

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Е.С. Воеводин

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

23.03.01 – Технология транспортных процессов

«ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНО ТРАНСПОРТА НА ЭКОЛОГИЮ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА Г. КРАСНОЯРСК»

Руководитель

Е.С. Воеводин

Выпускник

Ю.О. Гордиенко

Красноярск 2021

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Е.С. Воеводин

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

## **Техническое задание**

на бакалаврскую работу «Оценка влияния автомобильного транспорта на экологию центрального района г. Красноярск»

**Исполнитель:** Гордиенко Ю.О. гр. ФТ 17-05Б

**Руководитель:** Воеводин Е.С.

**Цель:** Оценить влияние автомобильного транспорта на экологию центрального района г. Красноярск

### **Задачи:**

1 Провести анализ источников загрязнения Центрального района г. Красноярска.

2 Рассмотреть динамику изменений вредных выбросов от автомобильного транспорта.

3 Предложить мероприятия по снижению количества выбросов вредных веществ от автомобильного транспорта в Центральном районе г. Красноярска.

4 Сделать общую оценку эффективности предложенных мероприятий по снижению выбросов вредных веществ от автомобильного транспорта.

Исполнитель

Руководитель

---

---

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа в форме бакалаврской работы по теме «ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНО ТРАНСПОРТА НА ЭКОЛОГИЮ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА Г. КРАСНОЯРСК» содержит 65 страниц текстового документа, 3 приложений, 40 использованных источников.

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

Целью данной выпускной квалификационной работы, является разработка мероприятий по снижению отрицательного влияния от автомобильного транспорта на экологию Центрального района г. Красноярск.

В разделе «Технико-экономическое обоснование» представлен анализ экологической обстановки в городе Красноярске и в Центральном районе в частности. Приведена общая характеристика центрального района г. Красноярск и уровень загрязнения атмосферного воздуха Центрального района в динамике. Изучены экологические проблемы, которые несет эксплуатация автотранспортных средств, а так же динамика изменений вредных выбросов от автотранспорта в городе Красноярске.

В «Технологическом» разделе работы предложены мероприятия, теоретически способные повлиять на снижение количества выбросов вредных веществ автомобильного транспорта. А так же представлен расчет эффективности применения, представленных методик расчета снижения вредных выбросов, описанных в работе.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	7
1 Технико-экономическое обоснование .....	8
1.1 Характеристика центрального района г. Красноярск .....	8
1.2 Источники загрязнения атмосферного воздуха .....	10
1.3 Уровень загрязнения атмосферного воздуха Центрального района (в динамике) .....	16
1.4 Экологические проблемы эксплуатации автотранспортных средств ....	22
1.5 Динамика изменений вредных выбросов автотранспорта в городе Красноярске .....	28
2 Технологическая часть .....	31
2.1 Методы способные снизить выбросы вредных веществ автомобильного транспорта.....	31
2.1.1 Совершенствование двигателя внутреннего сгорания .....	37
2.1.2. Повышение качества автомобильных бензинов.....	38
2.1.3 Применение автомобильных нейтрализаторов .....	40
2.1.4 Использование на базе автомобиля газового оборудования.....	42
2.1.5. Использование водородного топлива в качестве основного.....	43
2.1.6. Организация автомобильного движения в городах с целью улучшения экологической обстановки.....	44
2.4. Улучшение экологической ситуации в Центральном районе с помощью комплексного подхода.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	64
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	71

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	73

## ВВЕДЕНИЕ

Сегодня автотранспорт - один из важнейших элементов материально-технической базы производства, а также фактор функционирования современного общества, поскольку он используется для перемещения грузов и пассажиров.

Наряду с преимуществами, которые дает обществу развитая транспортная среда, ее постоянное развитие сопровождается негативными последствиями - в частности, негативным воздействием транспорта на окружающую среду, и прежде всего на почвенный покров земли, водоемов и конечно, по тропосфере.

Все автомобили, оснащенные автономными тягачами, в той или иной степени загрязняют атмосферу рядом химических соединений, содержащихся в выхлопных газах.

Современный автомобиль - это яркий пример экологически чистого автомобиля. Поэтому проблемы и пути повышения экологичности транспорта различных видов целесообразнее всего рассматривать на примере автомобильного транспорта, так как вклад в загрязнение окружающей среды от общих выбросов вредных веществ всеми видами транспорта достигает 85%.

Выхлопные газы от автомобилей распространяются прямо на улицах городов, вдоль дорог, оказывая негативное воздействие на пешеходов и растительность в окрестностях.

В состав выбросов от транспортных средств входит около 200 химических соединений, которые в зависимости от своих характеристик по-разному влияют на организм человека, животных и растения.

Город Красноярск не исключение. Город занимает одно из ведущих мест в мире по существующим острым экологическим проблемам. По оценкам экспертов, значительную роль в этой ситуации играет именно автотранспорт.

## 1 Технико-экономическое обоснование

### 1.1 Характеристика центрального района г. Красноярск

Центральный район. В нем находятся значимые транспортные артерии, которые связывают Железнодорожный, Советский и Центральный районы, такие как ул. Ленина, ул. Карла Маркса, Брянская улица. Улица Брянская является связующим звеном с федеральной трассой Р-225 «Сибирь» через Северное шоссе и проспект Котельникова. Также немаловажной является улица Вейнбаума соединяющая Брянскую улицу с Коммунальным мостом, который хранит в себе транспортную связь с правым берегом реки Енисей. Отношение к Центральному району имеет и территория к северо-востоку от Караульной горы, где располагается небольшая сеть узких улиц на месте индивидуальной застройки, а также современная застройка с большой сетью магистральных улиц. Самыми значимыми связями здесь являются 2-я Брянская улица и Северное шоссе. Границы центрального района обозначены на рисунке 1.1.

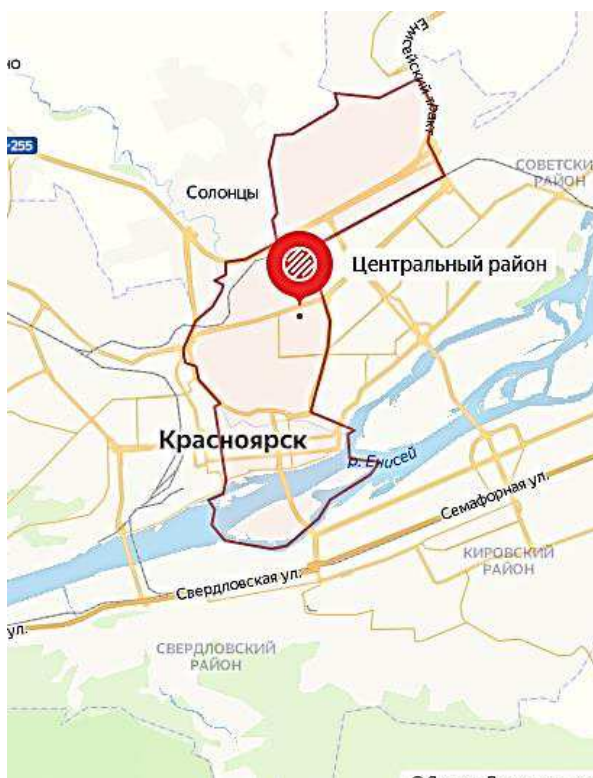


Рисунок 1.1 – Границы Центрального района города Красноярск



Плотность улично-дорожной сети в рассматриваемом районе составляет 5,01 км/км<sup>2</sup>, что, с точки зрения плотности, значительно выше по сравнению с другими районами. Но все же, этот показатель не отображает неравномерности и различных эксплуатационных свойств улично-дорожной сети в отдельных участках района. Высокая плотность улично-дорожной сети в центральной части города располагает к хорошей транспортной доступности застройки, но не смотря на это, улицы в рассматриваемой местности имеют очень ограниченную пропускную способность, что, само собой приводит к сложной транспортной ситуации по вине большого объема транзитного трафика, и как следствие ухудшению условий жизни от чрезмерной транспортной нагрузки [1].

Фундаментальными магистральными улицами, соединяющими Центральный район с другими являются: ул. Ленина, Марковского, К.Маркса, пр. Мира, ул. Лебедевой, Сурикова, Парижской коммуны, Горького, Гагарина, Березина, Каратанова, Дубровинского, Перенсона, Вейнбаума, Игарская, 3-я Дальневосточная, Кос-модемьянской, [2]. Транспортная сеть Центрального района представлена на рисунке 1.2, в полномразмерном виде в приложении А.

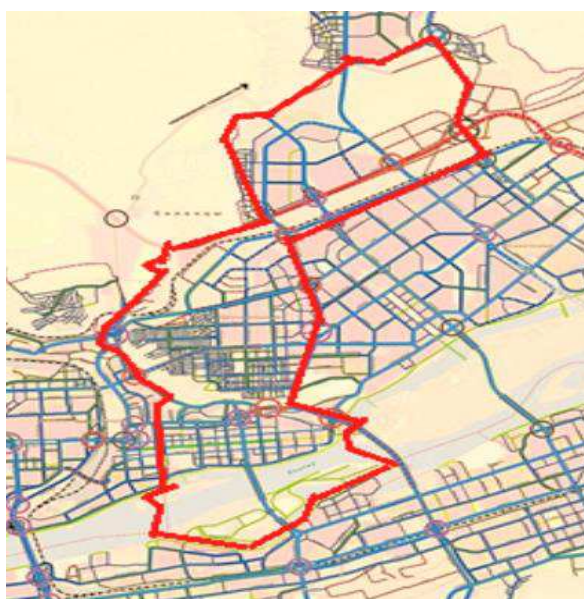


Рисунок 1.2 – Транспортная сеть Центрального района города Красноярск

Центральный район является одним из самых больших и загруженных транспортом районов города Красноярск, и в связи с этим он принимает на себя большую часть загрязнений от различных источников.

## 1.2 Источники загрязнения атмосферного воздуха

Красноярский край, в настоящее время, является крупным промышленным центром России. Опираясь на государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды», можно сделать вывод, что в 2019 году в атмосферу региона попало около 2,5 млн. т. вредных и опасных загрязняющих веществ. Список основных загрязняющих предприятий и объёмы выбросов представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Количество выбросов основных загрязняющих предприятий Красноярского края за 2019 год в тыс. т в год

Предприятие	Объём выбросов в 2019 г., тыс. т.
«Норникель»	2100
«Русал» Красноярск	73,5
«Назаровская ГРЭС»	61,8
«Красноярская ГРЭС – 2»	52
«Русал Ачинск»	43,4
«РН Ванкор»	60

Если рассматривать именно город Красноярск, то в большей мере ссылаются на вред от алюминиевого завода РУСАЛа, который располагается в городской черте. Например в 2019 году данный алюминиевый завод сбросил в атмосферу города около 70 тысяч тонн загрязняющих веществ. Выбросов могло быть и намного больше, если бы завод получал питание не от Красноярской гидро-электро станции, а используя технологию,

опирающуюся на угольную генерацию.

В Красноярске находятся три крупных действующих угольных ТЭЦ «Сибирской генерирующей компании». В Красноярских котельных используют низкокачественный бурый уголь, использование которого сопровождается большими зольными отходами и высоким содержанием оксидов азота в выбрасываемых дымовых газах, возникающих при процессе сжигания. Только за 2020 год ТЭЦ в сумме выдали почти 50 тыс. т. выбросов. Количество выбросов от каждой ТЭЦ представлено в таблице 1.2, процентное соотношение на рисунке 1.3.

Таблица 1.2 – Количество выбросов каждой ТЭЦ в тыс. т.

Номер ТЭЦ	ТЭЦ 1	ТЭЦ 2	ТЭЦ 3
Количество выбросов в тыс. т.	21,5	19	9,5

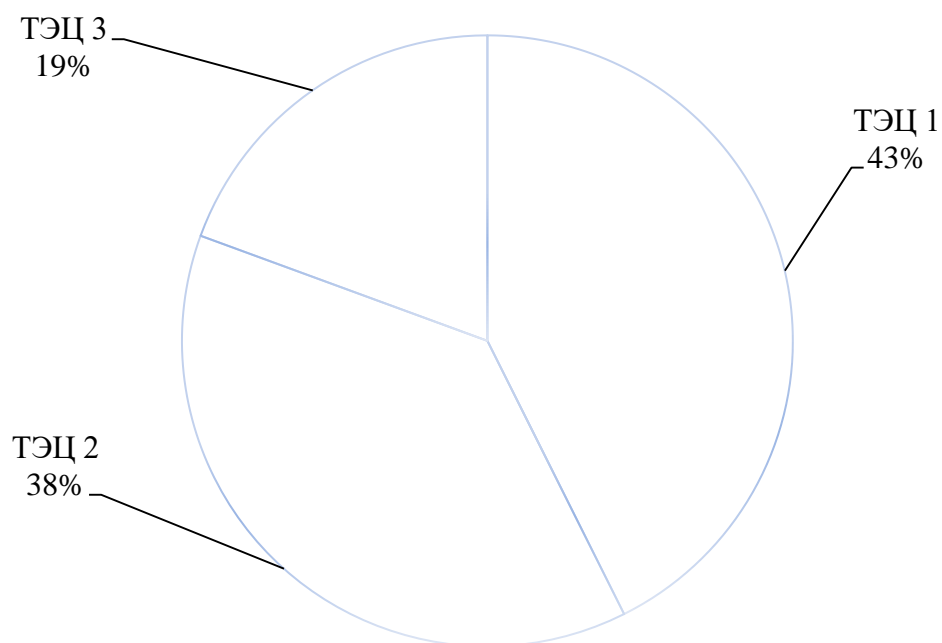


Рисунок 1.3 – Соотношение выбросов от Красноярских ТЭЦ в тыс. т. за 2020 год

Так же не стоит забывать о вреде экологии от мелких котельных, особенно от тех, которые располагаются в частных секторах, их на сегодняшний день насчитывается порядка 13 тысяч. Некоторые эксперты считают, что частники, которые используют уголь, в сумме несут куда больший вред, чем централизованные системы теплоснабжения. Конкретно число частных котельных на сегодняшний день никому неизвестно, очистительные системы отсутствуют, следовательно, отследить и рассчитать объемы выбросов не представляется возможным[3].

Другие эксперты при обсуждении экологической обстановки в большинстве случаев ссылаются на выхлопные газы автомобильной составляющей города.

По данным «Автостата» [4] Красноярск вошел в топ – 20 городов с населением по обеспеченности автомобилями. На сегодняшний день на каждую тысячу жителей приходится 300 автомобилей.

Исходя из исследований Министерства экологии в 2019 году на выбросы от автомобильного транспорта приходится 50% от всех выбросов в Красноярске. Остальные 50% оставляют за собой выше перечисленные промышленные предприятия, городские котельные и частные сектора [5].

В ходе данной работы было решено провести эксперимент. Вредные вещества в настоящее время можно отслеживать в режиме реального времени. В ходе исследования был выбран будний ветреный день. Если брать во внимание сильный ветер, можно сделать вывод, что вредными выбросами от промышленных предприятий с многометровыми выпускными трубами и предприятиями у черты города можно пренебречь. Остается второй основной проверяемый фактор – автотранспорт. Время проверки час пик – время, когда транспортная сеть максимально загружена и наносит максимальный экологический вред. Для проверки был взят интересующий нас Центральный район. Так как основная транспортная нагрузка находится там, то и результат эксперимента был ожидаем. Результат проверки представлен на рисунке 1.4.

