доли серы мг/кг с 500 до 10 мг/кг; снижение массовой доли полициклических ароматических углеводородов с 30 до 11%; стабилизация характеристик самовоспламеняемости и низкотемпературных свойств и др. Постановлением Правительства РФ от 30 декабря 2008 года № 1076 «О внесении изменений в Постановление Правительства РФ от 27 февраля 2008 г. № 118» были определены сроки выпуска в оборот дизельного топлива в отношении:

- а) класса 2 и класса 3 – до 31 декабря 2011 года;
- б) класса 4 – до 31 декабря 2014 года;
- в) класса 5 – срок не ограничен.

Также было предусмотрено увеличение цетанового числа до 51 единицы для умеренных климатических условий и 47 единиц для холодного и арктического климата. Установлены жесткие требования по предельной температуре фильтруемости, 20 °С –для умеренных климатический условий, 38 °С –для арктического климата.

На сегодняшний день требования к дизельным топливам, аналогично как и к автомобильным бензинам, формулируются Техническим регламентом

Таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту», утвержденного Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 826.

#### Присадки к автомобильным бензинам и дизельному топливу

В настоящее время в России, как и во всем мире, широкое применение нашли топливные присадки. Присадки позволяют добиться желаемых показателей топлива и в свою очередь делятся, как по виду топлива (бензин, дизельное топливо, мазут и т.д.), так и по параметрам, которые они призваны улучшать. Раньше их использовали исключительно нефтеперерабатывающие заводы для обеспечения требуемых параметров углеводородного сырья. В настоящее же время топливные присадки активно используют и сами владельцы транспортных средств, и посредники на пути от НПЗ до конечного потребителя углеводородного топлива. При этом цели могут быть разные.

Многие видят перспективу использования дешевого прямогонного бензина, увеличив его антидетонационные характеристики антидетонаторами (октаноповышающими присадками), других – возможность небольшой корректировки требуемых параметров углеводородных топлив, как пример, понижения температуры застывания и фильтруемости ДТ летнего с помощью добавки антигелей (депрессорно-диспергирующих присадок).

Присадки предназначены для улучшения эксплуатационных свойств топлива. Большинство из них предназначено для улучшения процессов горения: они снижают токсичность продуктов сгорания. Широкое применение для автомобильных бензинов нашли присадки, повышающие детонационную стойкость, антиокислители, моющие и антиобледенительные.

Таблица 1.8 – Основные виды присадок для автомобильных бензинов

Тип и назначение присадки	Практика применения присадки
Антидетонаторы на основе ТЭС	Применение прекращено
Альтернативные антидетонаторы (повышение октанового числа низкооктановых бензинов)	Их применение было единственной возможностью быстрого перехода на неэтилированный бензин; широко применяются в настоящее время.
Моющие присадки (для поддержания в чистоте топливной аппаратуры и камеры сгорания)	В России используются не так широко, как на западе. Законодательно не регулируется обязательность их применения.

Главным назначением антидетонационных присадок, используемых для бензина, является повышения октанового числа топлива. Такими веществами могут служить парафиновые углеводороды, железосодержащий ферроцен, соединения щелочных металлов и марганца. Каждый из них имеет ряд недостатков, которые важно учитывать в ходе дальнейшей эксплуатации. К примеру, с использованием углеводородов существенно повышается уровень летучести топливной смеси. В то же время ферроцен становится причиной появления на свечах трудноудаляемого токопроводящего налёта.

Важно принимать во внимание тот факт, что использование высокооктанового бензина для работы автомобилей, оснащённых двигателем, который был разработан для низкооктанового горючего, станет причиной внепланового ремонта мотора. Потребуется замена целого ряда деталей. Но есть и положительные моменты. Именно антидетонаторы способствуют разрушению пероксидов, которые образуются при окислении углеводородов при повышении температуры во время сжатия горючего в камере сгорания.

Среди чистящих составов, активно используемых сегодня, применяются присадки для очистки системы от образующихся в ходе работы отложений. Причём предлагаются составы, предназначенные как для всей топливной системы в целом, так и для поршневых колец, камер сгорания или впускных клапанов. Также активно используются моющие присадки, которые представляют собой комбинированные препараты, которые содержат ПАВ, осушители влаги, ингибиторы коррозии.

С их использованием растворяются лаковые накопления, нагар, осадки. Все эти частицы преобразуются в мелкодисперсный туман, который сгорает после переноса с топливом в цилиндр. Важной особенностью использования моющих присадок является достаточно строгое требование в отношении их количества: при превышении дозировки более чем на 1 л/10 л двигатель не сможет завестись.

Депрессорные присадки. Для улучшения низкотемпературных свойств в дизельное топливо добавляют депрессорные присадки. Депрессорные молекулы оседают на парафиновых кристаллах и предупреждают их сращивание в агломераты размером более 3-5 мкм, удерживаемые фильтрами и приводящие к перебоям работы топливной системы. При понижении температуры, наоборот, депрессорные молекулы присадки, притягивая к себе парафины, образуют искусственные точки их кристаллизации.

Моющие и антинагарные присадки. Нагар, образующийся на стенках камеры сгорания, днище поршня, клапанах, форсунке, значительно ухудшает экологические показатели двигателя. Причиной образования нагара на деталях двигателя является в первую очередь низкое качество топлива, значительное содержание смолистых веществ, сернистых соединений, ароматических углеводородов. Добавление к топливу стабилизирующей присадки ВЭМС (ТУ 38. 40141-89), моющих присадок, способствует снижению нагарообразования в двигателе [41].

Промоторы воспламенения. Для улучшения воспламеняемости дизельного топлива к нему добавляют специальные присадки. В России к применению в топливах допущены изопропилнитрат (ИПН) и циклогексилнитрат (ЦГТГ). Эти присадки также могут входить в состав пусковых жидкостей. За рубежом используются присадки Д11-2 и Д11-3. ИПН вырабатывается Заволжским химическим заводом в соответствии с требованиями ГОСТ26295-84 и ТУ 6-14-944-73 как добавка к дизельным топливам.

## **1.6 Городские территории, характеризующиеся интенсивным движением транспорта**

Высокая интенсивность движения транспортных потоков на основных магистралях улично-дорожной сети г. Красноярска обусловлена резким ростом уровня автомобилизации. Данные анализа автомобилизации представлены в пункте 1.2.

Возникновение заторовых ситуаций на УДС г. Красноярска связано с ростом автомобилизации и, как следствие, с увеличением интенсивности и плотности движения на основных магистралях. По этим магистралям осуществляется движение маршрутного пассажирского транспорта, что в свою очередь усугубляет транспортную и экологическую проблемы.

Заторы на городских дорогах являются глобальной проблемой не только для автомобилистов, но и для всего городского населения. Данная ситуация отрицательно сказывается на общей экологической обстановке. Простаивая в пробках автомобили попусту тратят топливо и загрязняют отработавшими газами атмосферу и почву.

В работе будет предложен вариант разгрузки заторовых участков, города Красноярска, вследствие чего предполагается снижение количества вредных веществ отработавших газов.

Решение задачи снижения влияния автомобильного транспорта на уровень загрязнения атмосферы города связано с рассмотрением причин, способствующих росту негативного воздействия АТС на состояние окружающей среды и здоровье населения. При этом требуется рассмотреть как можно большее количество факторов, перечень которых устанавливаем на основании использования опыта, наблюдений, данных технической литературы.

## **1.7 Электромобили и гибридные автомобили и их использование в Красноярске**

Считается, что первый электромобиль был создан Робертом Дэвидсоном в 1838 году в Англии. Это была огромная машина с ваннами, заполненными серной кислотой, с очень маленькой скоростью.

В настоящее время электромобиль примерно может эксплуатироваться с требуемой скоростью, втрое долговечнее других машин, требует меньше ухода, потребляет сравнительно недорогую энергию, бесшумен, совершенно не загрязняет воздух.

Сложность серийного освоения электромобилей заключается в обеспечении легкими и достаточно мощными источниками электроэнергии. Электромобили, работающие от обычных аккумуляторов, малоэффективны. На сегодняшний день технология производства аккумуляторов изменилась, но принцип их действия остался таким же. Поэтому современному электромобилю требуются топливные элементы питания. В настоящее время разрабатываются водородные топливные элементы, которые так же относятся к химическим источникам тока [27].

Сложности заключаются в том, что топливо для топливных элементов необходимо производить заранее. Водород необходимо конвертировать из органического топлива (либо газифицировать уголь). При этом затрачивается энергия из традиционных источников (теплоэлектростанций, например), и намного больше, чем энергия получившегося топлива (водорода) для топливных элементов.

### **Гибридные автомобили**

Достойной альтернативой обычного автомобиля является Honda Insight третьего поколения.



Рисунок 1.9 – Электромобиль Toyota Prius второго поколения с гибридной силовой установкой

Прототип Honda Insight третьего поколения представили на Североамериканском международном автосалоне в январе 2018 года. Публичный дебют серийной версии гибридного седана состоялся в конце марта на автосалоне в Нью-Йорке. В модельном ряду Honda автомобиль расположился между Civic и Accord.

Гибридный седан построен на платформе Honda Civic десятого поколения со стойками Макферсон спереди и многорычажной подвеской сзади. Кузов Insight усилен за счёт архитектуры Advance Compatibility Engineering (ACE) с широким применением высокопрочных сталей. Капот автомобиля сделан из алюминия.

Honda Insight третьего поколения оснащается гибридной силовой установкой, в состав которой входят 1,5-литровый бензиновый двигатель, работающий по циклу Аткинсона, электромотор и блок литий-ионных аккумуляторов. Суммарная мощность – 153 лошадиные силы и 267 Н·м крутящего момента. Расход топлива в городском цикле составляет 4,28 литра на 100 километров. Используя для движения только электромотор, Insight может проехать около 1,61 километра [34].

Тема электромобилей касается не только сектора личного автотранспорта.





Рисунок 1.10 – Электробус ЛиАЗ-6274

ЛиАЗ-6274 – российский городской низкопольный электробус большого класса производства Ликинского автобусного завода. Первый полностью низкопольный электробус российского производства. Разработан на базе модели низкопольного автобуса ЛиАЗ-5292, серийно выпускаемого с 2004 года. Предназначен для крупных городов с интенсивным пассажиропотоком. По состоянию на декабрь 2019 года, выпущено 103 экземпляра, 100 из которых эксплуатируется в Москве, 1 в Тюмени, еще 2 готовятся к отправке во Владивосток. Серийное производство начато в сентябре 2018 года.

ZETTA, именно так называется электромобиль о котором пойдет речь, имеет компоновку под водителя и трех пассажиров.



Рисунок 1.11 – Отечественный электроавтомобиль ZETTA

Платформа – интеллектуальная собственность компании. Это относится к разработкам и процессам изготовления деталей. Подвеска

автомобиля – это адаптированные решения восьмого и десятого семейства Lada. Мотора как такового нет, его функцию играют асинхронные мотор-колеса собственной разработки компании. Именно их применение исключило трансмиссию, что повлияло на стоимость и массу авто лучшим образом. Энергоэффективность приближается к 82% при 1600 оборотах в минуту.

Остальные основные характеристики:

- снаряженная масса: 486-708 кг (в зависимости от емкости батареи).
- общий крутящий момент: передний привод – 1 050 Нм, полный привод – 1 750 Нм.
- максимальная скорость: 120 км/ч (ограничена контроллером).
- размер багажника: 180 литров.
- тормозная система: двухконтурная (электрические + механические), системы ABS и ESP.
- система отопления: в наличии.
- кондиционер: в наличии.
- бесключевой доступ: в наличии.

При условии масштабного производства, данный отечественный электромобиль может стать достойной альтернативой зарубежным электромобилям, так как при разработке изначально закладываются параметры использования в климатических и географических условиях нашей страны.

В Красноярске крае заметили тенденцию по увлечению горожан электрокарами. На начало 2020 года зарегистрировано более 60 автомобилей с полностью электрическим двигателем, констатировали в «Россетях Сибири». Они опираются на свою статистику электростанций, где все владельцы получают специальные карты, чтобы воспользоваться услугой.

При этом в компании отмечают, что автомобилей в крае может быть больше, ведь некоторые владельцы живут за городом и просто заряжают их от розетки дома. По данным ГИБДД, в городе на учете стоит 53

электромобиля. Вероятно, остальные могут быть просто зарегистрированы в соседних регионах.

На более чем полсотни электрокаров в Красноярске приходится шесть заправок, еще одна работает в аэропорту. Для сравнения, в Москве в ближайшее время планируется увеличить количество станций до 200.

Пока большая часть всех электрозаправочных станций в крае сосредоточены на территории Красноярска. И их всего три: ул. Шахтеров, 18/1 (АЗС «КНП»), ул. Александра Матросова, 4 (гастроном «Красный Яр»), ул. Богдада, 144 А (парковка у ж/д вокзала).

В г. Красноярске имеются достаточно сложные препятствия к круглогодичной эксплуатации электромобилей, связанные с техническими и технологическими трудностями обеспечения работоспособности автомобилей в холодный период года.

Известно, что емкость аккумуляторных батарей уменьшается на 2,5-3% на каждый градус отрицательной температуры воздуха. Для электромобилей требуются отапливаемые гаражи-стоянки, которыми пользуются менее 2% состава автопарка города. Основная масса автомобилей хранится в холодный период года на открытых площадках. Для обеспечения работоспособности батарей требуются специальные разогреватели, а при парковках на какой-то период в дневное время требуются подогреватели [20].

Приобретению электромобилей препятствует и страх остаться без электричества. Он преследует любого владельца полноценного электромобиля. Ведь инфраструктура для электромобилей недостаточно развита даже в самых развитых странах, а аккумуляторы пока далеки от совершенства.

Однако, при условии решения вопросов обеспечения работоспособности электромобилей в течение всего года снижение выброса загрязнителей воздуха окажется существенным. Необходимо оптимальное размещение зарядных станций, решить технические и технологические

моменты поддержания технического состояния аккумуляторных батарей, решить вопросы строительства крытых отапливаемых стоянок автомобилей.

Гибридные автомобили, по большей части имеют те же проблемы при эксплуатации что и полностью электрические автомобили. Нехватка отапливаемых стояночных мест, проблемы при техническом обслуживании все же не останавливают интерес общества к приобретению гибридного транспортного средства. И на сегодняшний день, по данным ГИБДД, количество автомобилей, имеющих возможность применения электродвигателя в городе Красноярске составляет 336 единиц [21].

Так как гибридные автомобили имеют возможность использования электричества, подобно электромобилям, то можно считать, что количество выбросов от гибридного транспортного средства будет меньше, чем у обычного среднестатистического автомобиля с ДВС в среднем в 2 раза, но в 2 раза больше чем при использовании электромобилей.

Подводя итог данного раздела можно сказать о том, что основным причинам, влияющим на рост загрязнения атмосферного воздуха от автотранспортных средств, следует отнести:

- рост числа автомобильного транспорта;
- плохое техническое состояние автотранспортных средств;
- значительный возраст автобусного парка;
- неоптимальная структура пассажирского транспорта;
- плохое качество топлива автомобилей;
- высокая интенсивность движения транспорта;
- недостаточные темпы обновления муниципального парка;
- низкое качество экологического контроля.

## **1.8 Постановка задач исследования**

После проведенного анализа динамики автомобилизации в городе Красноярске и динамики изменения вредных выбросов автомобильным транспортом видно, что увеличение парка автомобилей прямо влияет на

увеличение количества отработавших газов. Необходимо выяснить внесут ли существенный вклад в экологическую ситуацию города Красноярска мероприятия, рассматриваемые в работе, и спрогнозировать, насколько они могут быть эффективны.

Для изучения этого вопроса были поставлены следующие задачи:

1 Оценить и проанализировать возможность снижения количества вредных веществ отработавших газов за счет замены парка города автомобилями пятого экологического класса;

2 Оценить возможность снижения количества вредных веществ отработавших газов за счет совершенствования структуры пассажирского парка города;

3 Рассчитать снижение количества вредных веществ отработавших газов при замене части автомобилей города на электромобили и гибридные автомобили;

4 Проанализировать эффективность применения присадок к автомобильному топливу на снижение количества вредных веществ в отработавших газах;

5 Оценить с помощью специального программного обеспечения возможность снижения количества вредных веществ в отработавших газах за счет оптимизации организации дорожного движения.

## 2 Теоретический аппарат решения задач диссертации

### 2.1 Модель расчета снижения вредных выбросов при замене легковых автомобилей города на экологический класс Евро 5

Как было описано выше, общее количество выбросов вредных веществ от автомобильного транспорта в городе Красноярске за 2018 год по отчету Министерства экологии и природопользования Красноярского края составило 76,3 тыс.т.

Целесообразно провести расчет снижения количества выбросов вредных веществ с отработавшими газами за счет замены автомобилей до класса уровня Евро 5.

Для того чтобы рассчитать эффективность замены автомобилей, необходимо узнать количество выбросов вредных веществ с отработавшими газами автомобилями каждого экологического класса, в соответствии с нормативными показателями [28].

Рассчитаем общее количество выбросов по основным компонентам легковыми автомобилями, тыс.тонн.:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_{ij} / 1000 \quad (2.1)$$

где  $i=1 \dots 5$  – экологический класс автомобиля;

$j = 1 \dots 3$  – компоненты вредных веществ CO, CH, NO<sub>x</sub>;

$q_{ij}$  – количество выбросов автомобилями  $i$ -того экологического класса,  $j$ -го вещества, т.;

Для расчета выбросов основных компонентов каждого экологического класса воспользуемся формулой:

$$q_{ij} = P_i \cdot q_{ij \text{ норм}} \cdot 10^{-6} \quad (2.2)$$

где  $P_i$  – годовой пробег парка легковых автомобилей  $i$ -го экологического класса;

$q_{ij \text{ норм}}$  – нормативный показатель выбросов вредных веществ CO, CH, NO<sub>x</sub> в г/км согласно стандартам Евро для каждого экологического класса [22].

$$P_i = N_i \cdot L_i \quad (2.3)$$

где  $N_i$  – численность автомобилей города  $i$ -го экологического класса;

$L_i$  – средний годовой пробег одного легкового автомобиля  $i$ -го экологического класса, км. Данный показатель примем равным 10 000 км.

Количество выбросов вредных веществ на 1 автомобиль рассчитаем как:

$$q_{ij \text{ авт}} = (L_i \cdot q_{ij \text{ норм}}) \cdot 10^{-6} \quad (2.4)$$

Поправка  $10^{-6}$  необходима для перевода количества отработавших газов из грамм в тонны.

## **2.2 Модель расчета снижения вредных выбросов при совершенствовании структуры пассажирского парка города**

Одним из путей снижения выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта в атмосферу города Красноярска могут быть мероприятия по совершенствованию структуры городского пассажирского автопарка. К сожалению, запретительными мерами рост автопарка города нельзя ограничить ввиду отсутствия соответствующей законодательной базы. Однако администрация города может влиять на структуру своего муниципального автопарка, может создавать благоприятные условия для обновления парка коммерческих перевозчиков, поддержания технического состояния автопарка на хорошем уровне и пр.

Поэтому ниже рассмотрим эффективность в снижении выбросов от замены автобусов малого и среднего классов на автобусы большей вместимости.

Средняя протяженность маршрутов города Красноярска составляет примерно 24,4 км., при этом среднее время движения по маршруту составляет 44 минуты, среднее количество рейсов по маршруту для 1 автобуса составит 3.

Для расчета снижения вредных выбросов с отработавшими газами автомобилей токсичных веществ, при различных мероприятиях, рассчитаем средний выброс ( $\gamma$ ) загрязнителей одним среднестатистическим автомобилем в год.

$$\gamma = \frac{\beta_{18}}{P_{18}} \quad (2.5)$$

где,  $\beta_{18}$ –выбросы токсичных веществ, тыс. т(за 2018 год соответственно);  
 $P_{18}$ – численность парка автомобилей г. Красноярска, тыс. ед. (за 2018 год соответственно).

Исходя из того, что подвижной состав общественного парка работает примерно 300 дней в год получается, что на 1 ТС общественного транспорта средний выброс за 1 день составит:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{300} \quad (2.6)$$

Расчет выбросов производится по данным, предоставленным из отчетов Министерства экологии и рационального природопользования Красноярского края [16].

Замену автобусов малого и среднего классов новыми автобусами большей вместимости целесообразно произвести с учетом «возраста» автомобилей.



Для начала необходимо определить число пассажиров, перевозимое автобусами малого и среднего класса и на основании этого посчитать какое количество больших автобусов ( $N_B$ ) потребуется для перевозки этого же количества пассажиров:

$$N_B = \frac{D}{a} \quad (2.7)$$

где  $D$  – число пассажиров перевозимое суммарно малыми и средними автобусами за одну езду.

$a$  – средняя вместимость большого автобуса.

Зададимся тем, что будем заменять автобусы старше 6 лет.

Количество автобусов среднего класса, которое следует вывести из эксплуатации, найдем из уравнения:

$$D = 40 \cdot N_M + 60 \cdot N_C \quad (2.8)$$

где  $N_M$  – количество выводимых из эксплуатации автомобилей малого класса возрастом старше 6 лет;

$N_C$  – количество выводимых из эксплуатации автомобилей среднего класса возрастом старше 6 лет;

Количество выбросов автобусами большого класса при их вводе в эксплуатацию за год:

$$q_{\text{бол}} = \gamma_d \cdot \frac{D}{a} \cdot 3 \cdot 300 = \gamma_d \cdot N_B \quad (2.9)$$

где  $\gamma_d$  – среднее значение годового выброса загрязнителей одного среднестатистического автомобиля, тыс. т/тыс. автомобилей,

$N_B$  – количество автобусов большого класса, планируемого для обновления.

Количество выбросов автобусами малого и среднего классов, выводимых из эксплуатации:

$$q_{m+c} = \gamma_d \cdot N_{mc} \cdot 3 \cdot 300 = \gamma_d \cdot (N_m + N_c) \quad (2.10)$$

где,  $N_{mc}$  – сумма автобусов среднего и малого класса, которые подлежат выводу из эксплуатации в связи с заменой на большие.

Сокращения выбросов при замене автобусов малого и среднего классов автобусами большого класса составит:

$$\Delta = q_{m+c} - q_{бол} \quad (2.11)$$

### **2.3 Применение электромобилей и гибридных автомобилей**

На настоящий момент ввод в эксплуатацию хотя бы 2% электромобилей могут обеспечить снижение выброса загрязнителей воздуха в количестве:

$$Q_s = \gamma \cdot N \cdot 0,02\% \quad (2.12)$$

где,  $\gamma$  – средний годовой выброс загрязнителей одного среднестатистического автомобиля, тыс. т/тыс. автомобилей,

$N$  – общее количество ТС всех экологических классов, исключая прицепы и полуприцепы.

Ссылаясь на [58] можно сказать о том, что выброс гибридных автомобилей в среднем в 2 раза меньше чем обычным автомобилем.

Соответственно годовой выброс среднестатистического гибридного автомобиля составит:

$$\gamma_r = \gamma/2 \quad (2.13)$$

Тогда при замене все тех же 2-х процентов автомобилей города мы сможем получить снижение количества вредных веществ отработавших газов равное:

$$Q_r = \gamma_r \cdot N \cdot 0,02 \quad (2.14)$$

#### **2.4 Модель расчета снижения вредных выбросов при использовании присадок к моторному топливу для снижения количества вредных веществ отработавших газов автомобильного транспорта**

Большинство производителей присадок указывают на то, что добавление к топливу определенных присадок может снизить образование оксида углерода, углеводородов, альдегидов, сажи.

С целью улучшения эксплуатационных и экологических свойств автомобильных бензинов в их состав вводят моющие и многофункциональные присадки. Применение этих присадок, по словам производителей, снижает содержание в отработавших газах СО на 10-20%, несгоревших углеводородов – на 5-10% и вредных летучих соединений – на 13-17%.

Примерный расчет снижения количества вредных веществ отработавших газов при использовании присадок будет иметь следующий общий вид:

$$Q_{пр} = \sum_{i=1}^n q_{ij} \cdot 15/100 \quad (2.15)$$

где  $i=1 \dots 5$  – экологический класс автомобиля;

$j = 1 \dots 3$  – компоненты СО, СН, NO<sub>x</sub>

$q_{ij}$  – количество выбросов автомобилями  $i$ -того экологического класса,  $j$ -го вещества, т.;

Снижение количества вредных веществ отработавших газов в данном случае составит:

$$\Delta = Q - Q_{\text{пр}} \quad (2.16)$$

где  $Q$  – общее количество вредных выбросов по основным компонентам легковыми автомобилями, рассчитанные по формуле 2.2, тыс.тонн.

## **2.5 Модель расчета снижения вредных выбросов при моделирование разгрузки заторовых участков города с помощью программы Эколог 3.0**

С помощью моделирования расчетов программы Эколог 3.0 [29] спрогнозируем как изменится ситуация с количеством отработавших газов (по основным компонентам) в час-пик.

Выброс загрязняющего вещества на перегоне рассчитывается алгоритмом программы следующим образом:

$$M_l = (L - L_0) / 3600 \cdot \text{Sum} (M_k \cdot G_k \cdot r_v) \quad (2.17)$$

где  $L_0$  – длина очереди на перекрестке, учитывается для каждого направления; равняется 0, если нет расчета по перекресткам;

$M_k$  – пробеговой выброс загрязняющего вещества;

Примечание:  $r_v=1$  при расчете выброса оксидов азота если скорость не превышает 80 км/ч

Выброс загрязняющего вещества на перекрестке:

$$M_n = T \cdot P / 40 \cdot \text{Sum} (M_{nk} / 60 \cdot G_k) \quad (2.18)$$

где,  $M_{nk}$  – выброс загрязняющего вещества в зоне перекрестка, г/мин; деление на 60 производится для приведения г/мин в г/сек.

### 3 Методики экспериментальных исследований

#### 3.1 Методика получения статистических данных по автомобильному парку города Красноярск

Данные о количестве автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов к ним, состоящих на учете в Красноярском крае были получены с официального сайта Госавтоинспекции МВД России (stat.gibdd.ru).

Обратившись к данному сайту, в разделе «Показатели состояния безопасности дорожного движения» была запрошена выгрузка данных с указанием всех необходимых параметров из доступных. Общий вид сайта ГИБДД представлен на рисунке 3.1.

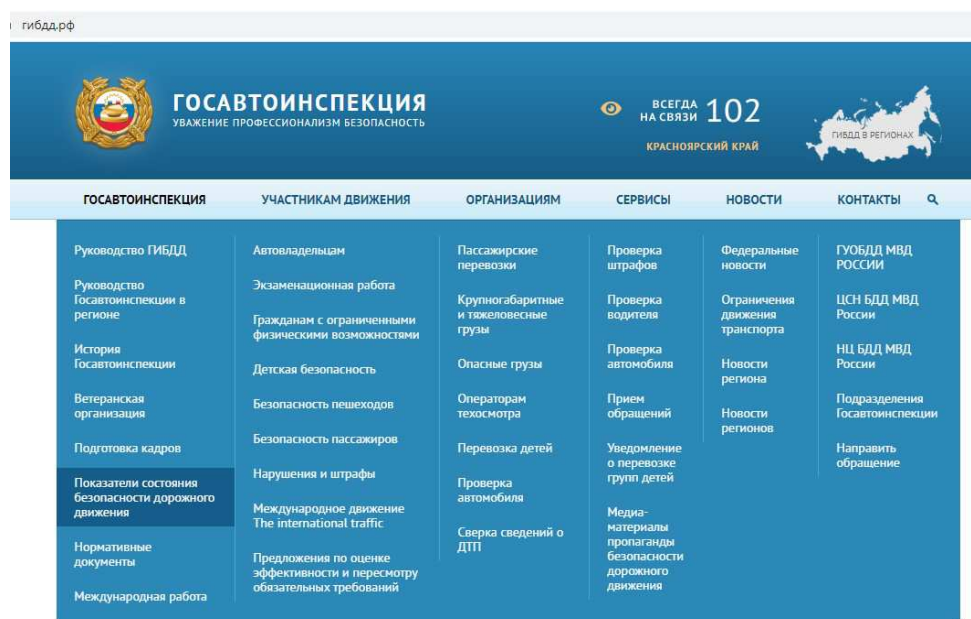


Рисунок 3.1 – Сайт Госавтоинспекции

Далее необходимо выбрать нужный период времени, т.е интересующий год, с количеством зарегистрированных транспортных средств. И обязательно нужно отметить, что выгрузить необходимо только 3 раздел учета (рисунок 3.3), так как именно там находится информация о всех зарегистрированных транспортных средствах региона.