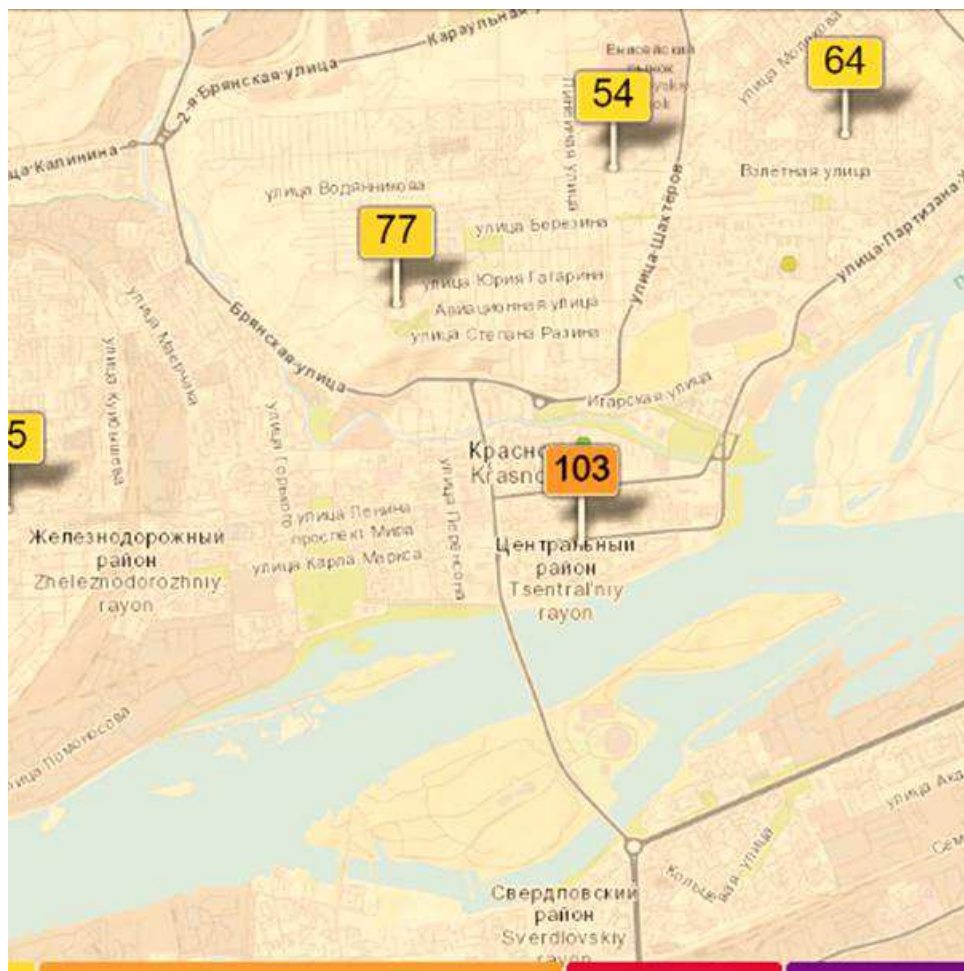


Рисунок 1.4 – Результат эксперимента с экологической обстановкой с использованием датчиков мониторинга в режиме реального времени.

В продуктах сгорания автомобильного топлива сфокусированы самые разные загрязнители, такие как: окись углерода, несгоревший углеводород, оксид азота, а также сажу. В связке с перечисленными соединениями в отработанных газах могут содержаться альдегиды, оксиды серы и прочие вредные компоненты.

В ходе расчетов вредных выбросов от транспортных средств зачастую используют ограниченное количество загрязняющих веществ, опираясь на принцип самых высоких выбросов и наибольшего количества знаний. Перечень этих веществ регулируется нормативными документами, утвержденными Министерством природных ресурсов и экологии. Данные

представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Значения критериев качества атмосферного воздуха для загрязняющих веществ, присутствующих в выбросах автотранспорта

Код	Вещество	ПДКм.р./ ПДКс.с, мг/м <sup>3</sup>		Класс опасности
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,200 / 0,040		2
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,400 / 0,060		3
0328	Углерод (Сажа)	0,150 / 0, 050		3
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	0,500 / 0,050		3
0337	Углерод оксид	5,000 / 3,000		4
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)) x 10- 6	- / 1,000		1
1325	Формальдегид	0,035 / 0,003		2
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	5,000 / 1,500		4
2732	Керосин	ОБУВ	1,200	-

Существует 4 класса опасности загрязняющих веществ:

- чрезвычайно опасные (бенз(а)пирен, тетраэтилсвинец, ртуть и так далее.);
- опасные (диоксид азота, марганец, медь, серная кислота, хлор и другие.);
- умеренно опасные (сажа, диоксид серы, метиловый спирт и другие);
- - малоопасные (бензин, керосин, угарный газ, скипидар и так далее.).

На данный момент, каждое вещество, которое загрязняет атмосферный воздух, имеет свою предельно допустимую концентрацию (ПДК), исходя из которой устанавливается объём негативных частиц, при котором нет

прямого или косвенного отрицательного действия на здоровье людей и состояние окружающей среды. Прямым воздействием является нанесение на организм кратковременного раздражителя, который вызывает кашель, потерю обоняния, головные боли и похожие симптомы, появляющиеся при завышенной ПДК. Косвенное воздействие – это воздействие, которое означает такие изменения в окружающей среде, которые снижают уровень нормальных условий жизни (например, повышается число туманных дней, происходит отрицательное влияние на растительность и т. д.). Общеприняты два стандарта предельно допустимых концентраций для загрязняющих веществ: максимальный разовый (ПДК<sub>мр</sub>) и среднесуточный (ПДК<sub>с</sub>). (ПДК<sub>мр</sub>) - концентрат вредных частиц в воздушной среде населенных пунктов, который не вызывает при вдохе в течение 20 минут ответных реакций в организме. (ПДК<sub>с</sub>) - это концентрат вредных частиц в воздушной среде населенных пунктов, который не должен прямого или косвенного воздействовать на организм человека с неограниченным длительным вдыханием.

Воздействие веществ, исходящих от выбросов транспортных средств, очень разнообразно. Основная канцерогенная опасность при выбросах автотранспорта, для человека представляют бенз(а)пирен и формальдегиды. Источники ароматических полициклических углеводородов (ПАУ), в том числе бензо(а)пирена, в окружающую среду присутствуют в основном на всех промышленных объектах, включая процессы сжигания (производство алюминия, пиролиз, ТЭЦ, нефтехимические и асфальтовые заводы, котельные), помимо этого транспортные средства, сжигание свалочных территорий и так далее.

Современный контроль за загрязнениями биосферных компонентов сосредоточен только на одном из соединений – бенз(а)пирене, но, в действительности, в выхлопных газах исходящих от транспортных средств сфокусировано до 150 представителей МПА. Причем содержание пирена и флуорена в разы больше, чем бенз(а)пирена. Для автомобилей это

соотношение может достигать 25, для дизельных двигателей - 50.

Формальдегид образуется, при неполном сгорании жидкого топлива, которое в последствии выбрасывается в воздушную среду, далее смешивается с другими углеводородами металлургических компаний и так далее. Кроме того, формальдегид может образовываться в результате череды химических реакций между углеводородом с оксидом азота.

Дым от сжигания дизельного топлива, состоящий из сажи, является еще более опасным из-за канцерогенных свойств частиц.

Таким образом, в ходе анализа были изучены классы загрязняющих веществ, которые появляются в ходе эксплуатации транспортных средств. Помимо этого было установлено, что количество выбросов от автомобильного транспорта со временем только растет[2].

### **1.3 Уровень загрязнения атмосферного воздуха Центрального района (в динамике)**

В 2019 г. в Красноярском крае с целью оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха населенных мест продолжались наблюдения на 111 постах, из них 79 маршрутных и 32 стационарных, размещенных в 9 городских округах и 6 муниципальных районах края, с отличной от друга программой отбора проб воздуха (см. раздел 16.3 «Государственный экологический мониторинг» [6]).

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

В таблице 1.4 по материалам ФГБУ «Среднесибирское УГМС» приведена характеристика загрязнения воздуха в городе Красноярск за 2018, 2019 гг.



Таблица 1.4 – Характеристики загрязнения воздуха 2018 - 2019 гг.

Год	ИЗА 5	Примесь	СИ	При меся	НП, %	При меся	Уровень загрязнения
2019	<13	ВВ, NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , Ф, БП	22, 0	Бп	2,9	Ф	Высокий
2018	>14	ВВ, NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , Ф, БП	30, 6	Бп	19,1	Ф	Очень высокий

В таблице 1.5 представлена динамика суммарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по краю с учетом выбросов от Норильского промышленного района стационарных и передвижных (автотранспорта) источников за период 2014-2020 гг. в общем по Красноярскому краю.

Таблица 1.5 – Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу Красноярского края с учетом выбросов Норильского промрайона, тыс. т в год

Год	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
2019	2501,9	2313,7	188,2
2020	Расчет не проведен		

Суммарное количество выбросов по годам в период с 2014 по 2019 год (в динамике), представлено на рисунке 1.5. Динамика рассматривается

с расчетов двух факторов: выбросы от передвижных источников и выбросы от стационарных источников.

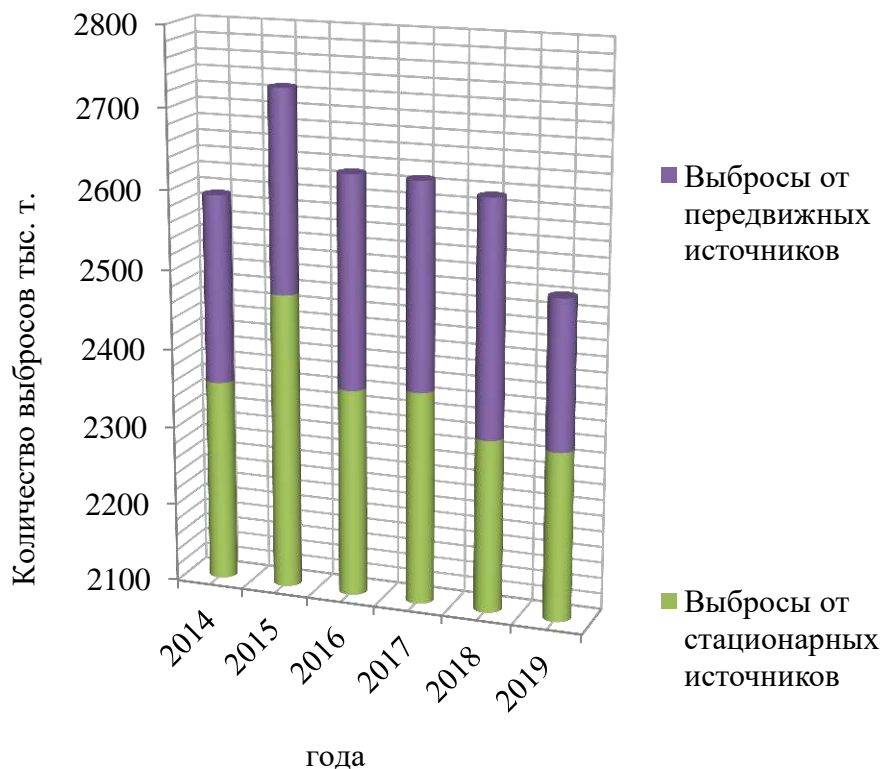


Рисунок 1.5 – Суммарное количество выбросов по годам

Важное место в загрязнении окружающей среды занимает автомобильный транспорт. Доля автомобильных выбросов в общих региональных выбросах загрязняющих веществ составляет 8,1%. По данным ГИБДД ГУ МВД России по Красноярскому краю, количество различных видов автомобильного транспорта в 2019 году составило 1057994 единицы. В 2019 году произошло увеличение количества автомобилей за счет увеличения количества легковых автомобилей.

Количество автотранспортных средств, состоящих на учете в Красноярском крае, и объемы выбросов от автотранспорта за 2015-2019 гг. представлены в таблице 1.6. Динамику выбросов вредных веществ от

автомобильного транспорта в Красноярском крае можно отследить с помощью графика на рисунке 1.6.

Таблица 1.6 – Количество автотранспортных средств, состоящих на учете в Красноярском крае, и объемы выбросов от автотранспорта за 2015-2019 гг. [6].

Год	Всего, единиц	Виды автотранспорта			Выбросы автотранспорта, тыс. т.
		Легковые	Грузовые	Автобусы	
2015	1061790	906622	139457	15711	253,2
2016	1022796	876431	132204	14161	267,0
2017	1059172	902816	140844	15512	259,0
2018	1052533	874748	133706	14379	295,8
2019	1057994	880489	133622	14253	188,2
2020	Расчет не проведен				

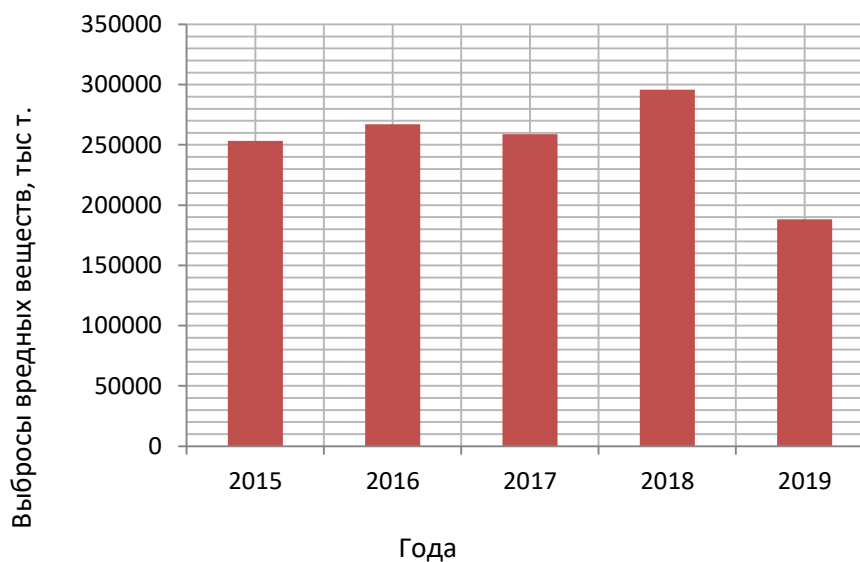


Рисунок 1.6 – Динамика выброса вредных веществ автомобильным транспортом в Красноярском крае

Исследования за загрязнением атмосферного воздуха в 2019 г. велись на АПН в автоматическом режиме (непрерывно с осреднением данных измерений за двадцатиминутные периоды) по показателям: оксид углерода, диоксид серы, диоксид и оксид азота, сероводород, аммиак, взвешенные частицы (до 2,5 и 10 мкм), бензол, толуол, хлорбензол, оксиллол, смесь м, п-ксилолов, этилбензол, стирол, фенол. Еще велись исследования методом каждодневного (за исключением воскресных и праздничных дней) отбора проб атмосферного воздуха на АПН г. Красноярск и их дальнейшего количественного хим анализа в стационарной лаборатории.

В Центральном районе на постоянной основе отслеживается гидрофторид, гидрохлорид, формальдегид, бенз(а)пирен, фториды твердые, свинец.

В таблице 1.7 приведены характеристики загрязнения атмосферного воздуха отдельными веществами в Центральном районе по данным краевой подсистемы мониторинга атмосферного воздуха.