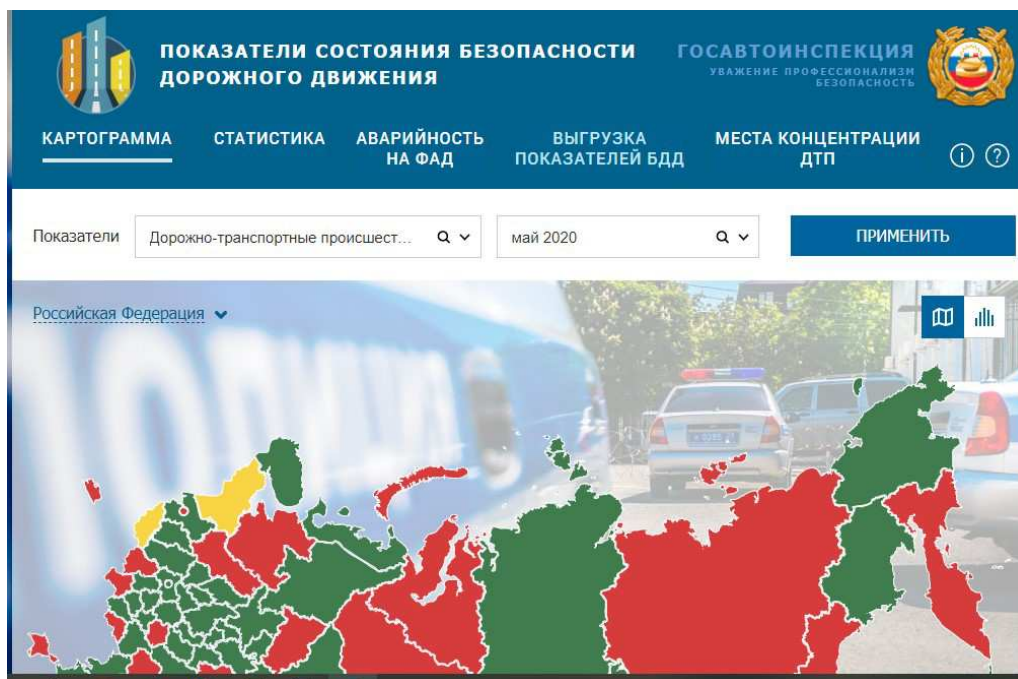


Рисунок 3.2 – Выгрузка данных с сайта

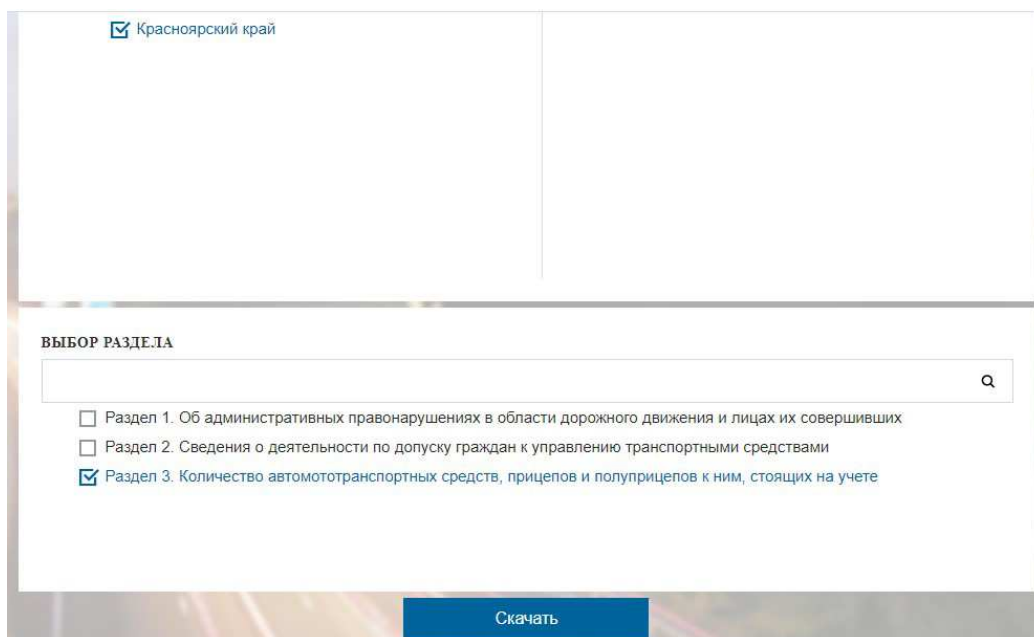


Рисунок 3.3 – Выбор параметров для выгрузки данных

Предоставленные данные находятся в таблице Excel и разбиты на определенные группы в зависимости от типа транспортного средства года выпуска и т.д.

Раздел 3. Количество автомототранспортных средств, прицепов и полуприцепов к ним, стоящих на учете

560	0	3	1	9	1	2			
код формы	раздел		год		период				код ОВД

		Красноярский край							
		Код строки	Всего транспортных средств	В том числе находящихся в собственности				из них в собственности	
				физических лиц	индивидуальных предпринимателей	юридических лиц	из них в собственности		
							федеральной, субъектов Российской Федерации и муниципальной	иностранной	
А		Б	1	2	3	4	5	6	
из них	с года выпуска которых прошло от 1 до 3 лет включительно	19	8 003	6 503	0	1 500	301	0	
	с года выпуска которых прошло от 3 до 5 лет включительно	20	645	644	0	1	0	1	
	с года выпуска которых прошло от 5 до 10 лет включительно	21	51	47	0	4	4	0	
	с года выпуска которых прошло от 10 до 15 лет включительно	22	5	0	0	5	5	0	
	с года выпуска которых прошло свыше 15 лет	23	36 851	0	0	2	2	0	
	изготовленные в единичном экземпляре	24	474	452	0	22	0	0	

Рисунок 3.4 – Общий вид таблицы данных сайта Госавтоинспекции

Из выгруженных данных для начала отбираем только те данные, которые дают информацию о легковых автомобилях. А именно: общее количество транспортных средств данной категории и количество автомобилей по возрастам (рисунок 3.5).

Раздел 3. Количество автомототранспортных средств, прицепов и полуприцепов к ним, стоящих на учете

560	0	3	1	8	1	2			
код формы	раздел		год		период				код ОВД

		Красноярский край							
		Код строки	Всего транспортных средств	В том числе находящихся в собственности				из них в собственности	
				физических лиц	индивидуальных предпринимателей	юридических лиц	из них в собственности		
							федеральной, субъектов Российской Федерации и муниципальной	иностранной	
А		Б	1	2	3	4	5	6	
из них	в том числе	с года выпуска которых прошло от 1 до 3 лет	56	4072	3734	0	338	109	0
		с года выпуска которых прошло от 3 до 5 лет	57	349	329	0	0	0	0
		с года выпуска которых прошло от 5 до 10 лет включительно	58	15	12	0	0	0	0
		с года выпуска которых прошло от 10 до 15 лет включительно	59	0	0	0	0	0	0
		с года выпуска которых прошло	60	35836	0	0	0	0	0

Рисунок 3.5 – Отбор данных для легковых автомобилей

Далее переносим данные по количеству ТС каждого временного промежутка в таблицу для дальнейших расчетов (рисунок 3.6).

Зная общее количество транспортных средств города Красноярска, необходимо просчитать количество автомобилей, принадлежащих к категории легковых, грузовых, автобусов, прицепом, полуприцепов и мототранспортных средств. Для этого нужно определить процентное соотношение каждой категории в Красноярском крае.

При помощи применения статистических мероприятий, доступных в пакете программы Excel, построим примерную возрастную структуру автомобилей города. Результаты нахождения представлены в таблице 4.1.

Красноярский край		Красноярск	
Всего автотранспортных средств		1149007	591278
Легковые		880489	449371
до 1 года	40	46725	23847
1-3		71324	36401
3-5		84911	43336
5-10		149795	76450
10-15	22	195332 евро 4	99691 евро 4
>15	38	332402 евро 3 и н	169646 евро 3 и ниже
Грузовые		133622	70953
до 1 года		4330	2299
1-3		9747	5176
3-5	34	11539	6127
5-10		19198	10194
10-15	10	13813 евро 4	7335 евро 4
>15	56	74995 евро 3 и н	39822 евро 3 и ниже
Автобусы		14253	6714
до 1 года		797	375
1-3		1185	558
3-5		1552	731
5-10	54	4201	1979
10-15	15	2133 евро 4	1005 евро 4
>15	31	4385 евро 3 и н	2066 евро 3 и ниже
Мототранспортные средства		29630	17738
до 1 года		161	96

Рисунок 3.6 – Процесс расчета возрастной структуры парка города

Идентичным образом необходимо просчитать грузовые автомобили, а так же автобусы города Красноярска.

По результатам расчетов возраста автомобилей, ссылаясь на годы принятия нормативов Евро, нетрудно посчитать, что количество автомобилей Евро 0 составит 29358, Евро 1 – 40227, Евро 2 – 56049, Евро 3 – 81899, Евро 4 – 112031, Евро 5 – 210474.

### 3.2 Методика получения статистических данных по муниципальному парку города Красноярска

Данные по парку муниципального автомобильного транспорта были запрошены в Департаменте транспорта Администрации города Красноярска.



Информация была представлена общим списком, который включал в себя весь перечень транспортных средств, задействованных в перевозке пассажиров по регулярным городским маршрутам. В перечне присутствовали как муниципальные так и частные перевозчики.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Гос. номер	Регион	Модель	Класс ТС	Год выпуска	Экологический класс	Низкопольный/полупольный	Аппарель	№ маршрута	Перевозчик	Тип используемого топлива	
26	У373ОА124	124	МАЗ 203068	большой	2013	4	да	да	2	ИП ГАЛЧЕНКОВА Е.А.	дизель
27	У469ОА124	124	МАЗ 203068	большой	2013	4	да	да	2	ИП ГАЛЧЕНКОВА Е.А.	дизель
28	У654НВ124	124	МАЗ 203069	большой	2014	5	да	да	2	ИП ГАЛЧЕНКОВА Е.А.	дизель
29	С493ОМ124	124	МАЗ 103469	большой	2013	5	да	да	2	ИП ГАЛЧЕНКОВА Е.А.	дизель
30	С517ОМ124	124	МАЗ 103469	большой	2013	5	да	да	2	ИП ГАЛЧЕНКОВА Е.А.	дизель
31	О827ОМ124	124	МАЗ 103469	большой	2013	5	да	да	2	ИП ГАЛЧЕНКОВА Е.А.	дизель
32	О890СМ124	124	МАЗ 103469	большой	2013	4	да	да	2	ИП ГАЛЧЕНКОВА Е.А.	дизель
33	В2300В124	124	ПАЗ 320412-04	средний	2018	5			2	ИП КВАЛНУТЕЛЬ ООО "СТК"	дизель
34	Е016НС124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
35	С054НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
36	С056НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
37	С058НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
38	С062НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
39	С063НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
40	С076НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
41	С077НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
42	С078НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
43	С082НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
44	С271НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
45	С273НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
46	С287НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
47	Т051НР124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель
48	Т054НВ124	124	ПАЗ 320412-05	средний	2017	4			3	ИП СИДОРОВ ООО "СКАД"	дизель

Рисунок 3.7 – Общий парк общественного транспорта города

Методом сортировки и отбора подвижной состав был распределен на автобусы большой малой и средней вместимости, результаты сортировки и отбора представлены в таблице 4.5, данные из которой будут применяться для расчетов. Далее были отобраны лишь те автобусы, которые принадлежат муниципалитету.

### 3.3 Методика получения данных для расчета замены автомобилей электромобилями и гибридными автомобилями в городе Красноярске

Информация по количеству автомобилей не имеющих электродвигатели была получена аналогично алгоритму, представленному в пункте 3.1.

Для этого из выгруженных данных с сайта ГИБДД были отобраны автотранспортные средства зарегистрированные на территории

Красноярского края не имеющие возможности использования электроэнергии в качестве топлива.

Раздел 3. Количество автомототранспортных средств, прицепов и полуприцепов к ним, стоящих на учете

560		0	3	1	9	1	2		
код формы		раздел		год		период		код ОВД	
<b>Красноярский край</b>									
В том числе находящихся в собственности									
из них в собственности									
		Код строки	Всего транспортных средств	физических лиц	индивидуальных предпринимателей	юридических лиц	федеральной, субъектов Российской Федерации и муниципальной		иностранной
		А	Б	1	2	3	4	5	6
из них	компримированного природного газа	34	9	6	0	3	0	0	
	сжиженного природного газа	35	69 962	51 906	0	18 056	2 506	15	
	Из строки 1, имеющие возможность использования сжиженного углеводородного (нефтяного) газа в качестве моторного топлива	36	0	0	0	0	0	0	
	Из строки 1, имеющие возможность использования электродвигателей	37	355	355	0	0	0	0	
	из них с гибридной силовой установкой	38	316	316	0	0	0	0	

Рисунок 3.8 – Отбор и сортировка данных по автомобилям не имеющим возможность использования электродвигателя

Данные сайта ГИБДД подтвердились информацией компании «Россети Сибири», которые опираются на свою статистику электрозарядных станций.

Данные показали, что из общекраевого количества электромобилей, непосредственно на город Красноярск приходится чуть более 50 штук. По информации «Россети Сибири» на начало 2020 года их было 53 единицы, остальные ТС не имеют возможности использования полностью электрических двигателей. Гибридных автомобилей оказалось больше, их численность составила 336 единиц, находящихся непосредственно в городе Красноярске.

### 3.4 Методика получения данных для расчета снижения количества вредных веществ отработавших газов автомобилей при использовании присадок к моторному топливу

Для расчета снижения количества вредных веществ отработавших газов автомобилей при использовании присадок потребуются лишь данные о количестве транспортных средств и их экологических классах. Данная информация будет взята из расчетов, представленных в пункте 3.1 и 4.1.

В пункте 4.1 будет представлен расчет количества вредных веществ в отработавших газах после замены автомобилей на более поздний экологический класс, данные по этому количеству и будут применены для расчета снижения дополнительно за счет присадок.

### **3.5 Методика расчета снижения выбросов автомобильного транспорта, путем разгрузки заторовых участков с помощью программного обеспечения Эколог 3.0**

Как уже было описано в пункте 1.6, в городе возникают заторовые ситуации из-за большого количества транспортных средств, в частности из-за транспорта личного пользования.

Автомобили стоя в пробках работают на холостом ходу и впустую тратят топливо, выбрасывая значительное количество отработавших газов в атмосферу города.

С помощью статистических данных по интенсивности движения транспортных средств и моделирования расчетов программы Эколог 3.0 [29] спрогнозируем как изменится ситуация с количеством вредных веществ отработавших газов автомобильного транспорта (по основным компонентам) в час-пик на примере исторического центра города Красноярска, а именно на трех участках:

- ул.Ленина (перегон Сурикова-Вейнбаума) – протяженность участка составляет 315 метров;
- ул.Мира (перегон Сурикова-Вейнбаума) – протяженность участка составляет 315 м.;
- ул.Карла Маркса (перегон Вейнбаума-Сурикова) протяженность участка составляет 316 м.

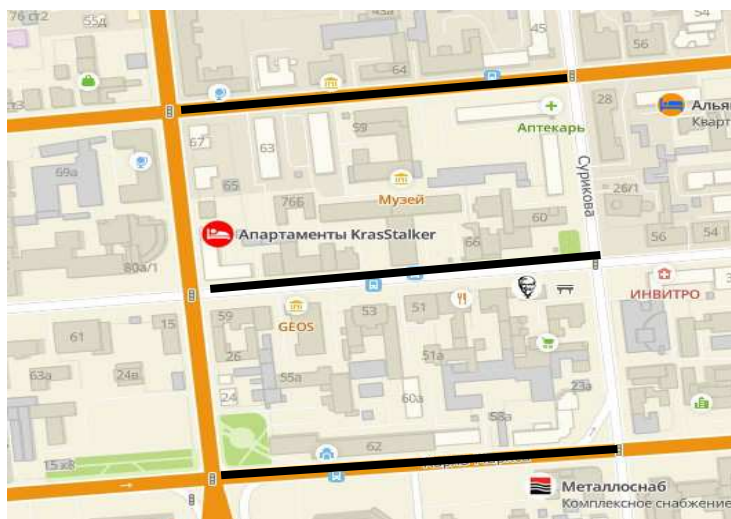


Рисунок 3.9 – Участки исторического центра города для расчетов снижения отработавших газов

Результаты расчета выбросов загрязняющих веществ автотранспортом с использованием ПО «Эколог» Первым шагом для проведения расчетов будет создание объекта и участка, который будет анализироваться программой [33].