Таблица 1.7 – Загрязнение атмосферного воздуха в Центральном районе

Район	Год	Среднегодовая концентрация		Максимальная концентрация	
		Мг/м <sup>3</sup>	Доли ПДКс.с.	Мг/м <sup>3</sup>	Доли ПДКм.р.
Центральный	Диоксид серы				
	2018	-	-	-	-
	2019	0,017	0,34	0,131	0,26
	Оксид углерода				
	2018	-	-	-	-
	2019	0,284	0,09	6,8	1,36
	Диоксид азота				
	2018	-	-	-	-
	2019	0,076	1,9	0,76	3,79

Продолжение таблицы 1.7 – Загрязнение атмосферного воздуха в Центральном районе

Район	Год	Среднегодовая концентрация		Максимальная концентрация	
		Мг/м <sup>3</sup>	Доли ПДКс.с.	Мг/м <sup>3</sup>	Доли ПДКм.р.
	Оксид азота				
	2018	-	-	-	-
	2019	0,016	0,27	0,5	1,25
	Сероводород				
	2018	-	-	-	-
	2019	0,0016	-	0,51	6,35
	Аммиак				
	2018	-	-	-	-
	2019	- <sup>1</sup>	-	0,02	0,1
	Взвешенные частицы (до 2,5 мкм)				
	2018	-	-	-	-
	2019	0,018	0,72	0,49	3,11
	Взвешенные частицы (до 10 мкм)				
	2018	-	-	-	-
	2019	0,0014	0,28	0,051	2,55
Центральный	Гидрохлорид				
	2018	-	-	-	-
	2019	0,063	0,63	2,0	10,0
	Фториды твердые				
	2018	-	-	-	-
2019	0,002	0,07	0,075	0,38	

Окончание таблицы 1.7 – Загрязнение атмосферного воздуха в Центральном районе

Район	Год	Среднегодовая концентрация		Максимальная концентрация	
		Мг/м <sup>3</sup>	Доли ПДКс.с.	Мг/м <sup>3</sup>	Доли ПДКм.р.
Формальдегид					
	2018	-	-	-	-
	2019	0,014	1,4	0,18	3,6
Свинец					
	2018	-	-	-	-
	2019	0,000003	0,01	0,0004	1,17 <sup>2</sup>
Бенз(а)пирен*10 <sup>-3</sup>					
	2018	-	-	-	-
	2019	0,0028	2,8	0,059	59 <sup>2</sup>

Поскольку датчик мониторинга загрязнения атмосферного воздуха отдельными веществами в Центральном районе, как в отдельном субъекте, установлен только в 2018 году, то на данный момент проследить динамику изменений не представляется реальным [6].

Центральный район занимает примерно 10% городской площади, поэтому, если взять во внимание количество выбросов от автомобильного транспорта за 2019, которое равно 78,4 тыс. т., то станет ясно, что на Центральный район пришлось около 8 тыс. тонн вредных выбросов.

#### 1.4 Экологические проблемы эксплуатации автотранспортных средств

Существует множество проблем автомобилизации в современном обществе, основной и самой важной из которых является загрязнение окружающей среды выхлопными газами, шумом транспорта и другими

физическими воздействиями. Как известно, ежегодно автотранспорт выбрасывает в атмосферу более 12 миллионов тонн различных загрязняющих веществ: угарного газа, азота, серы, углеводов и других вредных веществ. [7].

Автомобильный транспорт приводит к образованию твердых отходов, загрязнению воздуха, вибрации, электромагнитным излучениям, загрязнению окружающей среды и многим другим проблемам.

За последние 10 лет наибольший ущерб от автомобильных выхлопов нанесен экологии таких городов, как Москва, Санкт-Петербург, Назрань, Нальчик, Элиста, Краснодар, Самара, Красноярск, Ростов-на-Дону, Ставрополь, Сочи, Воронеж и Калуга.

Кажется, нет никаких возражений против того, что выбросы выхлопных газов в российских мегаполисах перекрывают выбросы всех промышленных компаний, потому что на Западе дела обстоят аналогично. На самом деле машин в городах Европы, Америки и Японии в 2-3 раза больше, а экология в большинстве из них лучше, чем у нас. Отсюда можно сделать вывод: выхлопные газы автомобилей в мегаполисе РФ во много раз токсичнее зарубежных.

Эксперт в области экологии А.П. Константинов выделил 3 основные причины увеличения загрязнения от автотранспорта в крупнейших городах России и поделился информацией с читателями журнала «Экология и жизнь» [8].

Первой причиной чрезмерного загрязнения автомобилей автор [8] называет некачественное топливо. Несмотря на то, что самый ужасный этилированный бензин запрещен в России 18 лет (с 2003 года), очистить атмосферу от последствий его использования пока не удалось. [9].

Вторая причина сильного отравления воздуха в крупных городах России выхлопными газами с повышенным содержанием загрязняющих веществ - старые отечественные автомобили.

Третья причина чрезмерного загрязнения атмосферы наших мегаполисов автомобильными выбросами кроется в одной из главных проблем России - плохом качестве дорог [42].

Выхлоп автомобилей - это сложная смесь различных компонентов, в состав которой входит около полутора тысяч веществ, в том числе опасные и особо опасные [15]. Согласно литературным данным, известно, что доля транспортных средств в канцерогенном риске составляет около 54-60%. [16].

Некоторые из токсичных соединений, выбрасываемых в атмосферу с выбросами транспортных средств, попадают на поверхность почвы и растений возле дорог, некоторые переносятся на более дальние расстояния, что наносит вред окружающей среде человека и влияет на его здоровье. В этом контексте возрастает актуальность изучения и решения проблемы загрязнения атмосферного воздуха в городах выбросами загрязняющих веществ от интенсивно развивающегося автопарка. [17, 18, 19].

В конструкции автомобиля есть несколько источников загрязнения воздуха. Основные источники: выхлопные газы, картерные газы и пары топлива (рис. 1.7).

Картерные газы представляют собой смесь некоторых выхлопных газов, которые проникли в картер двигателя через герметичность поршневых колец с парами моторного масла.

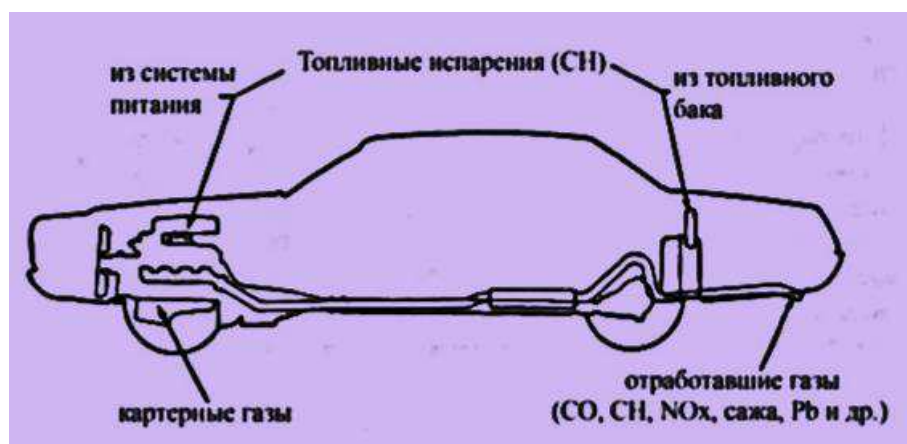


Рисунок 1.7 Схема источников образования загрязняющих веществ в автомобиле



Выхлопные газы двигателя внутреннего сгорания содержат около 200 компонентов. Срок их существования от нескольких минут до 4-5 лет. [20].

Как правило, большему загрязнению автомобильным транспортом подвержены центральные и более густонаселенные районы мегаполисов. В результате на здоровье сотен тысяч жителей крупных городов России влияет загрязнение воздуха выбросами автомобилей. Выхлопные газы представляют наибольшую опасность для маленьких детей, так как высота выбросов от автомобилей не достигает и 1 метра.

Проанализировав все 3 причины повышенного загрязнения воздуха в наших мегаполисах автомобильным транспортом, эколог А.П. Константинов пришел к выводу, что сегодня российские города не выдерживают даже 300 автомобилей на 1000 жителей.

Однако, если мы будем строго придерживаться рекомендаций по сокращению выбросов от автомобилей в атмосферу, у наших мегаполисов есть шанс догнать японские образцовые города.

Наряду с загрязнением атмосферы выхлопными газами существует несколько важных негативных воздействий автомобильного транспорта на окружающую среду, одним из которых являются сточные воды. Сточные воды образуются во время работы автомобиля. Состав и количество этих вод различны. Сточные воды возвращаются в окружающую среду, в основном, в объекты гидросферы (река, канал, озеро, водохранилище) и суши (поля, резервуары, подземные горизонты и так далее). В зависимости от типа производства сточные воды транспортных предприятий могут быть: водой с автомойки; нефтесодержащие стоки с производственных площадей (чистящие растворы); вода, содержащая тяжелые металлы, кислоты, щелочи; краска, содержащая воду, растворители.

Основным направлением в области снижения загрязнения водных объектов, подземных и грунтовых вод промышленными стоками является создание систем оборотного водоснабжения производства. При строительстве и ремонте линий связи, а также производственных и бытовых

сооружений транспортных предприятий вода, почва, плодородные почвы, полезные ископаемые, недра удаляются из экосистем, природные ландшафты разрушаются, а растительный и животный мир страдает от вмешательства.

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 2020 году составил в целом по Красноярскому краю 61,3 % (в 2019 г. – 55,6 %). В том числе не отвечали санитарным нормам измерения шума:

- в эксплуатируемых жилых зданиях в городских поселениях – 28,5 % (2018 г. – 26,0 % случаев, 2019 г. – 26,3 % случаев);

- от автомагистралей, улиц с интенсивным движением в городских поселениях – 81,2 % (2018 г. – 78,3 % случаев, 2019 г. – 77,4 % случаев).

Общее количество замеров шума в 2020 году установлено на уровне 2018 года, а количество нарушений санитарных норм за отчетный период увеличилось в 2,3 раза. В 2020 году по сравнению с 2018 годом уменьшилось общее количество измерений уровней электромагнитных помех. Жители крупных городов Красноярского края (Красноярск, Ачинск, Канск, Норильск) продолжают испытывать максимальный уровень автомобильного шума. Одна из причин - увеличение транспортного потока на внутригородских магистралях.

Наряду с другими видами транспорта, бытовой техникой, промышленным оборудованием, автомобиль является источником искусственного шума в городе, который, как правило, оказывает негативное влияние на человека. [10].

Автомобильный шум - опасное параметрическое загрязнение окружающей среды, наиболее распространенный вид негативного воздействия окружающей среды на организм человека. В последние годы в Российской Федерации наблюдается интенсивный рост количества автомобилей. По данным аналитического агентства «Автостат», по

состоянию на 01.01.2020 в России насчитывалось 44,5 млн. легковых автомобилей, более 400 тыс. автобусов и 3,8 млн. грузовых автомобилей. При этом ежегодный прирост парка только легковых автомобилей составляет около 1,5 миллиона в год. [11].

Одним из наиболее доступных способов снижения уровня шума и, как следствие, снижения его воздействия на здоровье населения, проживающего в непосредственной близости от автомагистралей, является благоустройство территории между жилыми домами и проезжей частью.

Однако, когда транспортное средство движется со скоростью более 50 км / ч, шум, создаваемый шинами транспортного средства, является преобладающим и увеличивается пропорционально скорости движения.

Однако, если сравнивать вышеупомянутые проблемы, которые дорожное движение несет с собой для окружающей среды, то выбросы, несомненно, занимают первое место.

Увеличение сжигания нефтепродуктов является причиной загрязнения воздуха. Это стало особенно заметно с развитием автомобильного транспорта. Бензин, используемый для двигателей внутреннего сгорания, никуда не исчезает. Отказываясь от энергии содержащихся в нем химических связей, он распадается на более простые вещества - оксиды углерода, сажу, углеводороды и другие. Наибольшее количество загрязняющих веществ в атмосферу выбрасывается с выхлопными газами автомобилей.

Конечно, сегодня полностью решить эту проблему невозможно, но действовать необходимо. Нам необходимо поощрять разработку более безопасных и экологичных автомобилей. При этом необходимо разработать меры по снижению негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду, а также разработать экономические механизмы продвижения новых моделей на потребительском рынке и создания на них платежеспособного спроса.

В некоторых странах, в основном европейских, планируется ввести государственную помощь на приобретение экологически чистых

автомобилей. Крупные производители уже предлагают новые автомобили с комбинированными и электрическими двигателями и двигателями, работающими на природном газе. [12].

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

По официальным данным мэрии Красноярска [13], 43% выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города приходится на автомобильный транспорт. В целом по региону, как указано в отчете «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2018 году», доля выбросов автотранспорта составляет 12,7%. При этом количество автомобилей в Красноярске постоянно растет. По данным УГИБДД ГУ МВД России по Красноярскому краю, количество различных видов автомобильного транспорта в Красноярске в 2019 году составило 425 422 единицы. Для сравнения: в 2016 году было 408 тысяч.

По мнению экспертов, улучшение ситуации с выбросами технологически может быть достигнуто за счет повышения чистоты топлива, перехода на более современные двигатели и модели. Городу также необходимы управленческие меры: необходимо усилить контроль на дорогах, запретить проезд грузовиков по центральным улицам, штрафовать водителей сильно курящих автомобилей. Также поможет развитие электротранспорта. Конечно, еще одна серьезная проблема, влияющая на загрязнение воздуха выхлопными газами, - это пробки.

Строительство Николаевского моста и новых развязок на Копылова, Северном шоссе, Брянской частично улучшило дорожную ситуацию, но количество транспорта в Красноярске растет гораздо быстрее, чем меняется транспортная логистика.

Метро - одно из решений транспортной проблемы Красноярска. Летом прошлого года вернулись к проекту метро, решено было доделать его с учетом всех требований. Глава правительства региона Юрий Лапшин

отметил, что в 2019 году Красноярск стал единственным городом в России, за исключением Москвы и Санкт-Петербурга, получившим господдержку на строительство подземных магистралей [5]. Долю выбросов от автомобильного транспорта в городе Красноярск можно увидеть на рисунке 1.8.

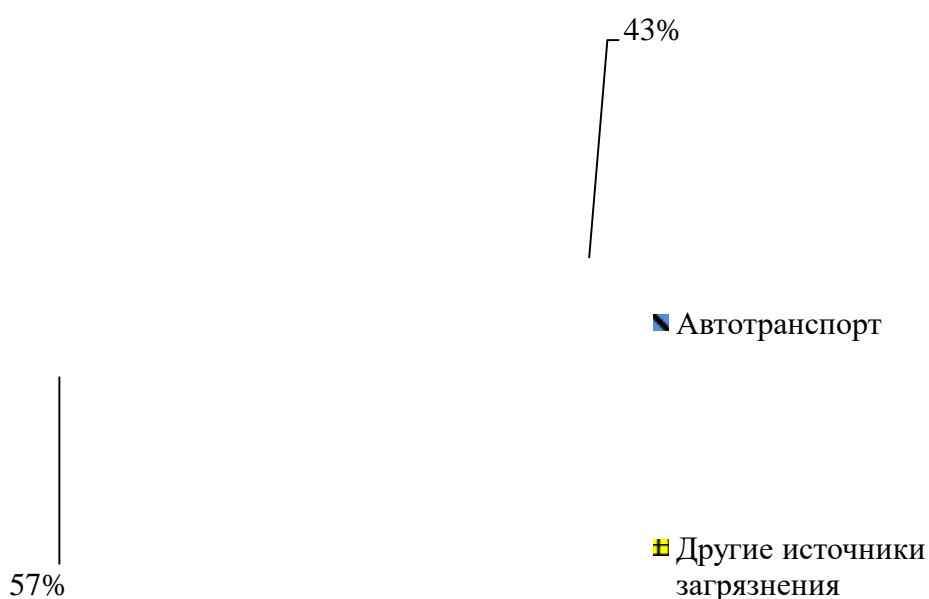


Рисунок 1.8 – Доля выбросов от автомобильного транспорта в Красноярске

Динамика изменения количества загрязняющих веществ, выбрасываемых городом Красноярск, представлена только за три года, до 2016 года данные в открытом доступе предоставлялись только в виде общего регионального показателя [41].

Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта г. Красноярска представлена в таблице 1.8 и рисунке 1.9.

Таблица 1.8 – 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.
2017	18,253	73,1	3,5
2018	26,446	76,3	3,2
2019	26,864	78,4	2,1

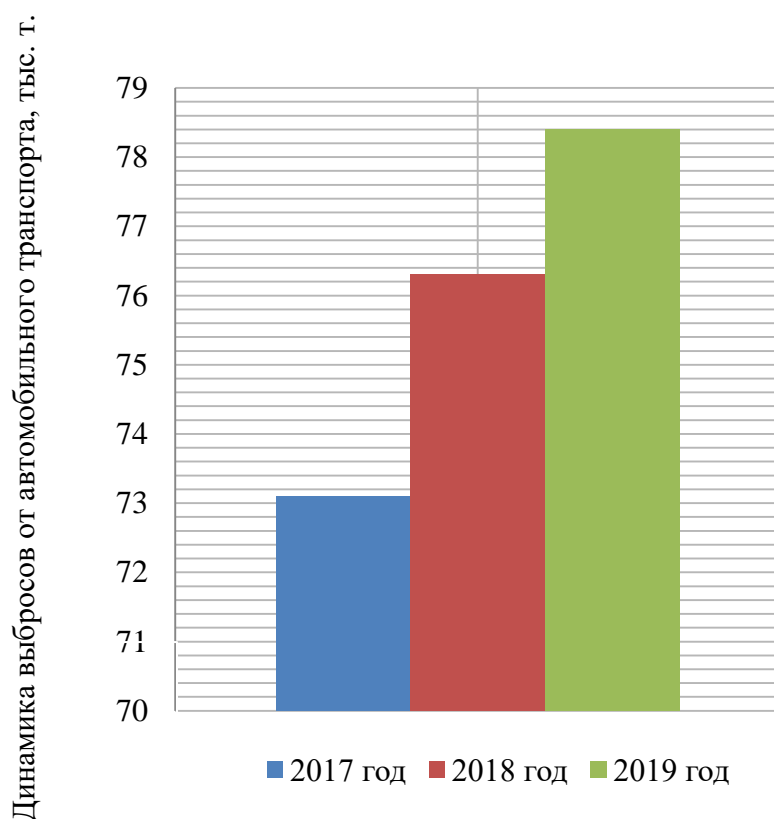


Рисунок 1.9 – Изменение количества выбросов автомобильного транспорта в городе Красноярск в период 2017- 2019гг.

Как видно из приведенных выше данных, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу населенных пунктов Красноярского края от мобильных источников в 2017 году составили 259,0 тыс. тонн, что на 3,0% меньше, чем в 2016 году (267,0 тыс. тонн). Наибольший объем выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта зафиксирован в г. Красноярске: 2019 г. - 78,4 тыс. тонн; 2018 год - 76,3 тыс. тонн; 2017 г. - 73,1 тыс. тонн [14].

## **2 Технологическая часть**

### **2.1 Методы способные снизить выбросы вредных веществ автомобильного транспорта**

С ростом и развитием городов человечество столкнулось с проблемой увеличения транспорта. Это, в свою очередь, оказало сильное негативное влияние на окружающую среду (ОС). Кроме того, обилие автомобилей приводит к ухудшению санитарных норм в крупных городах: создание шума, высокая загазованность, влияющее на здоровье населения, а также, что очень важно, неэффективное использование видов топлива при перевозке большое количество пассажиров. Для снижения уровня загрязнения воздуха от автотранспорта экономисты и экологи разработали следующие меры:

- 1) Организационные (архитектурно-планировочные);
- 2) Технологические;
- 3) Инженерно-экологические [21].

Первые две группы мер - это обычно экономические методы. К последним в основном относятся экологические методы. Хочу их отдельно разобрать.

Организационные мероприятия включают в себя различные методы строительства, планировку и благоустройство улиц и шоссе. Такую деятельность осуществляет Комитет градостроительства и архитектуры. Он, в свою очередь, выделяет средства и ресурсы на обустройство жилых массивов города и направлен на повышение и улучшение уровня жизни горожан. Кроме того, он спонсирует различные проекты, направленные на снижение экологического ущерба в городе.

Эта группа мероприятий также является экономичным методом, поскольку на этом участке строятся развязки, кольцевые дороги и переходы метро, которые призваны снизить негативные эффекты за счет снижения

транспортной нагрузки [22]. С другой стороны, большое количество выбросов загрязняющих веществ накапливается на светофорах, а это означает, что пешеходы обычно также оказываются в опасной зоне. Чтобы хоть как-то это изменить, специалисты предложили установить специальные конструкции, поглощающие выбросы загрязняющих веществ в пешеходных зонах и на перекрестках, где много транспорта.

По задумке они должны быть похожи на шумозащитные экраны, но принцип их действия немного отличается: они «впитывают» вредные вещества, такие экраны «выдыхают» очищенный воздух, то есть работают по принципу деревьев. Но эта технология представлена только в модельном виде и, к сожалению, на данный момент не выпущены даже прототипы. [23].

Вторая группа - это технологические меры. В ней, как и в первой, представлены экономичные методы. В эту группу входят некоторые технологические усовершенствования для транспорта, которые могут снизить вредные выбросы. Но, как и любая современная технология, внедрение этих новинок требует больших средств. Вот методы сокращения выбросов, которые предлагаются экспертами в рамках этих мероприятий:

- 1) перевод транспортных средств на сжиженный газ;
- 2) ввод в эксплуатацию гибридных двигателей;
- 3) отладка двигательной системы автомобилей;
- 4) улучшение системы двигателей внутреннего сгорания;
- 5) изменение состава топлива, с плавным переходом на более безвредные виды;
- 6) создание транспортных средств на альтернативном топливе (электричество, солнечная энергия) [24].

Изображение автомобилей на альтернативном топливе можно увидеть на рисунках 2.1 и 2.2.



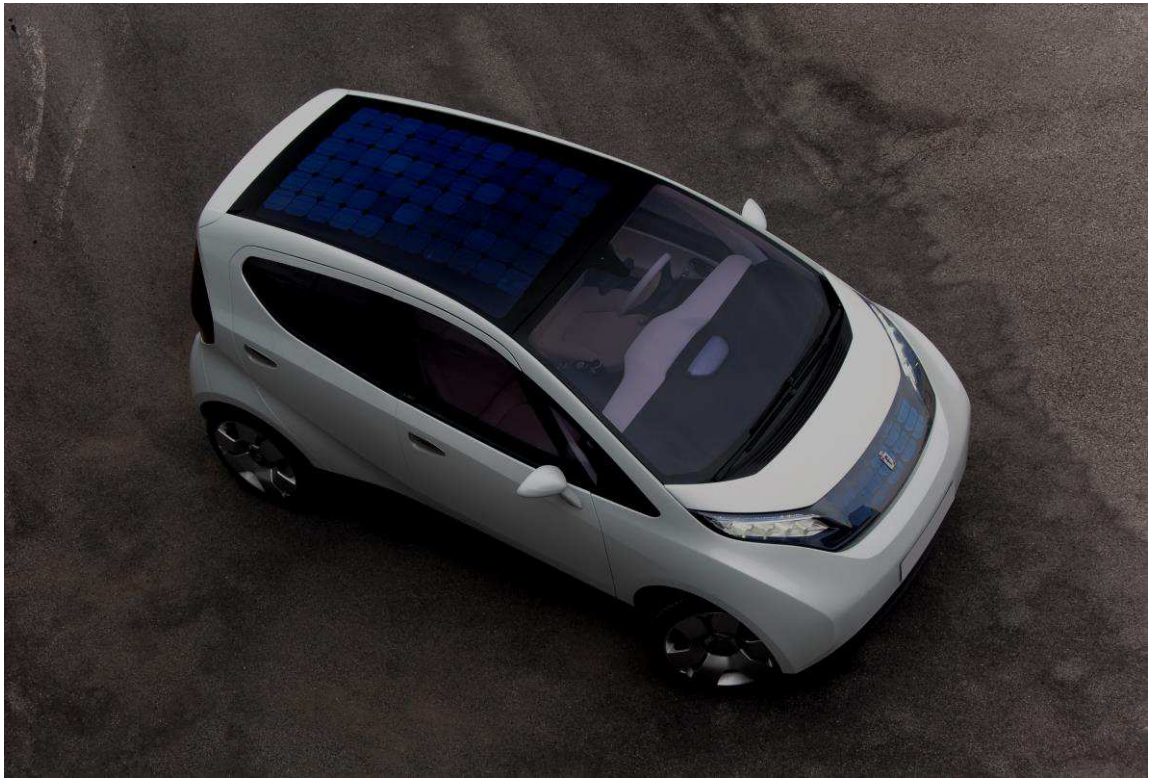


Рисунок 2.1 – Автомобиль с альтернативным источником питания в виде солнечной батареи



Рисунок 2.2 – Автомобиль с альтернативным источником питания в виде энерго-аккумулятора

Последняя группа мероприятий, как уже говорилось ранее, представляет собой экологические методы.

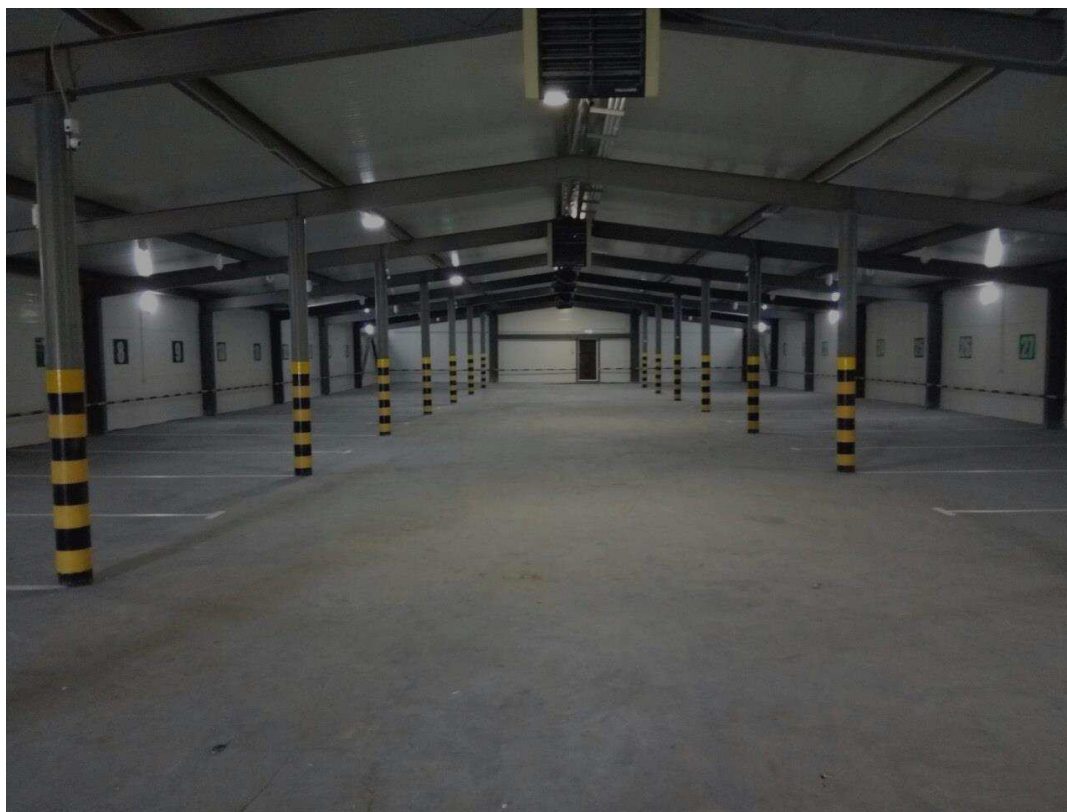


Рисунок 2.3 – Теплая автомобильная стоянка

Эта группа отличается от предыдущих тем, что дешевле, но, тем не менее, направлена на снижение вреда с инженерной точки зрения. В неё входят:

- создание теплых автостоянок. Данное действие направлено на снижение расхода топлива, направленное на прогрев автомобиля в холодное время года (рисунок 2.3);
- внедрение и оснащение всех автомобилей электронагревательными приборами (рисунок 2.4);
- установка нейтрализаторов выхлопных газов (они могут быть термическими, жидкостными);
- использование сажевых фильтров;
- использование топлива с высоким октановым числом [21], [25].

Нейтрализаторы отработавших газов, сажевые фильтры представлены на рисунках 2.5 – 2.6.

Решая проблемы использования транспортных средств, необязательно делать новые открытия и изобретать что-то грандиозное - гораздо практичнее перенимать то, что уже разработано в мире. И делать это нужно постепенно, с учетом тех новшеств, которые существуют на данный момент [26].

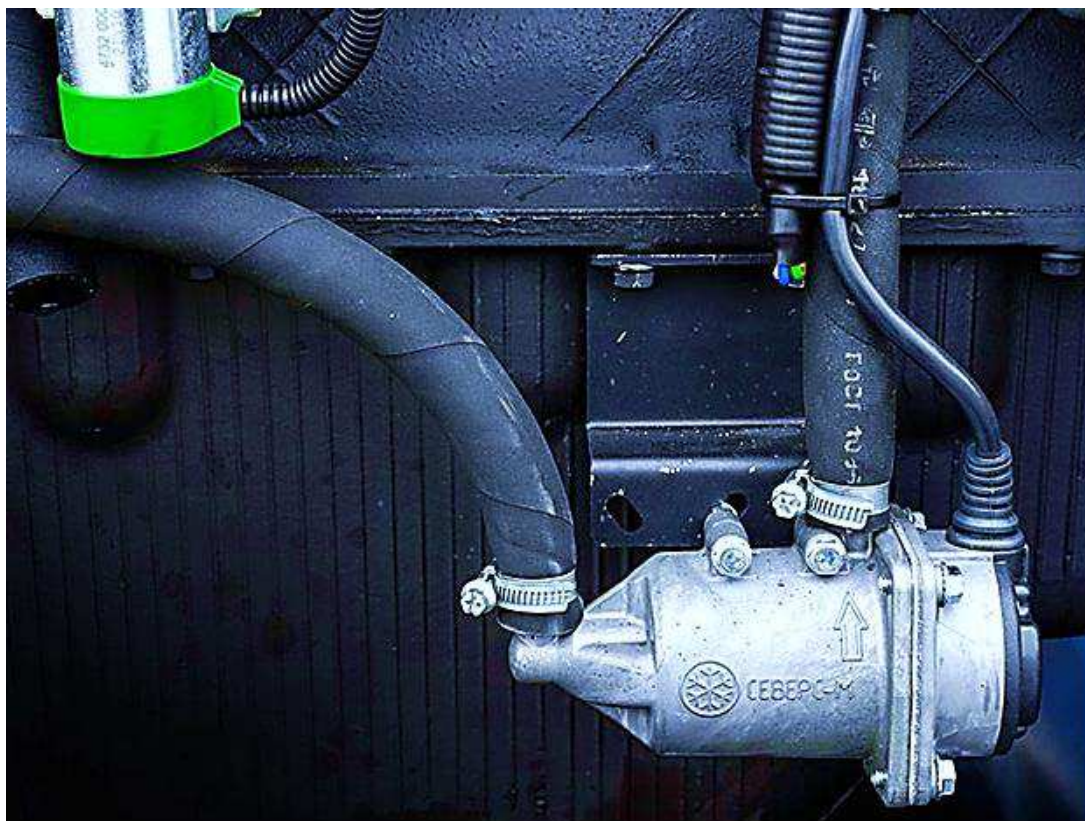


Рисунок 2.4 – Предпусковой подогреватель двигателя

Для решения первостепенных задач по уменьшению уровня загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом необходимо:

- усовершенствовать систему мониторинга атмосферного воздуха, включив приоритетные ПАВ и тяжелые металлы в список контролируемых загрязняющих веществ;
- принять меры по ограничению потока автомобилей в центр города, в частности транзитного транспорта;

- реконструировать дорожную сеть для увеличения ее пропускной способности;
- увеличить периодичность и интенсивность полива междугородных дорог в летний сезон [27].