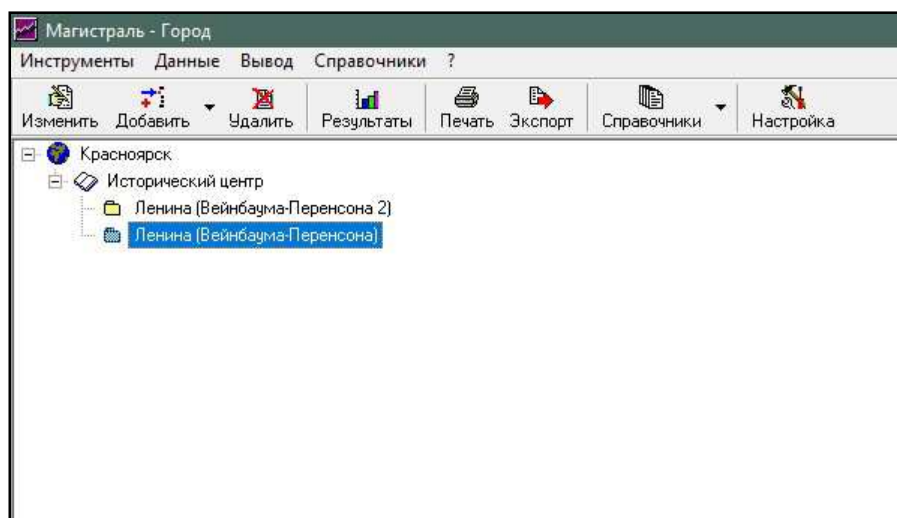


Рисунок 3.10 – Выбор объекта и участка, анализируемого ПО «Эколог»

На втором этапе задаются координаты участка и его средняя ширина выбранного для исследования участка (рисунок 3.11).

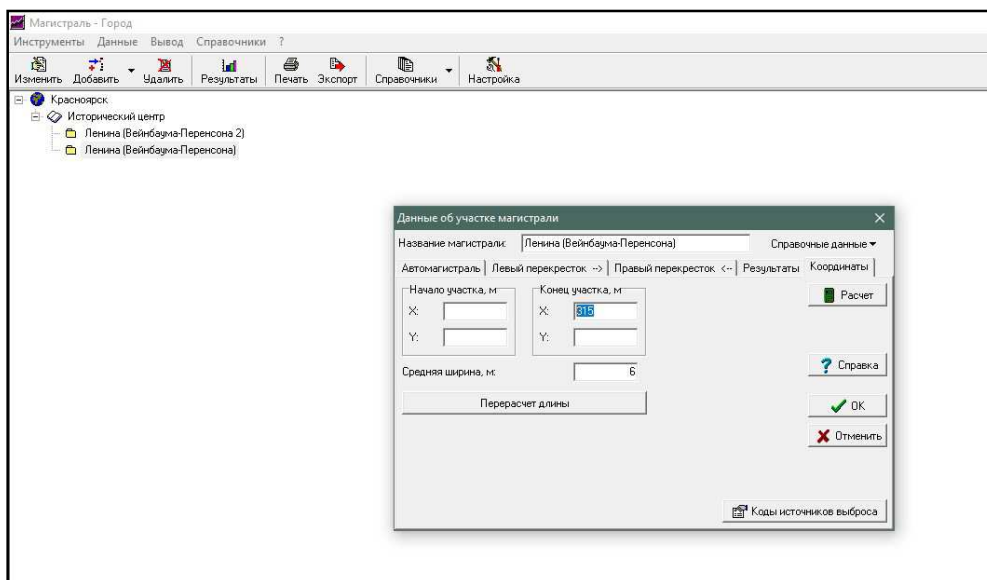


Рисунок 3.11 – Данные об участке магистрали

Третьим этапом является подсчет транспортных средств различных видов в левом и правом направлении на выбранном участке. Для этого выбранный маршрут необходимо разбить на перегоны и определить количество перекрестков, на которых будет производиться подсчет транспортного потока. Так как нашей задачей является спрогнозировать снижение количества отработавших газов за счет разгрузки заторовых участков, то определение усредненного количества выброшенных веществ будет производиться при текущем транспортном потоке и при условии уменьшения количества легковых автомобилей за счет замены его на общественный транспорт большой вместимости. Расчет выбросов на перегонах будет производиться в двух вариантах: в первом варианте рассчитаем выбросы при текущем транспортном потоке для каждого перегона, во втором – с учетом замены части легковых автомобилей автобусами.

После подсчета программой Эколог 3.0 результаты необходимо представить в виде валовых выбросов тыс.тонн/год. Для этого нужно произвести перевод данных, исходя из того, что  $1 \text{ г/с} = 31,563 \text{ т/год}$ .

## 4 Результаты исследования

### 4.1 Расчет возможного снижения количества вредных веществ отработавших газов за счет замены легковых автомобилей на экологический класс Евро 5

Парк легковых автомобилей составляет 76% от общего числа автомобилей города. Чтобы произвести расчет эффективности обновления легковых автомобилей на класс Евро 5, определена численность автомобилей в городе по каждому классу. Данные расчетов представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Возрастная структура парка автомобилей города Красноярск

Транспортные средства	Количество на 2018 год	Количество на 2019 год
<b>Легковые</b>	<b>432097</b>	<b>449371</b>
до 1 года	21605	23847
1-3	34568	36401
3-5	43210	43336
5-10	73456	76450
10-15	95061	99691
>15	164197	169646
<b>Грузовые</b>	<b>66085</b>	<b>70953</b>
до 1 года	1983	5299
1-3	4626	5176
3-5	5948	6127
5-10	9252	10194
10-15	7269	11335
>15	37008	32822
<b>Автобусы</b>	<b>6777</b>	<b>6714</b>
до 1 года	339	375
1-3	542	558
3-5	745	731
5-10	2033	1979
10-15	1017	1005
>15	2101	2066
<b>Мототранспортные средства</b>	<b>15753</b>	<b>17738</b>
до 1 года	158	96
1-3	473	481
3-5	315	283
5-10	473	480
10-15	630	784
>15	13705	15613
<b>Прицепы и полуприцепы</b>	<b>45753</b>	<b>46502</b>

Численность легковых автомобилей города каждого экологического класса Красноярска за 2019 год получена из распределения парка города по возрасту (таблица 4.1) автомобилей и представлена в таблице 4.2 и на диаграмме 4.1

Таблица 4.2 – Численность автомобилей каждого экологического класса

	Евро 0	Евро 1	Евро 2	Евро 3	Евро 4	Евро 5	Всего
Легковые	22742	32561	46419	67924	99691	180034	449371
Грузовые	6135	7159	9111	13417	11335	26796	70953
Автобусы	481	507	519	558	1005	3644	6714

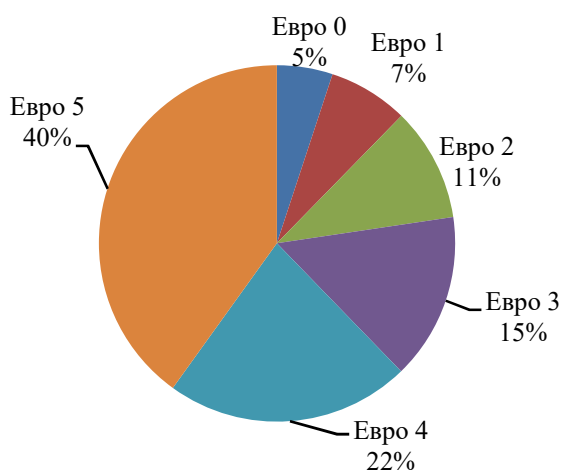


Рисунок 4.1 – Процентное соотношение легковых автомобилей

Исходя из данных таблицы 4.2 и диаграммы 4.1, мы можем заменить 60% легковых автомобилей города на экологический класс Евро 5.

Рассчитаем общее количество выбросов по основным компонентам легковыми автомобилями класса Евро 0. Общее число автомобилей класса Евро 0 по полученным данным, составляет 22742 автомобиля. Найдем общий годовой пробег парка легковых автомобилей (задавшись средним годовым пробегом 10000 км) по формуле 2.3:

$$P_0 = 22742 \cdot 10\,000 = 227\,410\,000 \text{ км/год}$$

Выброс основных компонентов составит для парка легковых автомобилей класса Евро 0 составит.:

$$q_{0(\text{CO})} = 227\,420\,000 \cdot 3,4 \cdot 10^{-6} = 773,2 \text{ т/год или } 0,7732 \text{ тыс. т/год}$$

$$q_{0(\text{CH})} = 227\,420\,000 \cdot 3,35 \cdot 10^{-6} = 761,8 \text{ т/год или } 0,7618 \text{ тыс. т/год}$$

$$q_{0(\text{NOx})} = 227\,420\,000 \cdot 12,4 \cdot 10^{-6} = 2774,5 \text{ т/год или } 2,774 \text{ тыс. т/год}$$

Количество выбросов на 1 автомобиль, каждого из компонентов составит:

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 3,4 \cdot 10^{-6} = 0,034 \text{ т.}$$

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 3,35 \cdot 10^{-6} = 0,035 \text{ т.}$$

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 12,2 \cdot 10^{-6} = 0,122 \text{ т.}$$

Суммарное количество основных загрязняющих веществ, выбрасываемое легковыми автомобилями класса Евро 0 составит тыс.т:

$$Q = 0,773 + 0,7618 + 2,774 = 4,309 \text{ тыс.т/год}$$

Рассчитаем общее количество выбросов по основным компонентам легковыми автомобилями класса Евро 5. Общее число автомобилей класса Евро 0 по полученным данным, составляет 180034 автомобиля. Найдем общий годовой пробег парка автомобилей по формуле 2.3:

$$P_5 = 180\,034 \cdot 10\,000 = 1\,800\,340\,000 \text{ км/год}$$

Выброс основных компонентов составит для парка автомобилей класса Евро 5 составит:

$$q_{5(\text{CO})} = 1\,800\,340\,000 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 180,3 \text{ т/год или } 0,1803 \text{ тыс. т/год}$$

$$q_{5(\text{CH})} = 1\,800\,340\,000 \cdot 0,013 \cdot 10^{-6} = 23,4 \text{ т/год или } 0,023 \text{ тыс. т/год}$$

$$q_{5(\text{NOx})} = 1\,800\,340\,000 \cdot 0,08 \cdot 10^{-6} = 144 \text{ т/год или } 0,144 \text{ тыс. т/год}$$



Количество выбросов на 1 автомобиль, каждого из компонентов составит т.:

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 0,001 \text{ т.}$$

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 0,013 \cdot 10^{-6} = 0,00013 \text{ т.}$$

$$q_{\text{авт}} = 10\,000 \cdot 0,08 \cdot 10^{-6} = 0,0008 \text{ т.}$$

Суммарное количество основных загрязняющих веществ, выбрасываемое легковыми автомобилями класса Евро 0 составит тыс.т:

$$Q = 0,1803 + 0,023 + 0,144 = 0,3473 \text{ тыс.т/год}$$

Аналогичным образом просчитаем количество основных компонентов отработавших газов для автомобилей остальных экологических классов. Данные расчетов приведены в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Количество выбросов до замены, тыс.тонн

Компонент	Евро 0 до замены	Евро 1 до замены	Евро 2 до замены	Евро 3 до замены	Евро 4 до замены	Евро 5 до замены	ИТОГО
СО	0,7732	0,8856	0,4641	0,4347	0,4984	0,1803	3,2363
СН	0,7618	0,2344	0,1346	0,1222	0,0897	0,023	1,3657
Нох	2,774	0,3158	0,2831	0,3396	0,2492	0,144	4,1057
Итого	4,309	1,4358	0,8818	0,8965	0,8373	0,3473	8,7077

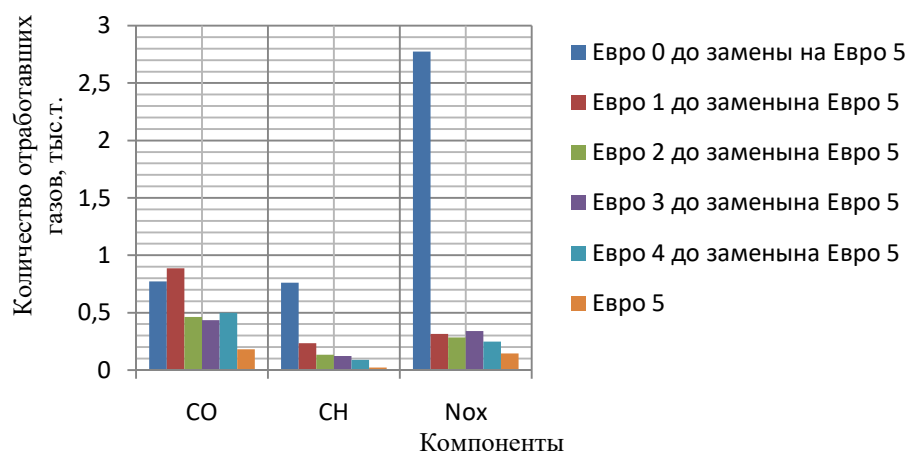


Рисунок 4.2 – Количество выбросов до замены автомобилей

Для расчета сокращения количества вредных выбросов при замене автомобилей на класс Евро 5 рассчитаем выбросы автомобилями Евро 0, 1, 2, 3, и 4 при показателях на 1 автомобиль Евро 5.

Евро 0 на Евро 5

$$q_{0-5(CO)} = 227\,420\,000 \cdot 0,001 = 22,7 \text{ т/год или } 0,0227 \text{ тыс. т/год}$$

$$q_{0-5(CH)} = 227\,420\,000 \cdot 0,0013 = 2,95 \text{ т/год или } 0,0029 \text{ тыс. т/год}$$

$$q_{0-5(NOx)} = 227\,420\,000 \cdot 0,0008 = 18 \text{ т/год или } 0,018 \text{ тыс. т/год}$$

После замены суммарное количество основных загрязняющих веществ, выбрасываемое легковыми автомобилями класса Евро 0 составит:

$$Q = 0,0227 + 0,0029 + 0,018 = 0,044 \text{ тыс.т/год}$$

То есть сокращение выброса вредных веществ составит 0,3023 тыс.тонн/год.

Аналогичным образом рассчитывается сокращение для экологических классов Евро 1, 2, 3 и 4. Результаты расчетов выбросов после замены представлены в таблице 4.4

Таблица 4.4 – Количество выбросов после замены, тыс.тонн

Компонент	Евро 0 после замены	Евро 1 после замены	Евро 2 после замены	Евро 3 после замены	Евро 4 после замены	Евро 5 после замены	ИТОГО
CO	0,0227	0,0325	0,0464	0,0679	0,0996	0,1800	0,4493
CH	0,0029	0,0042	0,0060	0,0089	0,0128	0,0234	0,0584
Nox	0,0181	0,0260	0,0371	0,0543	0,0797	0,1440	0,3594
Итого	0,0438	0,0628	0,0895	0,1310	0,1924	0,3474	0,8672

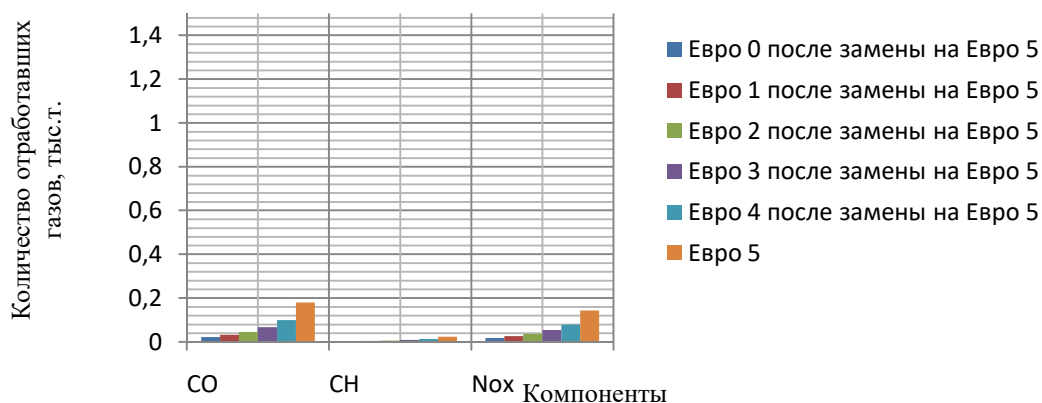


Рисунок 4.3 – Количество выбросов после замены автомобилей

Общее количество сокращения вредных выбросов по основным компонентам составит 6,84 тыс.тонн/год.

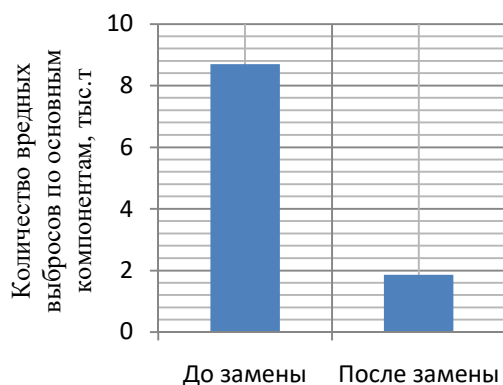


Рисунок 4.4 – Диаграмма сокращения количества вредных выбросов

Замена автомобилей на класс Евро 5, подразумевает покупку новых автомобилей. С экономической точки зрения это очень большие затраты со стороны владельцев автомобилей. На сегодняшний день перспективная замена возможна в двух случаях: если будет поддержка государства в покупке автомобилей, ведь государство как никто иной заинтересовано в решении экологических проблем, а так же если дилерские центры начнут активно развивать так называемую программу «Трейд-ин». Благодаря этому пользователи старых автомобилей смогут купить новый автомобиль, не за полную его стоимость, а доплатив недостающие средства, сдав свою старую модель.

Опираясь на статистику аналитического агентства Автостат, средневзвешенная цена нового легкового автомобиля в России в январе-апреле 2020 года составляет 1,6 млн руб. При этом средняя стоимость иномарки выросла до 1,9 млн руб., а отечественного автомобиля – до 698 тыс. руб.

#### 4.2 Оценка эффективности замены автобусов малого и среднего классов на автобусы большей вместимости

Замену автобусов малого и среднего классов новыми автобусами большей вместимости целесообразно произвести с учетом «возраста» автомобилей (см. таблицу 4.5).

Для расчета снижения выбросов с отработавшими газами автомобилей токсичных веществ, при различных мероприятиях, рассчитаем средний выброс ( $\gamma$ ) загрязнителей одним среднестатистическим автомобилем в год и средний выброс ( $\gamma_d$ ) загрязнителей одним среднестатистическим автомобилем в день. Данные для расчета, то есть количество выбросов тыс.т и количество автомобилей тыс., возьмем за 2018 год.

$$\gamma = \frac{76,3}{504,959} = 0,151 \text{ т/год} = 151 \text{ кг/год}$$

$$\gamma_d = \frac{151}{300} = 0,0005 \text{ т/день} = 0,5 \text{ кг/день}$$

Таблица 4.5 – Структура автобусного парка по сроку службы

Группа по сроку службы, лет	Парк всего		Малый класс		Средний класс		Большой класс	
	Кол-во	Уд. вес, %	Кол-во	Уд. вес, %	Кол-во	Уд. вес, %	Кол-во	Уд. вес, %
0–3	205	17,3	19	30,6	156	32,4	30	4,6
3–6	101	8,5	12	19,3	75	15,6	14	2,1
6-10	472	39,7	5	8,1	210	43,6	257	39,9
10–15	374	31,5	24	38,7	34	7,1	316	49,1
>15	35	3	2	3,3	6	1,3	27	4,3
ИТОГО	1187	100,0	62	100,0	481	100,0	644	100,0

При расчетах примем вместимость автобусов:

- малого класса – 40 пассажиров;
- среднего класса – 60 пассажиров;
- большого класса – 80 пассажиров.

Количество автобусов большого класса, которое следует ввести в эксплуатацию составит 203 единица. Эта цифра получена из расчета того, что в идеале будут убраны все автомобили малого и среднего класса старше 6 лет.

Количество пассажиров перевезенное автобусами малого и среднего класса старше 6 лет за один рейс:

$$D = 1\,240 + 15\,000 = 16\,240 \text{ ед.}$$

Общее количество пассажиров составляет 16 240 шт.

Количество автобусов, которое может перевезти данное число пассажиров при условии ввода в эксплуатацию новых автобусов большого класса:

$$N_{\text{б}} = 16\,240 / 80 = 203 \text{ автобуса}$$

При этом потребуется вывести из эксплуатации:

автобусов малого класса – 31 (50% – см. таблицу 4.5);

автобусы среднего класса – 250 (51,9% – см. таблицу 4.5)

Расчет сокращения выбросов при замене автобусов малого и среднего классов автобусами большого класса.

Количество выбросов автобусами большого класса при их вводе в эксплуатацию согласно формуле 2.9 составит:

$$q_{\text{бол}} = 0,0005 \cdot 203 \cdot 3 \cdot 300 = 91 \text{ т/год} = 0,091 \text{ тыс.т/год}$$

Количество выбросов автобусами малого и среднего классов, выводимых из эксплуатации по расчетам формулы 2.10 будет равняться:

$$q_{\text{м+с}} = 0,0005 \cdot (31 + 250) \cdot 3 \cdot 300 = 126,4 \text{ т/год} = 0,1264 \text{ тыс.т/год}$$

Сокращения выбросов при замене автобусов малого и среднего классов автобусами большого класса составит т.:

$$\Delta = 126,4 - 91 = 35,4 \text{ т/год} = 0,035 \text{ тыс.т.}$$

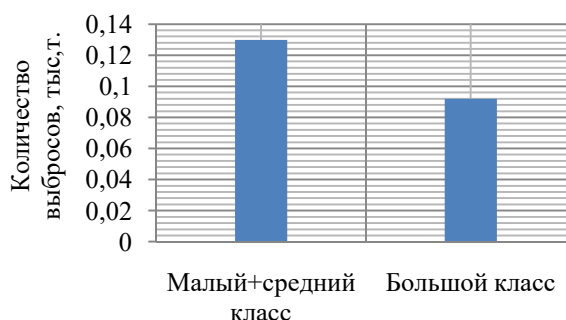


Рисунок 4.5– Снижение количества вредных веществ отработавших газов при замене малых и средних автобусов большими

По результатам расчетов сокращение выбросов токсичных веществ, при замене автобусов малого и среднего классов автобусами большого класса, за год составит в среднем, примерно 0,035 тыс.тонн/год.

### 4.3 Перспективы снижения количества вредных веществ отработавших газов за счет электромобилей и гибридных автомобилей

На настоящий момент ввод в эксплуатацию хотя бы 2% электромобилей, согласно формуле 2.12, могут обеспечить снижение выброса загрязнителей воздуха в количестве:

$$Q_3 = 0,151 \cdot 527\,038 \cdot 0,02 = 1\,591 \text{ тонн} = 1,59 \text{ тыс. т.}$$

Как видно из приведенного выше расчета, при замене 2 % автомобилей (10541 из общего числа зарегистрированных автомобилей) электромобилями,

количество выбросов можно будет сократить на 1,59 тыс.т., что составит 2,08% от общего количества выбросов города.

Соответственно годовой выброс среднестатистического гибридного автомобиля составит 0,0755 тонн/тыс.авт.

Тогда при замене все тех же 2-х процентов автомобилей города мы сможем получить снижение количества вредных веществ отработавших газов равное, тыс.т:

$$Q_r = 0,0755 \cdot 527\,038 \cdot 0,02 = 795 \text{ т} = 0,795 \text{ тыс. т.}$$

Исходя из того, что годовой выброс автотранспортными средствами в Красноярске за 2018 год составляет 76,3 тыс.тонн, замена автомобилей гибридами, для снижения на 0,795 тыс.тонн (1,04%) является целесообразной.

#### **4.4 Использование присадок для снижения количества вредных веществ отработавших газов автомобилей**

Предположим, по расчетам пункта 3.1 была произведена замена всех автомобилей класса ниже Евро 5 на класс Евро 5, соответственно.

Результаты расчетов количества выбросов после замены на автомобили Евро 5, тыс.тонн для каждого экологического класса автомобилей представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Количество выбросов автомобилями после полной замены на экологический класс Евро 5.

Экологический класс автомобиля	Количество выбросов после замены на автомобили Евро 5, тыс.тонн
автомобили Евро 0 после замены на Евро 5	0,043892
автомобили Евро 1 после замены на Евро 5	0,062843
автомобили Евро 2 после замены на Евро 5	0,089589
автомобили Евро 3 после замены на Евро 5	0,131093
автомобили Евро 4 после замены на Евро 5	0,192404
автомобили Евро	0,3474
Итого	0,8672

После замены, с применением присадок, уменьшающих количество вредных веществ в отработавших газав на 15% по формуле 2.15 получим, тыс.т:

$$Q_{\text{пр}} = 0,8672 - 0,13008 = 0,7312 \text{ тыс.т}$$

Таким образом, при эффективности снижения количества вредных веществ отработавших газав, при использовании присадок мы получим следующее значение разницы:

$$\Delta = 0,8672 - 0,7312 = 0,13 \text{ тыс.т, что соответствует снижению на 15\%.$$

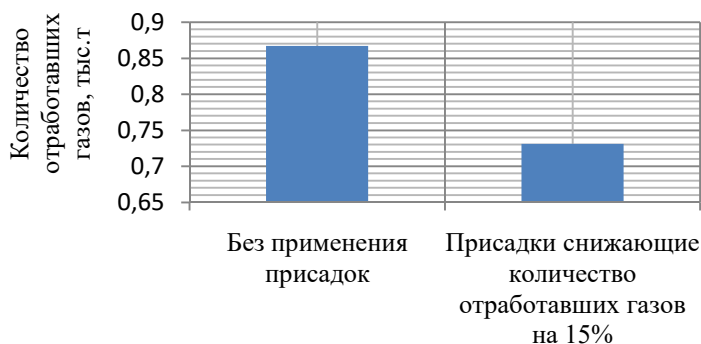


Рисунок 4.6 – Сравнение количества вредных веществ отработавших газав без применения присадок и при теоретическом снижении на 15% при их применении

Соответственно, при заявленных качествах присадки, количество вредных веществ отработавших газав может быть снижено на 0,13 тыс.тонн за 1 год.

#### **4.5 Расчет снижения выбросов автомобильного транспорта, путем разгрузки заторовых участков с помощью программного обеспечения Эколог 3.0**

Произведем расчеты для первого перегона ул.Ленина (перегон Сурикова-Вейнбаума). Для этого нам потребуются данные по участку, которые были получены методом наблюдения и фиксации в час-пик.



Таблица 4.7– Данные по первому участку в час-пик

Транспортное средство	Интенсивность транспортного потока, количество авто/ч.
Легковые автомобили	3571
Грузовые автомобили до 3,5 т.	34
Автобусы дизельные (бензиновые)	409 (136)
Итого	4050

Таблица 4.8 – Расчет выбросов автотранспорта при текущем транспортном потоке

Данные о выбросах на участке	
Название вещества	Выброс, г/с
Оксид углерода:	3,509913
Общий выброс оксидов азота:	0,47761083
Монооксид азота:	0,06208941
Диоксид азота:	0,38208867
Углеводороды, бензин:	0,38599037
Углеводороды, керосин:	0,12184792
Сажа:	0,00562375
Диоксид серы:	0,0385381
Соединения свинца:	0,00299214
Формальдегид:	0,00686239
Бенз(а)пирен:	0,00000041

При замене легковых автомобилей на автобусы большой вместимости, при условии, что один большой автобус сможет заменить 80 легковых автомобилей (вместимость большого автобуса для работы принята в пункте 4.2) мы сможем количеством автобусов равным 10 получить следующее количество вредных веществ отработавших газов:

Таблица 4.9 – Расчет выбросов автотранспорта при прогнозируемом транспортном потоке

Данные о выбросах на участке	
Название вещества	Выброс, г/с
Оксид углерода:	3,09446133
Общий выброс оксидов азота:	0,42098833
Монооксид азота:	0,05472848
Диоксид азота:	0,33679067
Углеводороды, бензин:	0,34843453
Углеводороды, керосин:	0,12184792
Сажа:	0,00562375
Диоксид серы:	0,03704576
Соединения свинца:	0,00245718
Формальдегид:	0,00672746
Бенз(а)пирен:	0,00000037

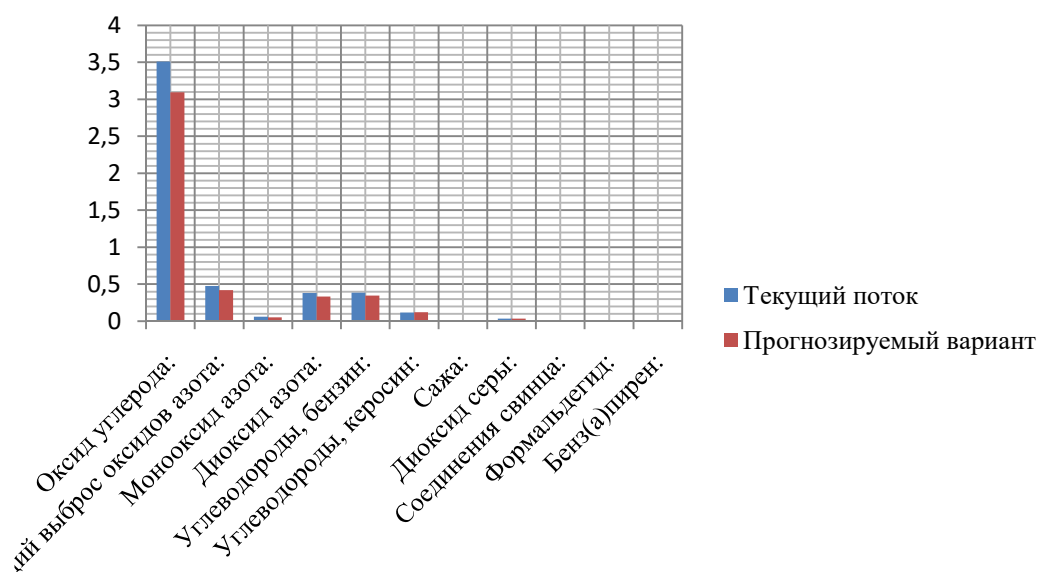


Рисунок 4.7– Сравнение суммарных выбросов вредных веществ на перегоне

Как видно из данных таблиц 4.8 и 4.9, а так же сравнительного графика, суммарное количество вредных веществ отработавших газов

уменьшается, при замене личного транспорта на автобусы большой вместимости.

Аналогичным образом произведем расчеты для второго участка ул.Мира (перегон Сурикова-Вейнбаума).