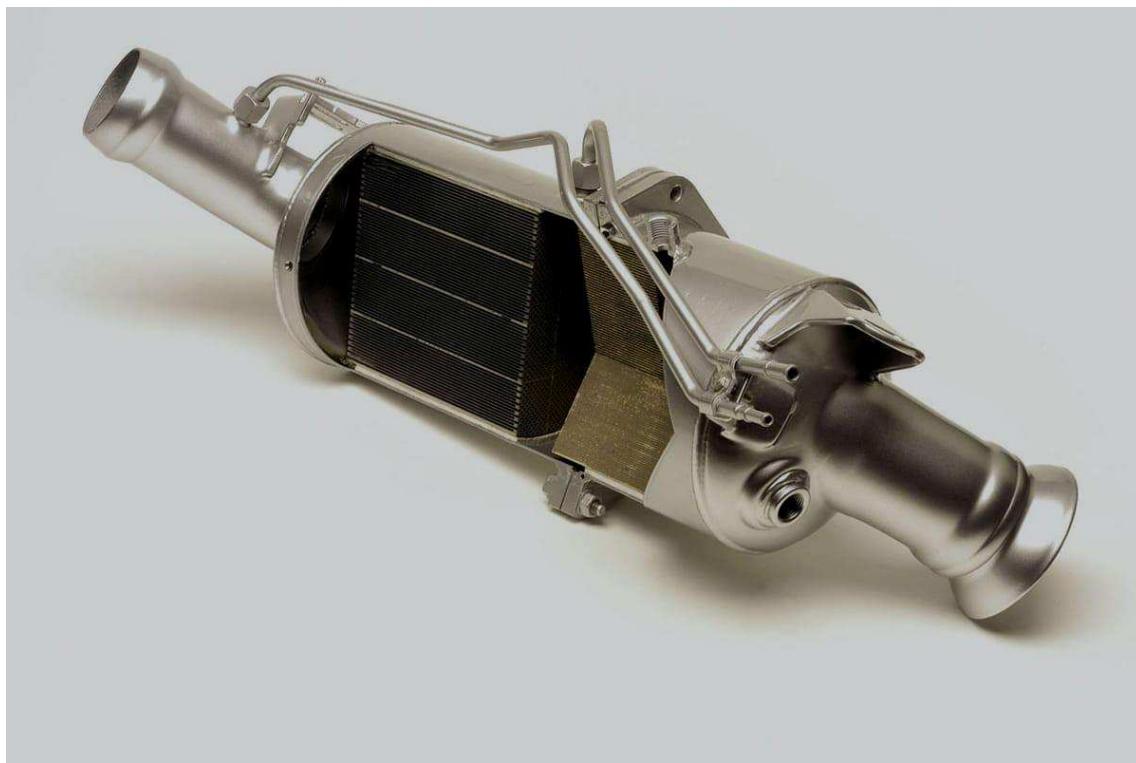


Рисунок 2.5 – Нейтрализатор отработанных газов



Рисунок 2.6 – Сажевый фильтр

## 2.1.1 Совершенствование двигателя внутреннего сгорания

В последние годы все крупные автомобильные компании мира занимаются разработкой проектирование экологически безопасных автомобильных двигателей. Постоянно совершенствуя действующие двигатели, они предпринимают действия по созданию новых, с куда более полным сгоранием топлива. [28]

Улучшая процесс сгорания топлива в двигателе внутреннего сгорания, использование электронной системы зажигания приводит к снижению содержания вредных веществ в выхлопных газах.

Для экономии топлива создаются различные типы зажигания. Инженеры югославского объединения «Электронная промышленность» создали электронную систему со сроком службы 30 000 часов, которая, помимо прочего, регулирует расход топлива. А одна из британских компаний использовала плазменную версию, позволяющую легко воспламенить обедненную горючую смесь. Автомобиль, оснащенный такой системой, потребляет всего 2 литра на 100 км пути.

Были разработаны и другие способы сохранения. Французская компания Renault экспериментирует с автомобильными газогенераторами. Сырьем для них служат древесная щепа, солома, кукурузная ботва и другие растительные остатки. Когда полученный газ сжигается в смеси с дизельным топливом, последнего требуется в 3-4 раза меньше.

Чистота выхлопных газов машины во многом зависит от карбюратора. Около 75% этих приборов, которые устанавливают на отечественных легковых автомобилях, производятся в Димитровграде[29].

Перед создателями карбюратора Ozone стояла задача получения более оптимальной смеси в разных режимах работы двигателя. Это означало снижение расхода топлива и, как следствие, снижение выбросов выхлопных газов.

С 1979 г. автомобили, сходящие с ВАЗа, оснащаются карбюраторами «Озон». Такие карбюраторы соответствуют текущим и будущим стандартам выбросов и позволяют экономить 10-15% топлива в течение ездового цикла.

Новый метод зажигания называется процессом активации лавинного горения, или сокращенно процессом «ЛАГ». Суть его в том, что факел химически активных продуктов от неполного сгорания этой смеси запускается из вспомогательной форкамеры в основную камеру сгорания бензиновоздушной смеси.

Форкамерный двигатель с его высокой мощностью гарантирует высокий КПД по расходу топлива и очень низкую токсичность выхлопных газов. [30].

### **2.1.2. Повышение качества автомобильных бензинов**

В настоящее время запрет на использование этилированного бензина в качестве автомобильного топлива имеет большое значение для улучшения экологической ситуации.

В большинстве северных стран континента его практически не применяют. Кроме того, все новые автомобили оснащены специальным каталитическим нейтрализатором и могут работать только на неэтилированном топливе. Такие же катализаторы устанавливаются на более старых автомобилях. [28].

Повысить качество автомобильного бензина можно следующими мерами:

- отказ от использования соединений свинца в бензине;
- снижение содержания серы в бензине до 0,05%, а в дальнейшем до 0,003%;
- снижение содержания ароматических углеводородов в бензине до 45%, а в перспективе до 35%;

- нормирование концентрации реальных смол в бензине по месту применения на уровне не более 5 мг на 100 см<sup>3</sup>;
- разделение бензина по фракционному составу и давлению насыщенных паров на 8 классов с учетом сезона эксплуатации автомобиля и температурного режима окружающей среды, характерного для данной климатической зоны. Наличие марок позволяет производить бензин с оптимальными для реальных температур окружающей среды свойствами, что обеспечивает работу двигателей без образования паровых пробок при температуре воздуха до +60 ° С, а также гарантирует высокую летучесть бензина и легкий запуск двигателя. -при температуре ниже 35 ° С;
- введение моющих присадок, предотвращающих загрязнение и осмоление деталей топливной системы, изображение присадок представлено на рисунке 2.7. Наиболее массовые бытовые бензины А-76, АИ-93 (ГОСТ 2084-77) и АИ-92 (ТУ 38.001165-97) не соответствуют заданным требованиям по содержанию свинца (для этилированного бензина), массовой доле серы, несоблюдение правил регулирования содержания бензола и добавок к моющим средствам.



Рисунок 2.7 – Вариации моющих топливных присадок

Для повышения качества моторных бензинов на нефтеперерабатывающих предприятиях повсеместно внедряются процессы производства высокооктановых компонентов, такие как каталитический крекинг, каталитический риформинг, гидрокрекинг, алкилирование и изомеризация.

Для изменения состава и качества автомобильного бензина необходимы стендовые, лабораторные, дорожные и эксплуатационные испытания соответствующих прототипов. [31].

### **2.1.3 Применение автомобильных нейтрализаторов**

Нейтрализаторы, установленные в выхлопных газах автомобилей, снизили общие выбросы токсичных веществ от автомобильного транспорта, например, в США с 76 миллионов тонн в 1980 году до 55 миллионов тонн в 1985 году. В этой стране более 85% автомобилей оснащены нейтрализаторами. [28].

Автокатализатор (катализатор дожигания твердого и жидкого топлива) обычно представляет собой сотовую (блочную) структуру с нанесенным слоем сплава платины или палладия, который служит катализатором процесса нейтрализации вредных выбросов транспортных средств в атмосферу.

Снижение вредных выбросов достигается за счет преобразования более 90% углеводородов, оксида углерода и оксидов азота (содержащихся в выхлопных газах бензиновых двигателей) в менее вредные диоксид углерода, азот и водяной пар. Кроме того, такие системы уменьшают загрязнение дизельных двигателей за счет преобразования 30-40% частиц сажи в диоксид углерода и водяной пар.

Несгоревшие остатки CO, CH, NO, соприкасаясь с поверхностью каталитического слоя, окончательно окисляются кислородом, присутствующим в выхлопных газах. В результате протекающей реакции



выделяется тепло, которое дополнительно нагревает катализатор (до 300 ° С), в результате чего активируется реакция окисления.

Автомобильный катализатор, расположенный в стальном корпусе, называется преобразователем выхлопных газов, который, в свою очередь, является частью системы выхлопных газов автомобиля (СВОГ).

Процесс производства нейтрализатора включает два основных этапа:

- прямое нанесение автокатализатора на металлическую или керамическую основу,
- помещение автокатализатора в металлический корпус – (canning).

Первый этап считается ключевой операцией технологии, при этом консервация не представляет серьезных технологических проблем и может выполняться на большинстве машиностроительных предприятий с использованием штамповочного и сварочного оборудования.

Расположение нейтрализатора в выпускной системе автомобиля может быть различным. Вариант расположения нейтрализатора можно увидеть на рисунке 2.8.

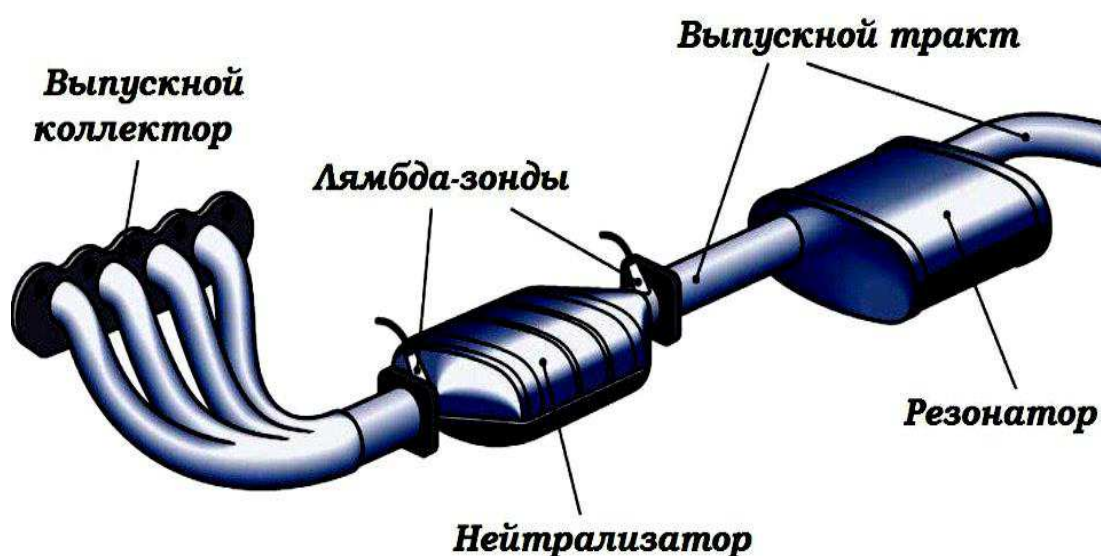


Рисунок 2.8 – Вариант расположения нейтрализатора

В большинстве автомобилей каталитический нейтрализатор расположен либо непосредственно после входа в глушитель, либо вместе с ним, образуя единое целое. Другой вариант расположения - прямо в выпускном коллекторе, реже за ним, перед впускной трубой. Последний вариант наименее эффективен в плане обслуживания. [32].

#### **2.1.4 Использование на базе автомобиля газового оборудования**

Перевод автомобилей на газовое топливо позволит снизить выбросы канцерогенных веществ в атмосферу почти в 100 раз. Снизится и потребление нефтепродуктов: каждая тысяча газобаллонных автомобилей позволит сэкономить 12 тысяч тонн грузовых перевозок, 6 тысяч тонн такси и 30 тысяч тонн пассажирских автобусов в год. Затраты на защиту окружающей среды и воздушного бассейна также будут значительно сокращены. [28].

Эксплуатирование природного газа в качестве автомобильного топлива - глобальная тенденция, которая активно развивается более чем в 80 странах, где парк таких автомобилей составляет около 22,5 млн. единиц. Все логично, так как мировые запасы газа велики, транспортировать его с мест добычи не составляет большого труда, что значительно снижает цену.

Кроме того, бережное отношение к окружающей среде играет важную роль при выборе метана. Если стоимость традиционного топлива вырастет, в частности, из-за перехода на новый экологический стандарт «Евро-6», то природный газ уже соответствует требованиям. При сжигании газа выброс токсичных вредных веществ в окружающую среду сокращается до десяти раз, а в выхлопных газах полностью отсутствуют сажи и соединения серы.

Кроме того, автомобили, работающие на газомоторном топливе, безопаснее своих аналогов. Кроме того, автомобили, работающие на КПГ, безопаснее своих аналогов. Не так давно европейские исследовательские центры провели краш-тесты автомобилей, работающих на сжиженном

нефтяном газе: имитация удара сзади на скорости 70 км / ч и имитация пожара. Поэтому ни машина, ни цилиндры не пострадали больше, чем бензиновый аналог.

Изображение установленного газобаллонного оборудования можно увидеть на рисунке 2.9.



Рисунок 2.9 – Вид установленного газобаллонного оборудования в автомобиле LADA GRANTA

Из-за более высокого октанового числа природного газа детонационное повреждение практически невозможно, что снижает нагрузку на детали цилиндро-поршневого агрегата и увеличивает срок их службы [33].

### **2.1.5. Использование водородного топлива в качестве основного**

Использование водорода в качестве основного топлива может радикально изменить всю будущую техническую цивилизацию. Самая главная проблема современности - охрана окружающей среды от загрязнения - будет являться практически решенной. [28].

Интерес к водороду как альтернативному топливу для транспорта обусловлен:

- возможность использования топливных элементов в FCEV с нулевым уровнем выбросов;
- потенциал отечественного производства;
- быстрая заправка авто (3-5 минут);
- по расходу и цене топливные элементы на 80% эффективнее обычного бензина.