Таблица 4.10 – Данные по интенсивности на втором участке в час-пик

Транспортное средство	Интенсивность транспортного потока, количество авто/ч.	
	Правое направление	Левое направление
Легковые автомобили	1828	1369
Грузовые автомобили до 3,5 т.	12	7
Автобусы (бензиновые)                      дизельные	207 (161)	164 (157)
Итого	2208	1697

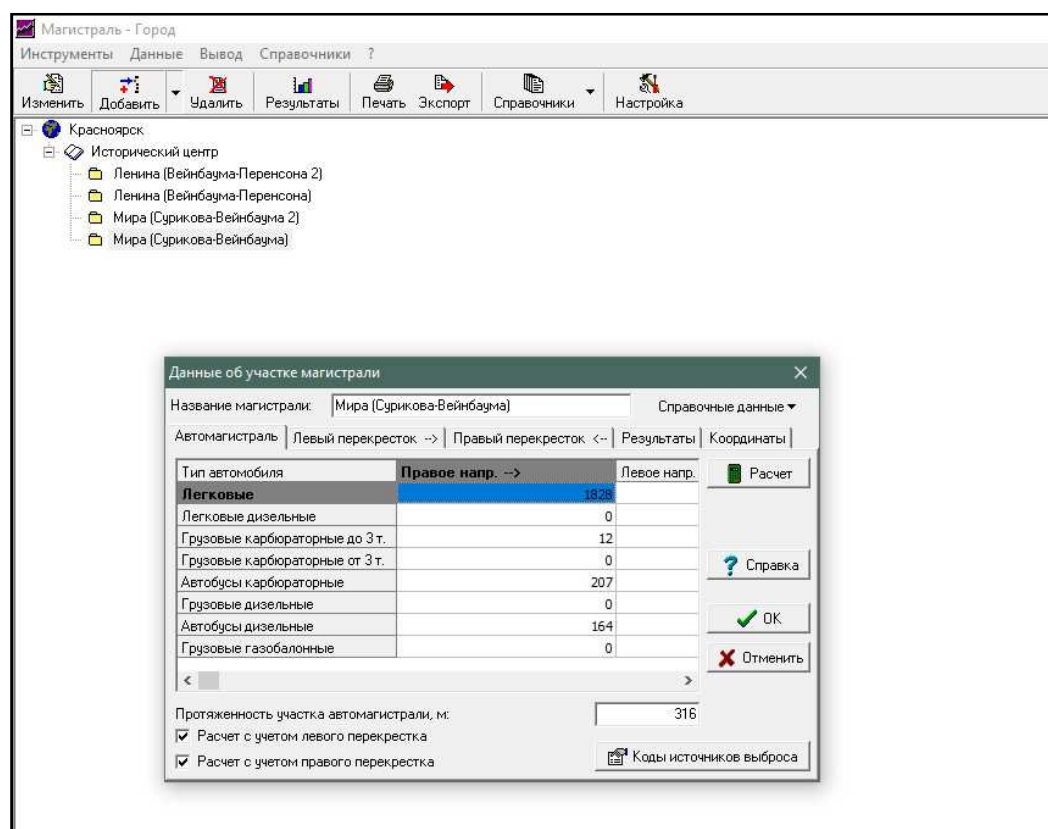


Рисунок 4.8 – Внесение данных по участку в программу для расчета

Данные вносятся так же как и по предыдущему участку, за исключением того, что улица мира позволяет движение в левом и правом направлении.

Таблица 4.11 – Расчет выбросов автотранспорта при текущем транспортном потоке

Данные о выбросах на участке	
Название вещества	Выброс, г/с
Оксид углерода:	4,69205929
Общий выброс оксидов азота:	0,505126
Монооксид азота:	0,06566638
Диоксид азота:	0,4041008
Углеводороды, бензин:	0,51859603
Диоксид серы:	0,01605178
Соединения свинца:	0,00469206
Формальдегид:	0,0014817
Бенз(а)пирен:	0,00000042

При замене легковых автомобилей на автобусы большой вместимости, при условии, что один большой автобус сможет заменить 80 легковых автомобилей (вместимость большого автобуса для работы принята в пункте 4.2) мы сможем количеством автобусов равным 10 получить на втором участке следующее количество вредных веществ отработавших газов:

Таблица 4.12 – Расчет выбросов автотранспорта при прогнозируемом транспортном потоке

Данные о выбросах на участке	
Название вещества	Выброс, г/с
Оксид углерода:	2,34382818
Общий выброс оксидов азота:	0,252326
Монооксид азота:	0,03280238
Диоксид азота:	0,2018608
Углеводороды, бензин:	0,25905469
Диоксид серы:	0,00801836
Соединения свинца:	0,00234383
Формальдегид:	0,00074016
Бенз(а)пирен:	0,00000021

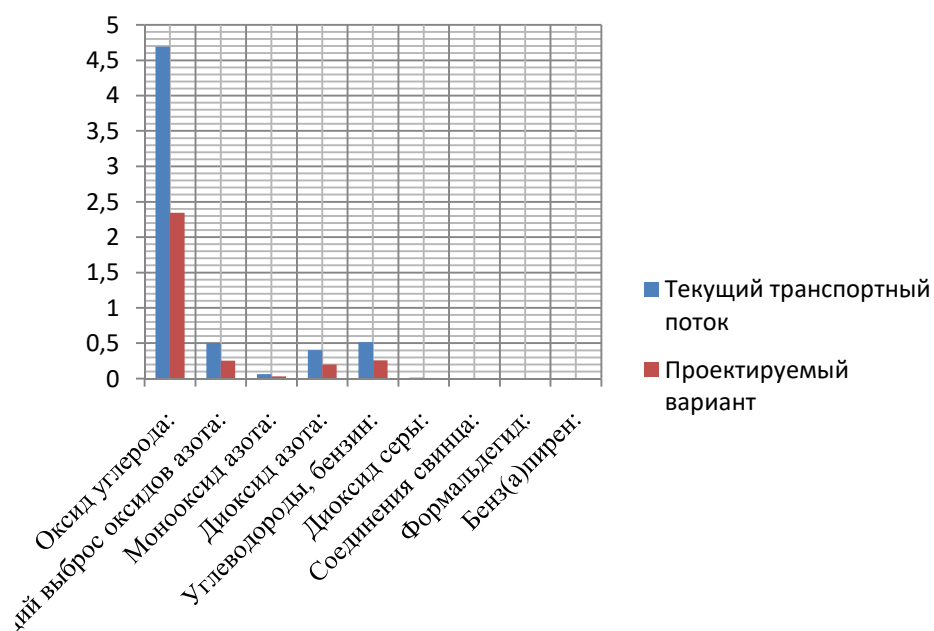


Рисунок 4.9– Сравнение суммарных выбросов вредных веществ на участке ул.Мира (перегон Сурикова-Вейнбаума)

Как видно из данных таблиц 4.11 и 4.12, а так же сравнительного графика, суммарное количество вредных веществ отработавших газов уменьшается, при замене личного транспорта на автобусы большой вместимости.

Проследим, как изменится ситуация с количеством вредных веществ отработавших газов на третьем участке исторического центра города Красноярска.

Таблица 4.13 – Данные по интенсивности на третьем участке в час-пик

Транспортное средство	Интенсивность транспортного потока, количество авто/ч.
Легковые автомобили	3716
Грузовые автомобили до 3,5 т.	56
Автобусы дизельные (бензиновые)	172 (310)
Итого	4254

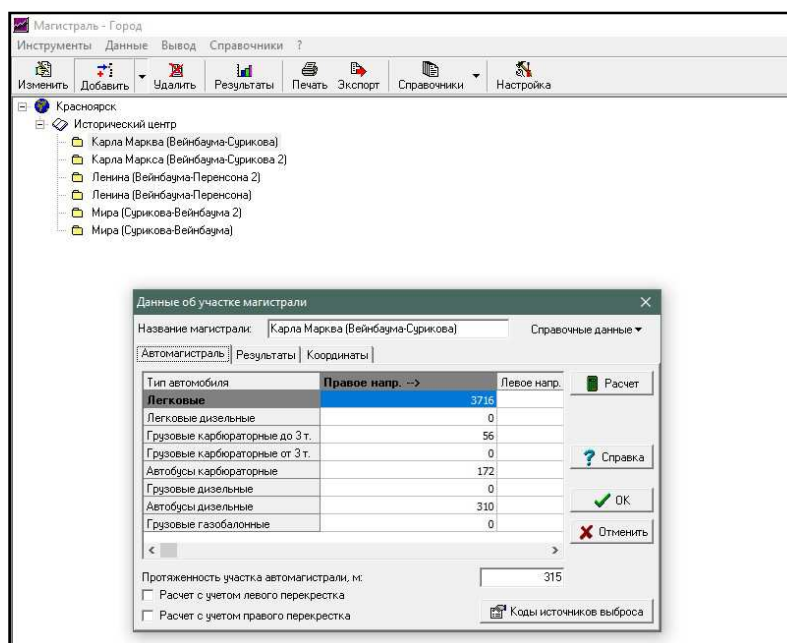


Рисунок 4.10 – Внесение данных для расчета количества вредных веществ отработавших газов на участке ул.Карла Маркса

Данные вносятся так же как и по первому участку (ул.Ленина) при условии что движение на улице Карла Маркса так же одностороннее.

Таблица 4.14 – Расчет выбросов автотранспорта при текущем транспортном потоке

Данные о выбросах на участке	
Название вещества	Выброс, г/с
Оксид углерода:	7,484148
Общий выброс оксидов азота:	0,896245
Монооксид азота:	0,11651185
Диоксид азота:	0,716996
Углеводороды, бензин:	0,8588972
Углеводороды, керосин:	0,1763125
Сажа:	0,0081375
Диоксид серы:	0,06372583
Соединения свинца:	0,00618096
Формальдегид:	0,01067504
Бенз(а)пирен:	0,00000079

При замене легковых автомобилей на автобусы большой вместимости, при условии, что один большой автобус сможет заменить 80 легковых автомобилей (вместимость большого автобуса для работы принята в пункте 4.2) мы сможем количеством автобусов равным 10 получить на третьем участке следующее количество вредных веществ отработавших газов:

Таблица 4.15 – Расчет выбросов автотранспорта при прогнозируемом транспортном потоке

Данные о выбросах на участке	
Название вещества	Выброс, г/с
Оксид углерода:	6,400611
Общий выброс оксидов азота:	0,77504
Монооксид азота:	0,1007552
Диоксид азота:	0,620032
Углеводороды, бензин:	0,7414239
Углеводороды, керосин:	0,1763125
Сажа:	0,0081375
Диоксид серы:	0,06000684
Соединения свинца:	0,0050479
Формальдегид:	0,01033215
Бенз(а)пирен:	0,00000069

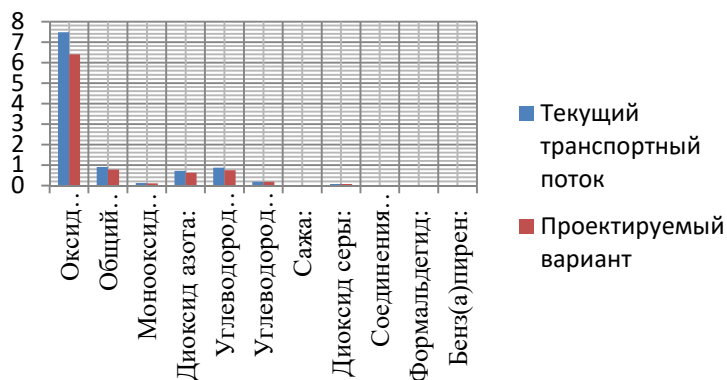


Рисунок 4.11 – Сравнение суммарных выбросов вредных веществ на участке ул.Карла Маркса (перегон Вейнбаума-Сурикова)

Как показали расчеты программы Эколог 3.0, при замене 2400 автомобилей на 30 автобусов большой вместимости суммарное количество вредных веществ отработавших газов сократится на 23,7%, что отчетливо видно на графике 4.12.



Рисунок 4.12 – Суммарное сокращение количества вредных веществ отработавших газов на 3-х участках исторического центра города Красноярска

Сокращение количества вредных веществ отработавших газов, проектируемого варианта в сравнении с текущим, согласно расчетам программы Эколог 3.0 составит 5,111 г/с. Исходя из того, что 1 г/с = 31,536 т/год получим, что сокращение на данном участке УДС составит 161,148 т/год или 0,161 тыс.т/год.

Отчеты всех расчетов, произведенных в программе Эколог 3.0 представлены в Приложении А.



## Вывод

По результатам расчетов данной работы были получены данные по снижению выбросов вредных веществ автомобильного транспорта за счет применения разных мероприятий. Данные расчетов сведены в таблицу 4.16 и представлены на графике 4.13.

Таблица 4.16 – Результаты расчета эффективности снижения выбросов вредных веществ

Мероприятие	Прогнозируемое снижение количества вредных выбросов отработавших газов тыс.т/год	Прогнозируемое снижение количества вредных выбросов отработавших газов, %
Замена легковых автомобилей на экологический класс Евро 5	6,84	8,9%
Замена автобусов малого и среднего класса на автобусы большей вместимости	0,035	0,04%
Внедрение электромобилей и гибридных автомобилей	2,39	3,02%
Применение присадок, снижающих количество вредных выбросов отработавших газов	0,13	0,2%
Разгрузка заторовых участков	0,161	0,23%

- Замена легковых автомобилей на экологический класс Евро 5
- Замена автобусов малого и среднего класса на автобусы большей вместимости
- Внедрение электромобилей и гибридных автомобилей
- Применение присадок, снижающих количество вредных выбросов отработавших газов
- Разгрузка заторовых участков

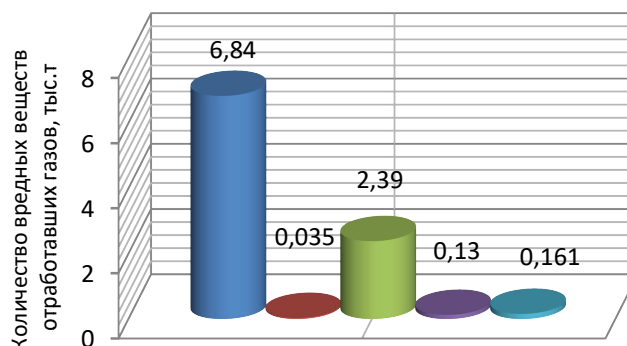


Рисунок 4.13 –График эффективности снижения количества вредных веществ отработавших газов, каждым из предложенных методов

## Заключение

В данной выпускной работе был проведен обзор по теме исследования, изучены показатели автомобилизации и проанализированы данные о количестве отработавших газов автомобильного транспорта, попавших в атмосферу за рассматриваемый период.

По результатам обзора было выявлено, что доля автомобильного транспорта в общем количестве загрязняющих веществ города Красноярска составляет 41,3 % или 76,3 тыс. тонн.

Расчетно-аналитическим путем выполнен прогноз эффективности мероприятий, направленных на снижение количества вредных выбросов автомобильного транспорта.

Было выявлено, что при замене автомобилей города с экологического класса ЕВРО – ЕВРО 4 на высший экологический класс, применяемый в РФ – Евро-5, количество вредных выбросов автомобильного транспорта сократится на 6,84 тыс.тонны в год, что составляет почти 9% от общего объема выбросов.