Данные розничной торговли водородом, собранные и проанализированные Национальной лабораторией возобновляемых источников энергии, показывают, что среднее время пополнения FCEV составляет менее 4 минут.

Топливный элемент, подключенный к электродвигателю, в два-три раза быстрее и экономичнее, чем двигатель внутреннего сгорания, работающий на бензине. Водород также используется в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания (водород BMW Hydrogen 7 и Mazda RX-8). Однако, в отличие от FCEV, эти двигатели выделяют вредные выхлопные газы, которые не такие мощные, как двигатели, работающие на водороде, и быстрее изнашиваются. [34].

#### **2.1.6. Организация автомобильного движения в городах с целью улучшения экологической обстановки**

Чтобы снизить уровень загрязнения атмосферного воздуха, необходимо регулировать транспортные нагрузки на улицах городов, стараться их стандартизировать. В этом случае, прежде всего, стоит учесть структуру города - расположение промышленных и жилых зон, зон отдыха и центров культурно-бытового обслуживания. Наиболее загруженные участки транспортной сети следует продублировать за счет прокладки новых линий движения.

Основные дороги составляют около 20-30% от общей длины всех улиц и проездов в городе. Именно на них сосредоточено до 60-80% всего автомобильного движения, т.е. в среднем автомобильные дороги загружены примерно в 10-15 раз больше, чем другие проезды. [28].

При организации движения важно оптимизировать управление транспортным средством, так как выбросы вредных веществ и расход топлива во многом зависят от соблюдения правил эксплуатации автомобилей, в том числе от качества используемого ГСМ, нормы его расхода, способов хранения подвижного состава. , использование рациональных методов и приемлемость управления транспортным средством и ряд других факторов, зависящих от водителей и обслуживающего персонала.

В этом списке способы их передвижения существенно влияют на экологичность машин, так как это связано с токсичностью выхлопных газов. Эти режимы делятся на установившееся и нестационарное. В общем случае, когда автомобиль находится в движении, можно различать ускорение, замедление, работу двигателя внутреннего сгорания на холостом ходу и движение с приблизительно постоянной скоростью в их различных комбинациях, когда автомобили едут в городских транспортных потоках.

Основное внимание следует уделять правильному расположению дроссельной заслонки и переключению передач при ускорении. При движении по густонаселенным местам чрезмерное ускорение автомобиля обычно приводит к резкому торможению перед светофором или встречным препятствием, что приводит к дополнительному расходу топлива.

Чтобы снизить расход топлива и выброс вредных веществ на хорошей дороге, следует использовать наивысшую приемлемую передачу, и здесь важно не давать двигателю внутреннего сгорания работать на малых оборотах, чтобы избежать повышенного износа.

Однако особенно сложно обеспечить оптимальное функционирование автомобилей в дорожном движении на перекрестках улиц, где

увеличиваются задержки транспортных средств, возникают заторы, возникают нестабильные режимы движения, вызывающие повышенный расход топлива и увеличение выбросов вредных веществ в атмосферу.

Изображение последствия выбросов вредных веществ от автомобилей, в связи с пробкой, представлено на рисунке 2.10.



Рисунок 2.10 – Смог (фотохимический туман), появившийся в результате автомобильной пробки.

При этом более 30% дорожно-транспортных происшествий происходит на перекрестках с их незначительной частью проезжей части. Для обеспечения эффективного и безопасного движения на перекрестках требуется современное управление светофором на основе автоматизированных систем управления движением (АСУД). [35].

Далее рассмотрим два метода, которые в настоящее время могут изменить экологическую ситуацию в центральном районе города Красноярска.

## **2.2 Повышение качества обслуживания пассажиров общественным транспортом с применением средств организации дорожного движения**

Общественный транспорт города Красноярска, в настоящее время является самой социально-значимой единицей городского транспортного комплекса. Опираясь на данный факт, можно сказать, что повышение качества обслуживания пассажиров общественным транспортом – это один из самых важных социально-экономических вопросов, требующих быстрого реагирования.

Качество обслуживания пассажиров транспортом общего пользования, это, как правило, совокупность свойств процесса перевозки и в целом перевозочной системы, которые обусловлены определенными нормативными требованиями.

Показатель нормы качества – это определенное значение показателя, которое должно соответствовать требованиям и запросам различным методическим оценкам.

В данной работе предлагаю к рассмотрению тот показатель качества, который будет тесно связан с экологией, и который можно усовершенствовать с применением средств организации дорожного движения. Данным показателем является скорость движения.

Для улучшения данного показателя, предлагаются следующие организационные меры:

- организация и доработка выделенных полос для движения городского маршрутного транспорта;
- установка приоритетных знаков с учётом предоставления преимущества для общественного транспорта;
- совершенствование организации светофорного регулирования, с целью предоставления приоритета движения городского общественного





Выделенные полосы обеспечивают транспортным средствам общего пользования отличную от общего потока скорость, как следствие соблюдение временных рамок маршрута. В то время как основной поток замедляет движения в связи затором, пробками и т.д., маршрутное транспортное средство беспрепятственно продолжает свое движение в пределах своего маршрута, как показано на рисунке 2.12.



Рисунок 2.12 – Преимущество маршрутного транспортного средства, находящегося на выделенной полосе, перед основным потоком.

К сожалению, не на всем протяжении маршрутов у общественных транспортных средств есть преимущество в виде выделенной полосы. Двигаясь по полосе, транспортная единица общего пользования в среднем движется с предельной допустимой скоростью, но как только она переходит



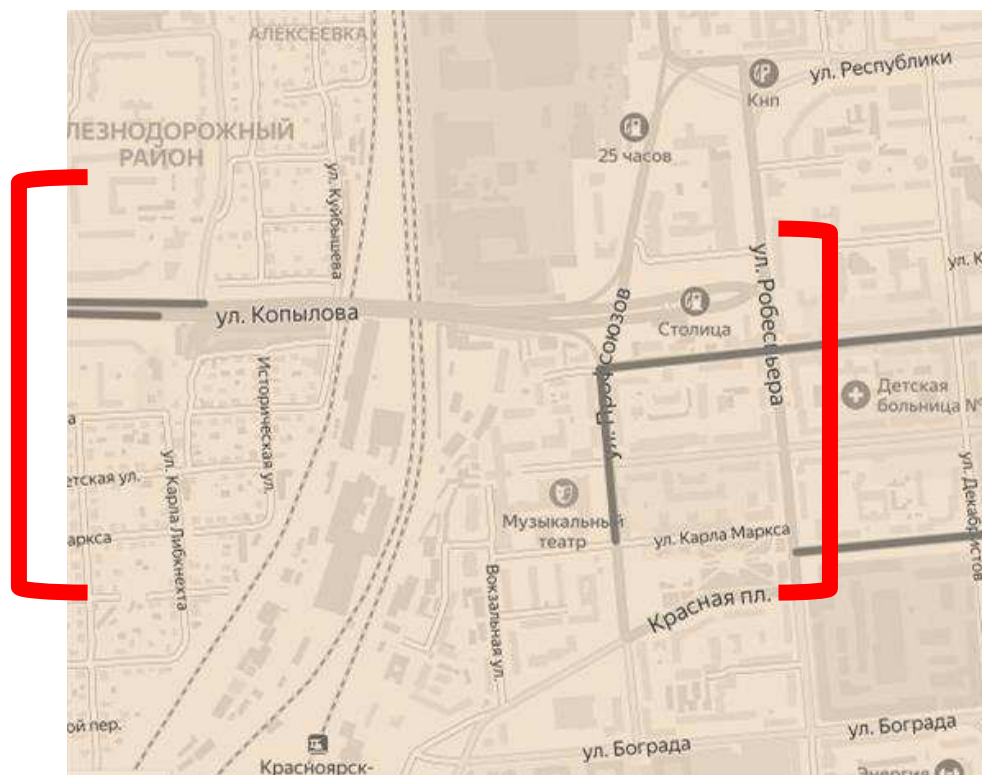


Рисунок 2.14 – Участок обрыва выделенной полосы на Копыловском мосту.

После проведенных наблюдений стало ясно, что модернизировать участок на Копыловском мосту не целесообразно, так как там всего две полосы. Если мы передадим одну полосу в пользование маршрутным транспортным средствам, то не смотря на то, что автобусы будут беспрепятственно передвигаться, основной поток теперь будет стоять не на двух полосах, а на одной и затор может занять на много большую протяженность, и как следствие большую площадь загрязнения. Поэтому данный участок можно исключить.

Теперь, чтобы обосновать необходимость в модернизации участка на улице Карла Маркса, пользуясь методикой, описанной в приказе Минприроды России от 27.11.2019 N 804 "Об утверждении методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха" [39], проведем необходимые расчеты.

Для расчета величин выбросов автотранспортных потоков используются усредненные значения выбросов на километр автодороги (г/км), соотнесенные с каждым учитываемым типом транспортных средств при их движении на участках автодорог (далее - удельные пробеговые выбросы).

Выбросы взвешенных частиц PM<sub>2,5</sub> от автотранспортных потоков при проведении Сводных расчетов учитываются в составе выбросов взвешенных веществ.

Значения удельных пробеговых выбросов приведены в таблице N 2 приложения N 1 к настоящей методике [39].

Значение выбросов *i*-го загрязняющего вещества (г/с) от движущегося автотранспортного потока на автодороге (участке автодороги) с фиксированной протяженностью *L* (км) определяется по формуле (1):

$$M_{Li} = \frac{L}{1200} \sum_1^k M_{k,i}^L * G_k(G_{кп}) * r_{V_{k,i}}, \quad (1)$$

*L* (км) - протяженность автодороги (участка автодороги);

$M_{k,i}^L$  (г/км) - удельный пробеговой выброс *i*-го загрязняющего вещества *k*-й типы транспортного средства (определяется по таблице N 2 приложения N 1 настоящей методике);

*G<sub>k</sub>* - фактическая наибольшая интенсивность движения, которая определяется как наибольшее количество транспортных средств каждой из *k* групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автодороги за единицу времени (20 минут) в двух направлениях по всем полосам движения;

*G<sub>кп</sub>* - количество транспортных средств каждого из *k* типов, находящихся на всей протяженности обследуемой автодороги в "пробке" в течение 20 мин. При наличии "пробки" *G<sub>k</sub>* заменяется на *G<sub>кп</sub>*;

*k* - количество групп транспортных средств;

$\gamma_{vk,i}$  - поправочный коэффициент, учитывающий зависимость изменения количества выбрасываемых загрязняющих веществ от средней скорости движения автотранспортного потока ( $V_{k,i}$  (км/час) на выбранной автодороге (участке автодороги), определяемый по таблице N 3 приложения к настоящей методике. Минимальная скорость движения в "пробке" принимается равной 5 км/час. Для выбросов оксидов азота применяется коэффициент  $\gamma_{vk,l}$  ( $NO_x$ ).

После проведенных наблюдений стало ясно, что в среднем, на данном отрезке за 20 мин, проезжают: 314 легковых автомобилей, 30 фургонов, 11 грузовых и 60 единиц маршрутных транспортных средств.

Расчет будет проводиться по 4 видам выбрасываемых веществ ( $CO$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  и  $PM_{2,5}$ ), для каждого типа автомобилей. При расчете принимаем, что средняя скорость потока равна 45 км/ч, отсюда следует, что коэффициент  $\gamma_{vk,l}$  равен 0,65.

Для легковых:

$$M_{L_{CO}} = 0,0004 * 0,9 * 314 * 93 * 0,65 = 6,8 \text{ г/с};$$

$$M_{L_{NO}} = 0,0004 * 0,043 * 314 * 93 * 0,65 = 0,32 \text{ г/с};$$

$$M_{L_{NO_2}} = 0,0004 * 0,264 * 314 * 93 * 0,65 = 2 \text{ г/с};$$

$$M_{L_{PM_{2,5}}} = 0,0004 * 0,0055 * 314 * 93 * 0,65 = 0,04 \text{ г/с};$$

$$M_{L_{\Sigma}} = 9,2 \text{ г/с} = 0,2 \text{ тыс. т/г.}$$

Для фургонов:

$$M_{L_{CO}} = 0,0004 * 4,6 * 30 * 93 * 0,65 = 6,8 \text{ г/с};$$

$$M_{L_{NO}} = 0,0004 * 0,234 * 30 * 93 * 0,65 = 0,32 \text{ г/с};$$

$$M_{L_{NO_2}} = 0,0004 * 1,44 * 30 * 93 * 0,65 = 2 \text{ г/с};$$

$$M_{L_{PM_{2,5}}} = 0,0004 * 0,037 * 30 * 93 * 0,65 = 0,04 \text{ г/с};$$

$$M_{\Phi_{\Sigma}} = 4,5 \text{ г/с} = 0,14 \text{ тыс. т/г.}$$

Для остальных типов автомобилей расчет провели по аналогии и получили следующие суммарные значения в тыс. т/г, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Суммарные показатели по типам автомобилей

Суммарные показатели по типам автомобилей	Выбросы в г/с	Выбросы в тыс. т/г
$M_{Л\Sigma}$	9,2	0,29
$M_{Ф\Sigma}$	4,5	0,14
$M_{Г\Sigma}$	2,9	0,09
$M_{А\Sigma}$	13,6	0,41

Далее приводим суммы к одному значению и получаем общее количество выбросов на рассматриваемом участке за год:

$$\Sigma M_{\Sigma} = 0,94 \text{ тыс. т/г.}$$

Соотношение выбросов можно увидеть на рисунке 2.15.

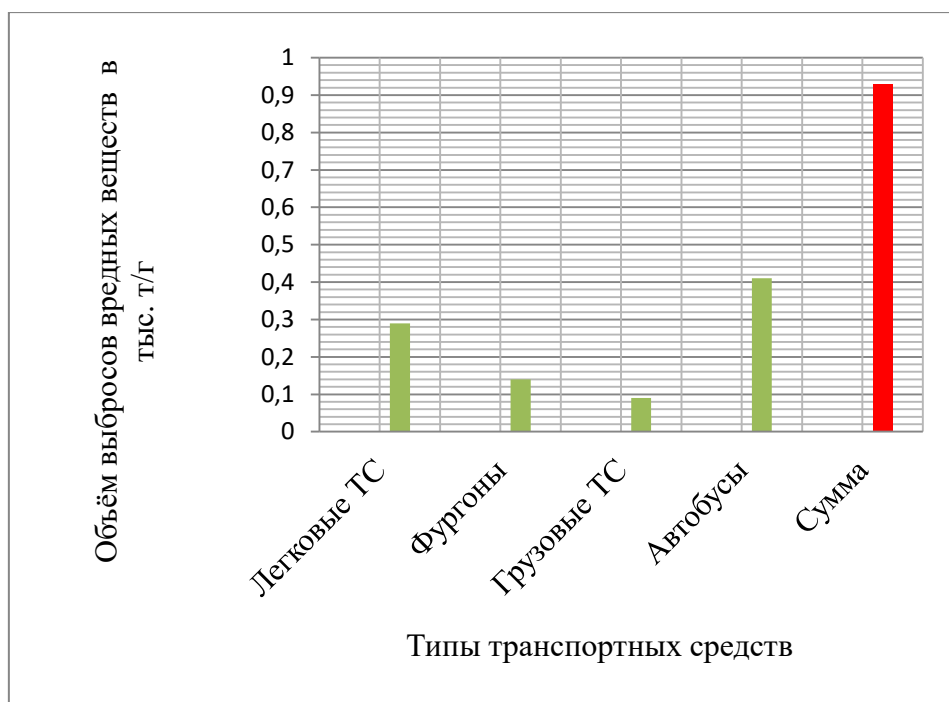


Рисунок 2.15 – Соотношение выбросов различных типов ТС

Следующим шагом проекта будет перенести на выделенную полосу автобусы и часть легковых автомобилей, эксплуатируемых в качестве легковых такси. На данном этапе также следует взять в расчет тот факт, что при движении по выделенной полосе, скорость движения автобуса увеличивается до предельной допустимой (60 км/ч). Исходя из выше описанного, меняем коэффициент  $\gamma_{vk,l}$  на значение равное 0,30 и проводим повторный расчет.

$$M_{ACO} = 0,0004 * 3,9 * 60 * 93 * 0,30 = 2,61 \text{ г/с};$$

$$M_{ANO} = 0,0004 * 0,76 * 60 * 93 * 0,30 = 0,5 \text{ г/с};$$

$$M_{ANO_2} = 0,0004 * 4,72 * 60 * 93 * 0,30 = 3,1 \text{ г/с};$$

$$M_{APM_{2,5}} = 0,0004 * 0,0025 * 60 * 93 * 0,30 = 0,0016 \text{ г/с};$$

$$M_{A_{\Sigma}} = 6,2 \text{ г/с} = 0,1 \text{ тыс. т/г}.$$

Теперь повторно приводим суммы к одному значению с уже измененным показателем выбросов от автобусов и сравниваем его с предыдущим. Результат сравнения представлен на рисунке 2.16.

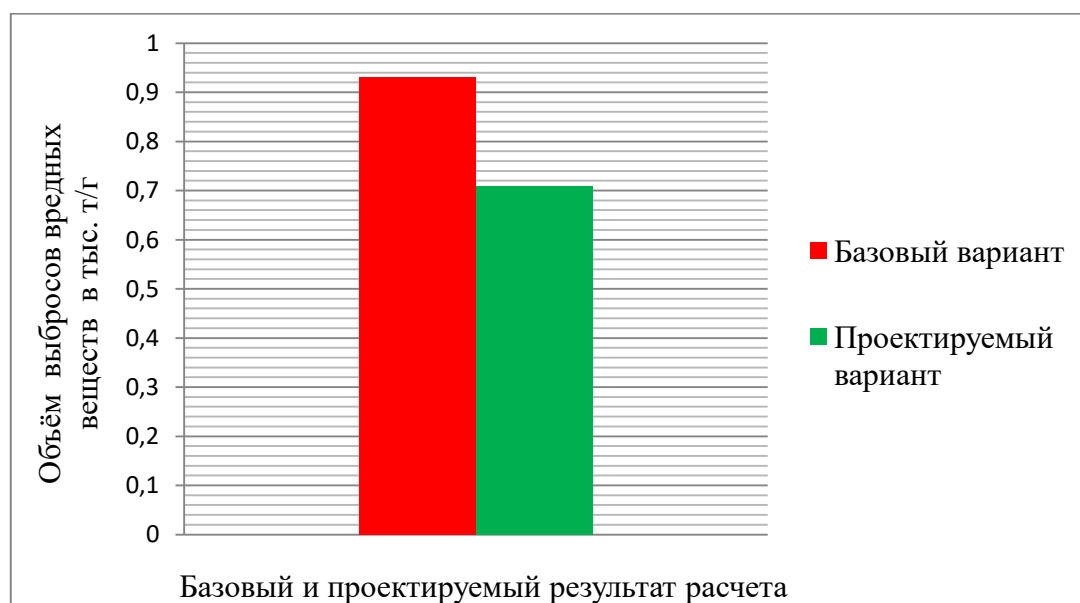


Рисунок 2.16 – Результат модернизации отрезка проезжей части, путем ввода выделенной полосы.

Таким образом, ввод выделенной полосы на рассматриваемом участке улицы Карла Маркса теоретически сможет снизить автомобильные выбросы в Центральном районе на 0,22 тыс. т. в год.

### **2.3 Ограничение допуска транспортных средств в отдельные районы города**

На сегодняшний день, практически во всех крупных городах присутствует транспортный кризис. Проявляется он, конечно же, в автомобильных «пробках» и острой нехватке парковочных мест, не говоря уже о шумах и других видах загрязнения.

В то время, когда происходило строительство городов, несомненно, никто и не предполагал, что в будущем в них будет такое количество транспортных средств. Плюс к этому, повсеместно идет точечная застройка, которая на деле почти не обременяется контролем.

На мой взгляд, самым действенным способом борьбы с транспортным кризисом является введение мер по ограничению личного автотранспорта в городах.

Коммунистическая партия Российской Федерации в 2013 году предложила следующие меры по ограничению личного транспорта в городах:

1. Социальная реклама, с пропагандой преимущества отказа граждан от личного автомобиля.
2. Повышение транспортного налога.
3. Повышение штрафных санкций для нарушителей ПДД.
4. Пожизненное лишение водительских прав за грубое и систематическое нарушения ПДД.
5. Аннулирование водительских прав для граждан после 65 лет.
6. Производить выплаты гражданам 5 тысяч рублей при сдаче личного транспорта на лом.



Естественно все эти меры должны сочетаться с развитием общественного транспорта [37].

Если воспользоваться данными мерами, вероятнее всего можно ожидать волну народного недовольства, вдобавок к этому, на воплощение данных действий уйдет много времени, организационные процессы будут долгими, а вред, наносящийся экологии с каждой секундой будет расти.

В рамках XI Международного форума и выставки «Транспорт России», начальник сектора научного обеспечения развития транспортного комплекса города НПО ТиД, принял участие в научно-практической конференции «Новые вызовы в управлении мобильностью» и выступил с докладом на данную тему. В рамках выступления было сказано, что альтернативные меры работают лучше запретительных, и было предложено в виде альтернативы строительство перехватывающих парковок [38]. Изображение перехватывающей парковки можно увидеть на рисунке 2.17.



Рисунок 2.17 – Перехватывающая парковка в городе Москва, находящаяся в ТПУ у станции метро.

В настоящее время население города ценит свое время и средства, и поэтому многие добровольно выбирают именно транспорт общего пользования. Правильным действием будет и дальше развивать направление общественного транспорта, делая его доступным и привлекательным для жителей Красноярска, каждый деньдвигающихся в центр города на место работы, учебы и по другим делам.

Для осуществления данного проекта нужно на общегородском уровне проектировать и строить перехватывающие парковки на подходах к Центральному району, при этом учитывая их расположение рядом с транспортно пересадочными узлами. Этот шаг должен привести к постепенному отказу от поездок на собственном транспортном средстве, в сторону передвижения на транспорте общего пользования.

Чтобы доказать данную теорию воспользуемся методикой описанной в распоряжении Росприроднадзора от 01.11.2013 N 6-р (ред. от 13.12.2019) "Об утверждении Порядка организации работ по оценке выбросов от отдельных видов передвижных источников" [40] и проведем расчеты.

Для вычислений потребуется формула (2), с помощью которой можно определить выброс  $i$ -го загрязняющего вещества автотранспортными средствами соответствующего  $j$ -го расчетного типа при движении по улично-дорожной сети крупнейших и сверхкрупных городов (с численностью населения свыше 1 млн. чел.).

$$M_{1ij} = m_{1ij} * L_{1j} * N_{1j} * 10^{-6}, \text{ тыс. т,} \quad (2)$$

где:

$m_{1ij}$  - удельный выброс  $i$ -го загрязняющего вещества АТС  $j$ -го расчетного типа при движении по городским улицам и дорогам крупнейших и сверхкрупных городов (с численностью населения свыше 1 млн. чел.), г/км (таблица 4) [40];

$L1j$  - среднегодовой пробег АТС  $i$ -го расчетного типа по городским улицам и дорогам, тыс. км (таблица 3) [40];

$N1j$  - количество АТС  $j$ -го расчетного типа, зарегистрированных на территории города (с численностью населения свыше 1 млн. чел.) по данным ГИБДД, ед.

Для проведения расчета, методом статистической обработки было получено распределение количества транспортных средств в городе Красноярске по экологическим классам, которое основано на статистике ГИБДД. Результат представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Численность автомобилей каждого экологического класса

	Евро 0	Евро 1	Евро 2	Евро 3	Евро 4	Евро 5	Всего
Легковые	11162	30014	46419	67924	99815	180034	449371

На основании этого, принимаем, что одна перехватывающая парковка имеет вместительность 300 автомобилемест, при условии, что на парковке будут стоять только легковые автомобили.

Из полученного выше распределения имеем, что число автомобилей класса Евро 0 будет занимать 6 мест, Евро 1 – 18 мест, Евро 2 – 27мест, Евро 3 – 39 мест, Евро 4 – 58 мест, Евро 5 – 152 места.

Далее рассчитаем количество выбросов вредных веществ, которое теоретически не будет выброшено в атмосферу Центрального района автомобилями, стоящими на парковке. Расчет будет проводится по следующим веществам:

СО - оксид углерода;

NO<sub>x</sub> - оксиды азота (в пересчете NO<sub>2</sub>);

SO<sub>2</sub> - диоксид серы;

CH<sub>4</sub> – метан.

Расчет для легковых автомобилей класса Евро 0:

$$M_{0CO} = 29,3 * 10 * 6 * 10^{-6} = 0,0017 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0NOx} = 1,15 * 10 * 6 * 10^{-6} = 0,000069 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0SO2} = 0,022 * 10 * 6 * 10^{-6} = 0,0000013 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0CH4} = 0,044 * 10 * 6 * 10^{-6} = 0,0000024 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0\Sigma} = 0,00183 \text{ тыс. т/Г}.$$

Расчет для легковых автомобилей класса Евро 1:

$$M_{0CO} = 9,2 * 10 * 18 * 10^{-6} = 0,0016 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0NOx} = 0,72 * 10 * 18 * 10^{-6} = 0,00012 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0SO2} = 0,018 * 10 * 18 * 10^{-6} = 0,0000032 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0CH4} = 0,015 * 10 * 18 * 10^{-6} = 0,0000027 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0\Sigma} = 0,00179 \text{ тыс. т/Г}.$$

Расчет для легковых автомобилей класса Евро 2:

$$M_{0CO} = 6,2 * 10 * 27 * 10^{-6} = 0,0017 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0NOx} = 0,28 * 10 * 27 * 10^{-6} = 0,000069 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0SO2} = 0,016 * 10 * 27 * 10^{-6} = 0,0000013 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0CH4} = 0,01 * 10 * 27 * 10^{-6} = 0,0000024 \text{ тыс. т/Г};$$

$$M_{0\Sigma} = 0,00175 \text{ тыс. т/Г}.$$

Для остальных легковых автомобилей расчет провели по аналогии и получили следующие суммарные значения в тыс. т/Г, указанные в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Суммарные значения выбросов по экологическим классам автомобилей

Суммарные показатели по типам автомобилей	Выбросы в тыс. т/г
$M_{0\Sigma}$	0,00183
$M_{1\Sigma}$	0,0179
$M_{2\Sigma}$	0,0175
$M_{3\Sigma}$	0,0133
$M_{4\Sigma}$	0,00024
$M_{5\Sigma}$	0,0006

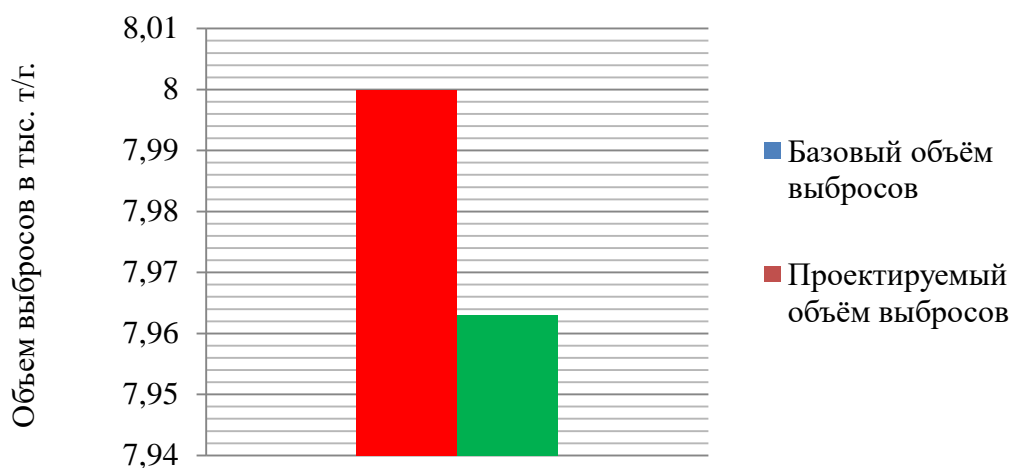
Далее приводим суммы к одному значению и получаем общее количество выбросов, которое теоретически не будет выброшено благодаря перехватывающей парковке:

$$\Sigma M_{\Sigma} = 0,0075 \text{ тыс. т/г.}$$

В ходе проекта планируется создание 5 перехватывающих парковок на границах Центрального района, в пределах территории, включающей ул. Карла Маркса, ул. Ленина и проспект Мира, так как, именно на этой местности сконцентрированы культурные объекты, парки, места отдыха и досуга. Предполагаемые места установки перехватывающих парковок показаны в приложении Б.

Исходя из выше описанного, объём сокращаемых выбросов увеличивается до 0,037 тыс. т/г (37 тонн в год).

Соотношение базового и проектируемого объёма выбросов можно увидеть на диаграмме 2.18.



Базовый и проектируемый объемы выбросов

Рисунок 2.18. – Соотношение базового и проектируемого объёма выбросов

Благодаря предлагаемому подходу, направленному на сокращение выбросов вредных веществ, получим, что теоретически снижение составит 37 тонн за год.

#### 2.4. Улучшение экологической ситуации в Центральном районе с помощью комплексного подхода

В пунктах 2.2 и 2.3 были рассмотрены два проекта, способных теоретически улучшить экологическую обстановку в Центральном районе города Красноярска, с помощью применения средств организации дорожного движения. По итогам расчетов, каждый метод показал свои результаты, но в действительности, при одиночном использовании они являются малоэффективными, поэтому, следует подойти к данному вопросу комплексно.

На графике 2.19 показаны итоговые результаты расчетов при проектировании выделенной полосы, перехватывающих парковок и действительный объем выбросов, актуальный на сегодняшний день.