Совершенствование структуры пассажирского транспорта, в частности обновление автобусного парка города и замена автобусов малого и среднего класса на большие, позволит сократить количество вредных выбросов на 0,035 тыс.тонн в год.

Применение электромобилей и гибридных автомобилей так же является перспективным мероприятием. При замене 2% автомобилей города на автомобили с полностью электрическими установками обеспечит снижение количества вредных выбросов на 2,385 тыс.т/год от общего числа выбросов передвижных источников.

Проведенный при помощи ПО Эколог 3.0 расчет сокращения количества вредных веществ с отработавшими газами автомобильного транспорта вследствие разгрузки заторовых участков показал, что при сокращении транспортного потока легковых автомобилей на выбранных в

работе участках УДС, уменьшение числа вредных веществ отработавших газов составит 0,161 тыс.тонн/год в сравнении с текущим транспортным потоком.

Все мероприятия, предложенные в работе, способны как комплексно, так и по отдельности снизить негативное влияние автомобильного транспорта на экологию крупного города. Применив комплексно все предложенные методы, за один календарный год удастся сократить количество выбросов вредных веществ отработавших газов автомобильного транспорта на 12,39%. Наиболее эффективным мероприятием будет являться замена легковых автомобилей на экологический класс Евро 5, при этом количество выбросов вредных веществ отработавших газов сократится на 8,9%, что соответствует снижению на 6,84 тыс.тонн в год.

## Список сокращений

ТЫС – тысяч

Т – тонна

км/ч – километров в час

м/с – метров в секунду

г/км – грамм на километр

ТЫС.Т – тысяч тонн

км – километр

м – метр

шт – штук

млн – миллион

ТО и Р – техническое обслуживание и ремонт

ПО – программное обеспечение

ул – улица

уд.вес – удельный вес

ТС – транспортное средство

## Список используемых источников

- 1 Анализ современного состояния транспорта – Электронный ресурс. Режим доступа: [http://www.yaragrovuz.ru/images/Vestnik\\_APK/16-1/82-87\\_1\\_2016.pdf](http://www.yaragrovuz.ru/images/Vestnik_APK/16-1/82-87_1_2016.pdf)
- 2 Мишарин А.С. Актуализация транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года [Текст] / А.С. Мишарин, О.В. Евсеев // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 2 (45). – С. 4.
- 3 Федеральная служба государственной статистики – Электронный ресурс. Режим доступа: [www.gks.ru](http://www.gks.ru) – ГАИ
- 4 Луканин В.Н., Буслаев А.П., Трофименко Ю.В и др. Автотранспортные потоки и окружающая среда: Учебное пособие для вузов. М.: ИНФРА-М, 2006 – 408 с.
- 5 Константинов А.П. Экология и здоровье: опасности мифические и реальные // Экология и жизнь № 8, 2012 г., с. 90 - 91.
- 6 Иванов, Н.И. Проблема повышенного шумового воздействия на населения РФ / Н.И. Иванов // Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Россия, Санкт-Петербург, 21–22 марта 2015 г.) / Под ред. д. т. н., проф. Н.И. Иванова, д. м. н., проф. К.Б. Фридмана – Санкт-Петербург: Балт. гос. техн. ун-т, изд-во ИННОВА, 2015. – С. 17-26.
- 7 Корчагин, В.А. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: учеб. пособие / В. А. Корчагин, Д. И. Ушаков; под ред. В.А. Корчагина. – Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2008. – 62 с.
- 8 Бакатин, Ю.П. Экология : учеб. пособие / Ю. П. Бакатин. – М. : ООО «Техполиграфцентр», 2008. – 256 с.
- 9 Лиханов, В.А. Экологическая безопасность: учеб. пособие / В. А. Лиханов, О. П. Лопатин. – Киров: Изд-во Вятской ГСХА, 2006, 2008. – 126 с.
- 10 Якубович, И.А. Нормативы по защите окружающей среды: учеб. пособие / И. А. Якубович. – Магадан: Изд-во СВГУ, 2013. – 89 с.

11 Захаров, Е.А. Экологические проблемы автомобильного транспорта: учеб. пособие / Е.А. Захаров, С.Н. Шумский. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. – 120 с.

12 Жуков, В.И. Оценка воздействия транспортно-дорожного комплекса на окружающую среду: учеб. пособие / В. И. Жуков, Л.Н. Горбунова, С. В. Севастьянов. – Красноярск : Изд-во Сиб. федер. ун-та, 2012. Т.1. – 486 с., Т. 2-297 с.

13 Вклад автотранспорта с дизельными двигателями в загрязнение атмосферы соединениями серы / Е.Н. Семенюк, А.В. Оглоблин, М.Ю. Прокофьев и др. // Гигиена и санитария. – 1991. – № 9. – С. 20-21.

14 Экологические свойства автомобильных эксплуатационных материалов учеб. пособие / А. И. Грушевский, А. С. Кашура, И. М. Блянкинштейн, Е. С. Воеводин, А. М. Асхабов. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2015. – 220 с.

15 Присадки для двигателя автомобиля: как использовать, какие бывают, польза и вред. – Электронный ресурс. Режим доступа: Источник: <https://okeydrive.ru/prisadki-dlya-dvigatelya-avtomobilya-kak-ispolzovat-kakie-byvayut-polza-i-vred/>

16 Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2018 году».

17 Распоряжение Росприроднадзора от 01.11.2013 №6-р «Об утверждении Порядка организации работ по оценке выбросов от отдельных видов передвижных источников» <http://www.krassecology.ru/Data.pdf>

18 Отчет о выполнении государственного контракта № 36/2011 от 26.04.2011 года на тему: разработка программы по снижению выбросов от автотранспорта в городах края (г. Красноярск)

19 Сборник научных трудов международной конференции «Проблемы безопасности транспортного пространства» / ЛГТУ и ДЭГИ. Липецк, 1998. – 60 с.

20 Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов, 4-е изд., перераб. И дополн. / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов и др. – М.: Наука, 2001 – 535 с.

21 Официальный сайт Госавтоинспекции [Электронный ресурс] – режим доступа : <https://xn--90adear.xn--p1ai/r/24>

22 Экологическая безопасность автомобилей с двигателями внутреннего сгорания: Монография/ В.Ф. Кутенев, Б.В. Кисуленко. Ю.В. Шюте. – Москва 2009, 253 стр.

23 Аналитическое агентство «Автостат» (официальный сайт) [Электронный ресурс] – режим доступа : <https://www.autostat.ru/>

24 Состояние окружающей среды на территории Красноярского края за 1 квартал 2018 года/ ФГБУ Среднесибирское УГМС (краткий обзор). – Красноярск 2018, 17 стр.

25 Распоряжение Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 01.11.2013 № 6-р «Об утверждении порядка организации работ по оценке выбросов от отдельных видов передвижных источников»

26 Красноярск онлайн [Электронный ресурс]: Пересечение пр. Комсомольский – ул. 9 Мая – Режим доступа: <https://ngs24.ru/news/more/53581021/>;

27 Кашкаров А.М : Современные электромобили. Устройство, отличия, выбор для российских дорог. – МДК-Пресс, 2018 г.92 стр.

28 Кутенев В.Ф., Кисуленко Б.В., Шюте Ю.В. «Экологическая безопасность автомобилей с двигателями внутреннего сгорания» : Монография, Москва – 2009г.

29 Пупышева Е.В. Синхронизация программных пакетов "Магистраль город 3.0" и УРЗА "Эколог 3.0" и применение их в исследовании участка крупной магистрали / Е.В. Пупышева, С.А Султанов // Молодежный научно-технический вестник.– 2015. – №10. – С. 20-30.;

30 Стандарт организации. СТО 4.2072014. Красноярск. 2014. – 60 с.;

31 Ставникова Л.В. Оценка воздействия основных компонентов выбросов разных типов автотранспорта на здоровье населения г. Красноярск / Л.В. Ставникова, Р.А. Степень // Вестник КрасГАУ. – 2010. – №5. – С. 49.;

32 Обобщенные данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников (автотранспорта и железнодорожного транспорта) в разрезе городов, субъектов, федеральных округов Российской Федерации. – Режим доступа: <http://rpn.gov.ru/opendata/7703381225-transport.>;

33 Магистраль-город [Электронный ресурс] Интеграл. Все для экологов. – Режим доступа: <https://integral.ru.>;

34 Трескова Ю. В. Электромобили и экология. Перспективы использования электромобилей / Ю. В. Трескова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 12 (116). – С. 563-565.

35 Методы анализа загрязнений воздуха. / Другов Ю.С., Беликов А.Б., Дьякова Г.А., Тульчинский В.М. М.: Химия, 1994. 200 с.

36. Варшавский И.Л., Малов Р.В. Как обезвредить отработавшие газы автомобиля. М.: Транспорт., 2008,- 234 с.

37 Гигиенические критерии состояния окружающей среды: Доклад 13: Окись углерода// ВОЗ. Женева, 131 с.

38 Черненко В., Денисов В. Еще раз о вредных компонентах отработавших газов, // Автомобильный транспорт. 2006. -№ 6 С. 35-37.

39 Семенов Н.Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности (свободные радикалы и цепные реакции). М., 2008, 250 с.

40 Зельдович Я.Б., Садовников П.Я., Франк-Каменецкий Д.А. Окисление азота при горении. М. –Л., 2014.

41 Петровская А.С. Исследование качества и экологической безопасности топлив и смазочных масел – Челябинск: ЮУрГУ, ЕТ-244, 2017. – 103 с/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа:



[https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/17067/2017\\_244\\_petrovska jaas.pdf?isAllowed=y&sequence=1?isAllowed=y&sequence=1](https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/17067/2017_244_petrovska jaas.pdf?isAllowed=y&sequence=1?isAllowed=y&sequence=1)

42 Fleming R.D., Allsup I.R., French T.R., Eccleston D.E. Propane as an engine fuel for clean air requirements. "J. Air. Poll. Contr. Ass.", 1972, v.6, p.451.

43 Dimitriades B., Wesson T.C. Reactivities of exhaust aldehydes. "J. Air. Poll. Contr. Ass.", 2016, v.1,p.33.

44 Корчагин В.А., Филоненко Ю.Я. Экологические аспекты автотранспорта. – М.: МНЭПУ. 2007, 280 с.

45 Аксенов И.Я., Аксенов В.И. Транспорт и охрана окружающей среды. М.: Транспорт, 2004,130 с.

46 Скубневская Г.И. Определение химического состава продуктов, возникающих при фотохимическом смогообразовании. в сб.: М-ды анализа объектов окруж. среды. - Новосибирск.: Наука. Сиб. отд-ние, 1988, С. 5-36.

47 Хватов В Ф. Контроль загрязнения атмосферы автотранспортом в Центральном районе Санкт - Петербурга СПб, 2007 - 30с.

48 Волкодаева М В , Полуэктова М М, Хватов В Ф. К вопросу о введении в действие на территории РФ международных экологических стандартов «Евро-3» с точки зрения качества атмосферного воздуха (на примере г Санкт -Петербурга) Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе М, 2007.- С 28-42.

49 Хватов В Ф-, Потапов А И, Цыплакова Е Г Анализ воздействия автотранспорта на окружающую среду Ежегодное открытое собрание-конференция СПб, 02-06.07 2007г, Научное и кадровое обеспечение развития транспортного комплекса Безопасность на транспорте СПб , МАТ, 2007 – С 25-39.

50 Гребенюк А. Н. Оценка риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух города Астрахани /А. Н. Гребенюк,Л. А. Кушнир//Токсикологический вестник. – 2010. – № 6 (105). – С. 11-14.

51 Волович В. Н. К вопросу об экологической безопасности страны / В. Н. Волович // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). – 2012. – № 1. – С. 192-196.

52 Комаров В. Вверх по экологической лестнице / В. Комаров, Ф. Туровский // Автомобильная промышленность. – 2016. – №9. – С. 14-20

53 Официальный сайт Департамента транспорта администрации города Красноярска [Электронный ресурс] – режим доступа : <http://www.admkrsk.ru/administration/structure/transportdep/Pages/default.aspx>

54 Анализ современного состояния транспорта В.В. Шмигель./ «Вестник АПК Верхневолжья». Ярославль 2016. 82-87 стр.

55 Экономические проблемы современной автомобилизации общества (на примере г. Красноярска) // Научное сообщество студентов XXI столетия. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. XXI междунар. студ. науч.-практ. конф. № 6(21). URL:[http://sibac.info/archive/economy/6\(21\).pdf](http://sibac.info/archive/economy/6(21).pdf)(дата обращения: 15.06.2020)/

56 Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом. Кульнев А. Д., Волков А. А. / ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» // Фундаментальная и прикладная наука: новые вызовы и прорывы сборник статей Международной научно-практической конференции. 2020. Издательство: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» // 347-350 стр.

57 Павлова, Е.И. Экология транспорта: учебник для прикладного бакалавриата/ Е.И.Павлова, В.К.Новиков.– 5-е изд., перераб. и доп.– Москва: Издательство Юрайт, 2019.– 479с.

58 Селифонов В.В., Карпухин К.Е., Филонов А.А., Баулина Е.Е., Авруцкий Е.В. Гибридные автомобили – решение экологической проблемы автомобильного транспорта. Известия МГТУ «МАМИ» №2 (4) – стр. 30-43.