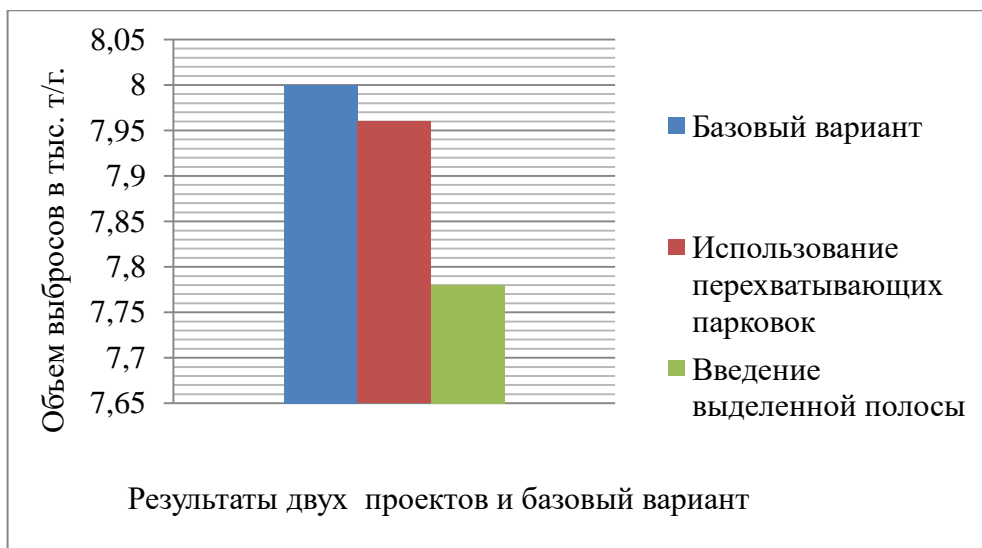


Рисунок 2.19 – Результаты двух проектов и базовый вариант

Далее объединяем показатели выбросов, полученных в ходе двух проектов. Получается комплекс задач по снижению выбросов вредных веществ в Центральном районе города Красноярска, который будет показывать один, более значимый, с экологической точки зрения результат.

Итоговый вид графика, при решении задач с помощью комплексного подхода, представлен на рисунке 2.20.



Рисунок 2.20 – Результаты двух проектов и базовый вариант

Таким образом, прибегая к комплексному решению проблемы, удалось снизить объём выбросов в рассматриваемом районе на 0,257 тыс. т/г (257 тонн в год).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе на тему «Оценка влияния автомобильно транспорта на экологию центрального района города Красноярск» были разработаны мероприятия по снижению выбросов вредных веществ автотранспорта в Центральном районе города Красноярск.

В первой части бакалаврской работы было предоставлено технико-экономическое обоснование, в котором отражена настоящая экологическая ситуация как в самом городе, так в городском центре в динамической прогрессии.

После анализа стало ясно, что Центральный район занимает примерно 10% городской площади, поэтому, от общего городского объема выбросов он принимает на себя около 8 тыс. тонн в год.

В основной части выпускной квалификационной работы были рассмотрены мероприятия по снижению объема выбросов от автотранспорта, такие как: ограничение допуска транспортных средств в отдельные районы города, организация автомобильного движения и использование комплексного подхода с целью эффективного решения задач.

Применение перехватывающих парковок позволит снизить выбросы от автотранспорта в Центральном районе на 37 т/г, а введение выделенной полосы в месте обрыва на улице Карла Маркса на 220 т/г.

Мероприятия, предложенные в работе, способны как в комплексе, так и индивидуально снизить негативное влияние автомобильного транспорта на экологию центра города, но все же при совместном применении, результат будет намного эффективнее. Применив комплексно все предложенные методы, за один год получится снизить количество выбросов от городского транспорта на 3,5%, что соответствует снижению на 257 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

ул – улица

уд.вес – удельный вес

ТС – транспортное средство

ТПУ – транспортно пересадочный узел

УДС – уличная дорожная сеть

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ильдерханова, Анастасия Олеговна. Обеспечение интегрированного функционирования различных видов пассажирского транспорта г. Красноярска [Электронный ресурс] : <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/67569>

2 Томшина, Владлена Евгеньевна. Снижение отрицательного влияния автотранспорта на экологию города Красноярска [Электронный ресурс] : <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/136657>

3 Чем мы дышим, когда над Красноярском нависает «чёрное небо»? : [Электронный ресурс]: сайт / [dprom.online](http://dprom.online) – Режим доступа: <https://dprom.online/unsolution/chyornoe-nebo-v-krasnoyarske-s-mesta-sobytij/>

4 Обеспеченность автомобилями в крупнейших городах России: [Электронный ресурс]: сайт / Аналитическое агентство Автостат – Режим доступа: <https://www.autostat.ru>

5 Город, который не видно: можно ли спасти Красноярск от едких выбросов: [Электронный ресурс]: сайт / Новостной портал – Режим доступа: <https://ngs24.ru/text/gorod/2020/02/21/68979022/>

6 Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2019 году: [Электронный ресурс]: сайт / Министерство экологии – Режим доступа: [http://www.mpr.krskstate.ru/dat/bin/art/45884\\_svodnij\\_doklad\\_2019.pdf](http://www.mpr.krskstate.ru/dat/bin/art/45884_svodnij_doklad_2019.pdf)

7 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)/

8 Константинов А.П. Экология и здоровье: опасности мифические и реальные // Экология и жизнь № 8, 2012 г., с. 90 - 91.

9 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.

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

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

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

13 Официальный сайт администрации города Красноярска (официальный сайт) [Электронный ресурс] – режим доступа : <http://www.admkrsk.ru/Pages/default.aspx>

14 Акулов, Константин Андреевич. Оценка влияния автомобильного транспорта на экологию крупного города [Электронный ресурс] – режим доступа : <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/136814>

15 Любимов В.Б., Золотухин А.И., Назаров Ю.В. Мониторинг содержания тяжелых металлов в почве антропогенных экосистем Прихоперья // Естествознание и гуманизм. – Томск: Сиб. ГМУ, 2005. – Т. 2. – № 1 – С. 104–105.

16 Фокин, С.Г. Оценка риска здоровью населения при проектировании транспортных потоков Москвы // Гигиена и санитария. 2009. № 6. С. 36- 38.

17 Семиехина М.Е. Роль автотранспорта в загрязнении окружающей среды города Брянска, Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2010. № 10. С. 81-87.

18 Сазонова О.В., Сухачёва И.Ф., Дроздова Н.И., Якунова Е.М., Галицкая А.В. Роль автотранспорта в загрязнении среды обитания и влиянии на здоровье населения Самарской области, Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3-6. С. 1944-1948.

19 Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015: [Электронный ресурс]: сайт / Министерство природных ресурсов – Режим доступа: [https://www.mnr.gov.ru/docs/o\\_sostoyanii\\_i\\_ob\\_okhrane\\_okruzhayushchey\\_sredy\\_rossiyskoy\\_federatsii/http\\_new\\_mnr\\_gov\\_ru\\_docs\\_gosudarstvennye\\_doklady/?special\\_version=Y](https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/http_new_mnr_gov_ru_docs_gosudarstvennye_doklady/?special_version=Y)

20 Геоэкологическая характеристика и оценка влияния автотранспорта на компоненты окружающей среды города Томска: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/53091194.pdf>

21 Мякишева Т. А., Экология как наука. — Спб.: Арапов, 2009. – 350 с.

22 Свиблова Т. К., Экологически-экономические принципы. Учебник. — М.: Финансы и статистика, 2012. — 240 с.

23 Комин Б. Н., Цветкова А. К Проблемы современной экологии. Кто виноват и что делать? Журнал/под редакцией С. Ю. Комарова. –М. 2011. — 30 с.

24 Юсупов К. С. Экономика как метод решения мировых кризисов. Журнал. — Спб.: Юлов, 2010. — 40 с.

25 Котенёв, И. А. Эколога-экономические методы снижения ущерба от выбросов веществ автотранспортом. Журнал Молодой учёный №15 (201) апрель 2018 г. – С. 4-6.

26 Трушина Т. П., Экологические основы природопользования.- М: Дашков и КО, 2006 г. – 196 с.

27 Ануфриева В.В., Анализ воздухоохранной деятельности Белебеевского АТП, 2014 г. – 110 с.

28 Куров Б.М. Как уменьшить загрязнение окружающей среды автотранспортом? // Россия в окружающем мире. - Аналитический ежегодник. 2000

29 Шестопалов К.С. Устройство, техническое обслуживание легкового автомобиля. Учебное пособие. Москва. Издательство ДОСААФ. 1990.

30 Совершенствование двигателей внутреннего сгорания:  
[Электронный ресурс]: сайт / Студопедия – Режим доступа:  
[https://studopedia.ru/21\\_15819\\_sovershenstvovanie-dvigately-vnutrennego-sgoraniya.html](https://studopedia.ru/21_15819_sovershenstvovanie-dvigately-vnutrennego-sgoraniya.html)

31 ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО БЕНЗИНА:  
[Электронный ресурс]: сайт / Vuzlit.ru – Режим доступа:  
[https://vuzlit.ru/736514/povyshenie\\_kachestva\\_avtomobilnogo\\_benzina](https://vuzlit.ru/736514/povyshenie_kachestva_avtomobilnogo_benzina)

32 Обзор рынка автомобильных катализаторов в России. 2 издание:  
[Электронный ресурс] – Режим доступа:  
[http://www.infomine.ru/files/catalog/474/file\\_474\\_eng.pdf](http://www.infomine.ru/files/catalog/474/file_474_eng.pdf)

33 Экология и безопасность: почему автомобили на природном газе — это хорошо: [Электронный ресурс]: сайт / AUTONEWS – Режим доступа:  
<https://www.autonews.ru/news/5c21f93d9a79471c145948cd>

34 Все, что нужно знать о водородном топливе будущего:  
[Электронный ресурс]: сайт / zap-online.ru – Режим доступа: <https://zap-online.ru/info/avtonovosti/vse-chto-nuzhno-znat-o-vodorodnom-toplive-budushchego>

35 Экологические требования к организации дорожного движения:  
[Электронный ресурс]: сайт / privetstudent.com– Режим доступа:  
<https://privetstudent.com/referaty/referaty-po-ekologii/1436-ekologicheskie-trebovaniya-k-organizacii-dorozhnogo-dvizheniya.html>

36 Гуринов, Дмитрий Петрович. Совершенствование нормирования параметров городского пассажирского транспорта общего пользования  
[Электронный ресурс] : сайт / <http://elib.sfu-kras.ru> – Режим доступа:  
[http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/67558/gurinov\\_d\\_p\\_magisterskaya\\_dissertatsia.pdf?sequence=1](http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/67558/gurinov_d_p_magisterskaya_dissertatsia.pdf?sequence=1)

37 Меры по ограничению личного автотранспорта в городах  
[Электронный ресурс] : сайт / <https://www.opentown.org> – Режим доступа:  
<https://www.opentown.org/news/24991/>

38 Механизмы ограничения личного автотранспорта в городах. Запреты или альтернативы? [Электронный ресурс] : сайт / Институт генплана Москвы – Режим доступа: [https://genplanmos.ru/publication/2017\\_12\\_13\\_transport/](https://genplanmos.ru/publication/2017_12_13_transport/)

39 Приказ Минприроды России от 27.11.2019 N 804 "Об утверждении методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха" [Электронный ресурс] : сайт / ГАРАНТ.РУ информационно-правовой портал – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73240708/>

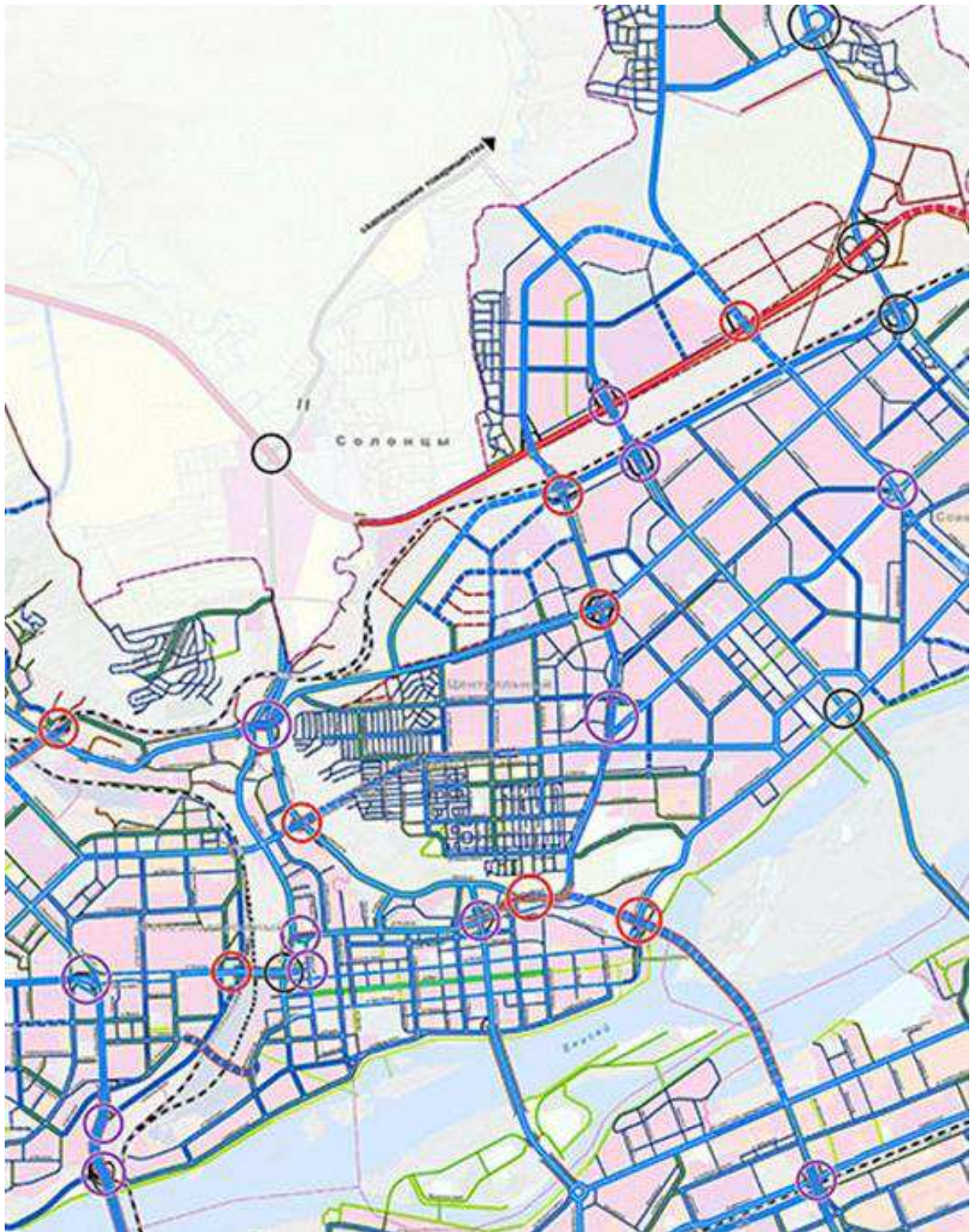
40 Распоряжение Росприроднадзора от 01.11.2013 N 6-р (ред. от 13.12.2019) "Об утверждении Порядка организации работ по оценке выбросов от отдельных видов передвижных источников" [Электронный ресурс] : сайт / «Кодекс» – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/499073959>

41 Акулов, К. А. Автомобилизация и ее воздействие на экологию Красноярского края / К. А. Акулов, Е. С. Воеводин // Техника и технология транспорта. – 2021. – № 2(21).

42 Акулов, К. А. Анализ оценки влияния автомобильного транспорта на экологию городской среды / К. А. Акулов, Е. С. Воеводин // Наукосфера. – 2020. – № 12-1. – С. 160-163

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Дорожная сеть Центрального района города Красноярска крупным планом



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Предполагаемые места установки перехватывающих парковок





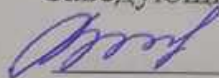
## **ПРИЛОЖЕНИЕ В**

Презентационный материал

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е.С. Воеводин

« 15 » 06 2021 г.



### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.01 – Технология транспортных процессов

«ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНО ТРАНСПОРТА НА ЭКОЛОГИЮ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ГОРОДА КРАСНОЯРСКА»

Руководитель

Выпускник

Е.С. Воеводин

Ю.О. Гордиенко

Красноярск 2021