59 ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (Переиздание с Поправкой) – [Электронный ресурс] – режим доступа :<http://docs.cntd.ru/document/1200108413>

## Приложение А

### Отчеты программы Эколог 3.0

Таблица А.1 – Результаты расчетов по текущему варианту 1-го участка

Город: <b>Красноярск</b>					
1	Магистраль: <b>Исторический центр</b>				
1.1	Участок: <b>Ленина (Вейнбаума-Перенсона)</b>				
1.1.1	<b>Данные о перегоне</b>				
	Координаты	X	Y	Z (ср. ширина)	
	(начало)	0	0	6,0	
	(конец)	315	0		
	Длина участка, м	315			
<i>Данные о транспортном потоке</i>					
	<i>Тип автомашин, шт/час (Gk)</i>	<i>Правое напр.</i>	<i>Левое напр.</i>	<i>Скорость, км/ч</i>	<i>Коэф. влияния скорости (rv)</i>
	Легковые	357	0	35	0,88
	Легковые дизельные	0	0	0	0
	Грузовые карбюраторные до 3 т.	34	0	0	0
	Грузовые карбюраторные от 3 т.	0	0	0	0
	Автобусы карбюраторные	136	0	30	1,0
	Грузовые дизельные	0	0	0	0
	Автобусы дизельные	409	0	30	1,0
	Грузовые газобаллонные	0	0	0	0
<i>Данные о выбросах на участке</i>					
	<i>Название вещества</i>	<i>Код</i>	<i>Выброс, г/с</i>		
	Оксид углерода:	0337	3,509913		
	Общий выброс оксидов азота:		0,47761083		
	Монооксид азота:	0304	0,06208941		
	Диоксид азота:	0301	0,38208867		
	Углеводороды, бензин:	2704	0,38599037		
	Углеводороды, керосин:	2732	0,12184792		
	Углеводороды, газ:	0410	0		
	Сажа:	0328	0,00562375		
	Диоксид серы:	0330	0,0385381		
	Соединения свинца:	0184	0,00299214		
	Формальдегид:	1325	0,00686239		
	Бенз(а)пирен:	0703	0,00000041		
1.1.2	<b>Данные о левом перекрестке</b>				
	Кол-во циклов действия стоп-сигнала за 20 мин (Т)			6,0	
	Длительность действия стоп-сигнала, мин (Р)			1,3	
	Ср. длина очереди автомобилей перед светофором, м (L0)			150	
<i>Усредненные данные о транспортном потоке</i>					
	<i>Тип автомашин, шт/20 мин (Gk)</i>				
	Легковые			396	

Легковые дизельные		0
Грузовые карбюраторные до 3 т.		3
Грузовые карбюраторные от 3 т.		0
Автобусы карбюраторные		15
Грузовые дизельные		0
Автобусы дизельные		45
Грузовые газобаллонные		0
<i>Данные о выбросах на левом перекрестке</i>		
<i>Название вещества</i>	<i>Код</i>	<i>Выброс, г/с</i>
Оксид углерода:	0337	5,7997875
Общий выброс оксидов азота:		0,17525625
Монооксид азота:	0304	0,02278331
Диоксид азота:	0301	0,140205
Углеводороды, бензин:	2704	0,4602
Углеводороды, керосин:	2732	0,0599625
Углеводороды, газ:	0410	0
Сажа:	0328	0,0131625
Диоксид серы:	0330	0,02769
Соединения свинца:	0184	0,00607425
Формальдегид:	1325	0,00455423
Бенз(а)пирен:	0703	0,00000377
<b>1.1.3 Данные о правом перекрестке</b>		
Кол-во циклов действия стоп-сигнала за 20 мин (Т)		6,0
Длительность действия стоп-сигнала, мин (Р)		1,3
Ср. длина очереди автомобилей перед светофором, м (L0)		150
<i>Усредненные данные о транспортном потоке</i>		
<i>Тип автомашин, шт/20 мин (Gk)</i>		
Легковые		396
Легковые дизельные		0
Грузовые карбюраторные до 3 т.		3
Грузовые карбюраторные от 3 т.		0
Автобусы карбюраторные		15
Грузовые дизельные		0
Автобусы дизельные		45
Грузовые газобаллонные		0
<i>Данные о выбросах на правом перекрестке</i>		
<i>Название вещества</i>	<i>Код</i>	<i>Выброс, г/с</i>
Оксид углерода:	0337	5,7997875
Общий выброс оксидов азота:		0,17525625
Монооксид азота:	0304	0,02278331
Диоксид азота:	0301	0,140205
Углеводороды, бензин:	2704	0,4602
Углеводороды, керосин:	2732	0,0599625
Углеводороды, газ:	0410	0
Сажа:	0328	0,0131625
Диоксид серы:	0330	0,02769
Соединения свинца:	0184	0,00607425
Формальдегид:	1325	0,00455423
Бенз(а)пирен:	0703	0,00000377

Таблица А.2 – Результаты расчетов по проектируемому варианту 1-го участка

Город: <b>Красноярск</b>					
1	Магистраль: <b>Исторический центр</b>				
1.2	Участок: <b>Ленина (Вейнбаума-Перенсона 2)</b>				
1.2.1	<b>Данные о перегоне</b>				
	Координаты	X	Y	Z (ср. ширина)	
	(начало)	0	0	6,0	
	(конец)	315	0		
	Длина участка, м	315			
<i>Данные о транспортном потоке</i>					
	<i>Тип автомашин, шт/час (Gk)</i>	<i>Правое напр.</i>	<i>Левое напр.</i>	<i>Скорость, км/ч</i>	<i>Коэф. влияния скорости (rv)</i>
	Легковые	277 1	0	35	0,88
	Легковые дизельные	0	0	0	0
	Грузовые карбюраторные до 3 т.	34	0	30	1,0
	Грузовые карбюраторные от 3 т.	0	0	0	0
	Автобусы карбюраторные	156	0	30	1,0
	Грузовые дизельные	0	0	0	0
	Автобусы дизельные	409	0	30	1,0
	Грузовые газобаллонные	0	0	0	0
<i>Данные о выбросах на участке</i>					
	<i>Название вещества</i>	<i>Код</i>	<i>Выброс, г/с</i>		
	Оксид углерода:	0337	3,09446133		
	Общий выброс оксидов азота:		0,42098833		
	Монооксид азота:	0304	0,05472848		
	Диоксид азота:	0301	0,33679067		
	Углеводороды, бензин:	2704	0,34843453		
	Углеводороды, керосин:	2732	0,12184792		
	Углеводороды, газ:	0410	0		
	Сажа:	0328	0,00562375		
	Диоксид серы:	0330	0,03704576		
	Соединения свинца:	0184	0,00245718		
	Формальдегид:	1325	0,00672746		
	Бенз(а)пирен:	0703	0,00000037		
1.2.2	<b>Данные о левом перекрестке</b>				
	Кол-во циклов действия стоп-сигнала за 20 мин (Т)			6,0	
	Длительность действия стоп-сигнала, мин (Р)			1,3	
	Ср. длина очереди автомобилей перед светофором, м (L0)			150	
<i>Усредненные данные о транспортном потоке</i>					
	<i>Тип автомашин, шт/20 мин (Gk)</i>				
	Легковые			307	
	Легковые дизельные			0	
	Грузовые карбюраторные до 3 т.			3	
	Грузовые карбюраторные от 3 т.			0	
	Автобусы карбюраторные			17	

Грузовые дизельные		0
Автобусы дизельные		45
Грузовые газобаллонные		0
<i>Данные о выбросах на левом перекрестке</i>		
<i>Название вещества</i>	<i>Код</i>	<i>Выброс, г/с</i>
Оксид углерода:	0337	4,8920625
Общий выброс оксидов азота:		0,16183375
Монооксид азота:	0304	0,02103839
Диоксид азота:	0301	0,129467
Углеводороды, бензин:	2704	0,4050475
Углеводороды, керосин:	2732	0,0599625
Углеводороды, газ:	0410	0
Сажа:	0328	0,0131625
Диоксид серы:	0330	0,0249925
Соединения свинца:	0184	0,0048503
Формальдегид:	1325	0,00440083
Бенз(а)пирен:	0703	0,00000322
<b>1.2.3 Данные о правом перекрестке</b>		
Кол-во циклов действия стоп-сигнала за 20 мин (Т)		6,0
Длительность действия стоп-сигнала, мин (Р)		1,3
Ср. длина очереди автомобилей перед светофором, м (L0)		150
<i>Усредненные данные о транспортном потоке</i>		
<i>Тип автомашин, шт/20 мин (Gk)</i>		
Легковые		307
Легковые дизельные		0
Грузовые карбюраторные до 3 т.		3
Грузовые карбюраторные от 3 т.		0
Автобусы карбюраторные		17
Грузовые дизельные		0
Автобусы дизельные		45
Грузовые газобаллонные		0
<i>Данные о выбросах на правом перекрестке</i>		
<i>Название вещества</i>	<i>Код</i>	<i>Выброс, г/с</i>
Оксид углерода:	0337	4,8920625
Общий выброс оксидов азота:		0,16183375
Монооксид азота:	0304	0,02103839
Диоксид азота:	0301	0,129467
Углеводороды, бензин:	2704	0,4050475
Углеводороды, керосин:	2732	0,0599625
Углеводороды, газ:	0410	0
Сажа:	0328	0,0131625
Диоксид серы:	0330	0,0249925
Соединения свинца:	0184	0,0048503
Формальдегид:	1325	0,00440083
Бенз(а)пирен:	0703	0,00000322

Таблица А.3 – Результаты расчетов по текущему варианту 2-го участка

Город: <b>Красноярск</b>					
1	Магистраль: <b>Исторический центр</b>				
1.5	Участок: <b>Карла Маркса (Вейнбаума-Сурикова)</b>				
1.5.1	<b>Данные о перегоне</b>				
	Координаты	X	Y	Z (ср. ширина)	
	(начало)	0	0	6	
	(конец)	0	0		
	Длина участка, м	315			
<i>Данные о транспортном потоке</i>					
	<i>Тип автомашин, шт/час (Gk)</i>	<i>Правое напр.</i>	<i>Левое напр.</i>	<i>Скорость, км/ч</i>	<i>Коэф. влияния скорости (rv)</i>
	Легковые	371 6	0	35	0,88
	Легковые дизельные	0	0	0	0
	Грузовые карбюраторные до 3 т.	56	0	30	1,0
	Грузовые карбюраторные от 3 т.	0	0	0	0
	Автобусы карбюраторные	172	0	30	1,0
	Грузовые дизельные	0	0	0	0
	Автобусы дизельные	310	0	30	1,0
	Грузовые газобаллонные	0	0	0	0
<i>Данные о выбросах на участке</i>					
	<i>Название вещества</i>	<i>Код</i>	<i>Выброс, г/с</i>		
	Оксид углерода:	0337	7,484148		
	Общий выброс оксидов азота:		0,896245		
	Монооксид азота:	0304	0,11651185		
	Диоксид азота:	0301	0,716996		
	Углеводороды, бензин:	2704	0,8588972		
	Углеводороды, керосин:	2732	0,1763125		
	Углеводороды, газ:	0410	0		
	Сажа:	0328	0,0081375		
	Диоксид серы:	0330	0,06372583		
	Соединения свинца:	0184	0,00618096		
	Формальдегид:	1325	0,01067504		
	Бенз(а)пирен:	0703	0,00000079		

Таблица А.4 – Результаты расчетов по проектируемому варианту 2-го участка

Город: <b>Красноярск</b>					
1	Магистраль: <b>Исторический центр</b>				
1.6	Участок: <b>Карла Маркса (Вейнбаума-Сурикова 2)</b>				
1.6.1	<b>Данные о перегоне</b>				
	Координаты	X	Y	Z (ср. ширина)	
	(начало)	0	0	6	
	(конец)	0	0		
	Длина участка, м	315			
<i>Данные о транспортном потоке</i>					
	<i>Тип автомашин, шт/час (Gk)</i>	<i>Правое напр.</i>	<i>Левое напр.</i>	<i>Скорость, км/ч</i>	<i>Коэф. влияния скорости (rv)</i>
	Легковые	291 7	0	35	0,88
	Легковые дизельные	0	0	0	0
	Грузовые карбюраторные до 3 т.	56	0	30	1,0
	Грузовые карбюраторные от 3 т.	0	0	0	0
	Автобусы карбюраторные	182	0	30	1,0
	Грузовые дизельные	0	0	0	0
	Автобусы дизельные	310	0	30	1,0
	Грузовые газобаллонные	0	0	0	0
<i>Данные о выбросах на участке</i>					
	Название вещества	Код	Выброс, г/с		
	Оксид углерода:	0337	6,400611		
	Общий выброс оксидов азота:		0,77504		
	Монооксид азота:	0304	0,1007552		
	Диоксид азота:	0301	0,620032		
	Углеводороды, бензин:	2704	0,7414239		
	Углеводороды, керосин:	2732	0,1763125		
	Углеводороды, газ:	0410	0		
	Сажа:	0328	0,0081375		
	Диоксид серы:	0330	0,06000684		
	Соединения свинца:	0184	0,0050479		
	Формальдегид:	1325	0,01033215		
	Бенз(а)пирен:	0703	0,00000069		



Таблица А.5 – Результаты расчетов по текущему варианту 3-го участка

Город: <b>Красноярск</b>					
1	Магистраль: <b>Исторический центр</b>				
1.3	Участок: <b>Мира (Сурикова-Вейнбаума)</b>				
1.3.1	<b>Данные о перегоне</b>				
	Координаты	X	Y	Z (ср. ширина)	
	(начало)	0	0	6	
	(конец)	0	0		
	Длина участка, м	316			
<i>Данные о транспортном потоке</i>					
	<i>Тип автомашин, шт/час (Gk)</i>	<i>Правое напр.</i>	<i>Левое напр.</i>	<i>Скорость, км/ч</i>	<i>Коэф. влияния скорости (rv)</i>
	Легковые	182 8	136 9	35	0,88
	Легковые дизельные	0	0	0	0
	Грузовые карбюраторные до 3 т.	12	7,0	0	0
	Грузовые карбюраторные от 3 т.	0	0	0	0
	Автобусы карбюраторные	207	164	0	0
	Грузовые дизельные	0	0	0	0
	Автобусы дизельные	164	157	0	0
	Грузовые газобаллонные	0	0	0	0
<i>Данные о выбросах на участке</i>					
	<i>Название вещества</i>	<i>Код</i>	<i>Выброс, г/с</i>		
	Оксид углерода:	0337	4,69205929		
	Общий выброс оксидов азота:		0,505126		
	Монооксид азота:	0304	0,06566638		
	Диоксид азота:	0301	0,4041008		
	Углеводороды, бензин:	2704	0,51859603		
	Углеводороды, керосин:	2732	0		
	Углеводороды, газ:	0410	0		
	Сажа:	0328	0		
	Диоксид серы:	0330	0,01605178		
	Соединения свинца:	0184	0,00469206		
	Формальдегид:	1325	0,0014817		
	Бенз(а)пирен:	0703	0,00000042		

Таблица А.6 – Результаты расчетов по текущему варианту 3-го участка

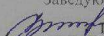
Город: <b>Красноярск</b>					
1	Магистраль: <b>Исторический центр</b>				
1.4	Участок: <b>Мира (Сурикова-Вейнбаума 2)</b>				
1.4.1	<b>Данные о перегоне</b>				
	Координаты	X	Y	Z (ср. ширина)	
	(начало)	0	0	0	
	(конец)	0	0		
	Длина участка, м	316			
<i>Данные о транспортном потоке</i>					
	<i>Тип автомашин, шт/час (Gk)</i>	<i>Правое напр.</i>	<i>Левое напр.</i>	<i>Скорость, км/ч</i>	<i>Коэф. влияния скорости (rv)</i>
	Легковые	102 8	569	35	0,88
	Легковые дизельные	0	0	0	0
	Грузовые карбюраторные до 3 т.	12	7,0	0	0
	Грузовые карбюраторные от 3 т.	0	0	0	0
	Автобусы карбюраторные	217	174	0	0
	Грузовые дизельные	0	0	0	0
	Автобусы дизельные	161	157	0	0
	Грузовые газобаллонные	0	0	0	0
<i>Данные о выбросах на участке</i>					
	<i>Название вещества</i>	<i>Код</i>	<i>Выброс, г/с</i>		
	Оксид углерода:	0337	2,34382818		
	Общий выброс оксидов азота:		0,252326		
	Монооксид азота:	0304	0,03280238		
	Диоксид азота:	0301	0,2018608		
	Углеводороды, бензин:	2704	0,25905469		
	Углеводороды, керосин:	2732	0		
	Углеводороды, газ:	0410	0		
	Сажа:	0328	0		
	Диоксид серы:	0330	0,00801836		
	Соединения свинца:	0184	0,00234383		
	Формальдегид:	1325	0,00074016		
	Бенз(а)пирен:	0703	0,00000021		

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
Презентационный материал

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е. С. Воеводин

« 7 » июля 2020 г.


МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Оценка влияния автомобильного транспорта на экологию крупного  
города»

23.04.01 «Технология транспортных процессов»

23.04.01.01 «Организация перевозок и управление на автомобильном  
транспорте»

Научный руководитель

 док. тех. наук, профессор И.М. Блянкинштейн

Выпускник

 К.А. Акулов

Рецензент

 Р.С. Глухих

Красноярск 2020