

МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА № 11 ИМ. А. С. ПУШКИНА

Экология. Исследовательский проект

Уровень загрязнения СО на остановках
общественного транспорта города Воронежа

Автор

ученица 8 «А» класса

Степаненко Наталья

Руководитель

учитель химии

Голубничая Мария Андреевна

Содержание

Введение	3
1 Теоретическая часть	5
1.1 Автотранспорт и его влияние на экологию города	5
1.2 Классификация автомобилей	6
1.3 Основные виды топлива, используемые в автотранспорте	7
1.3.1 Автомобильные бензины	7
1.3.2 Дизельное топливо	8
1.3.3 Топливо для газобаллонных автомобилей	9
1.4 Причины дымления автомобилей	10
1.5 Краткая характеристика монооксида углерода СО (угарного газа) и его влияние на природную среду и человека	10
2 Практическая часть	12
2.1 Методы исследования	12
2.1.1 Остановка ”ул. Карла Маркса”	15
2.1.2 Остановка ”Кинотеатр ”Спартак”	15
2.1.3 Остановка ”ТЮЗ”	16
2.2 Результаты исследования	17
Заключение	18
Список литературы	19
Приложение А Коэффициенты для расчета уровня загрязнения СО .	20
Приложение Б Листинг программы расчета загрязнения приземно- го слоя атмосферного воздуха СО	23

Введение

Ежегодно в России происходит рост численности населения по данным Росстата и по оценке уже к 2036 году численность составит 153,2 млн человек. Каждый человек с самого рождения стремится к удовлетворению своих амбиций, к хорошей стабильной жизни. И так уж сложилось, что признаком успешности человека в жизни является наличие большого количества денег, сбережений, недвижимости, и, в частности, автомобилей. Для кого-то это просто средство передвижения, для кого-то показатель статуса.

Актуальность темы исследования. Одной из острых экологических проблем настоящего времени является загрязнение атмосферного воздуха. В больших городах к числу основных источников загрязнения атмосферного воздуха относятся автотранспорт. Отходящие газы двигателей содержат сложную смесь из более двухсот компонентов, среди которых немало канцерогенов. Вредные вещества поступают в воздух практически в зоне дыхания человека. Поэтому автомобильный транспорт следует отнести к наиболее опасным источникам загрязнения. В настоящее время мировой автомобильный парк превысил 600 млн. единиц, из которых 83-85 % приходится на легковые автомобили. По прогнозам, к 2030 году он достигнет 1,5 млрд. единиц.

Мировой ежегодный выброс вредных веществ от автомобилей составляет 50 млн.т. углеводородов, 200 млн.т, оксида углерода и 20 млн.т. оксидов азота. Во многих городах мира концентрации вредных веществ в воздухе, создаваемые выбросами автотранспорта, превышают стандарты качества атмосферного воздуха.

Во многих городах России выбросы автотранспорта преобладают над выбросами от стационарных источников, и уровень загрязнения воздуха превышает нормативы предельно допустимых концентраций. В связи с этим проблема снижения негативного воздействия автотранспорта на здоровье людей, воздушный и водный бассейны, растительный и животный мир, почвы весьма актуальна.

Защита атмосферы от вредных воздействий, возникающих в результате эксплуатации автомобильного транспорта, является крайне актуальной, поскольку от качества атмосферного воздуха в наибольшей степени зависит не только здо-

ровье человека, но и в целом качество жизни на планете. Это составляет практическую значимость работы.

Цель работы: оценка влияния автотранспорта на состояние окружающей среды путем измерения и сравнения уровня загрязнения СО на разных остановочных пунктах г. Воронежа.

Задачи исследования:

- оценка влияния автотранспорта на окружающую среду;
- определение величины выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств;
- исследование загруженности автотранспортом с учетом видов автомобилей на остановочных пунктах: "Спартак", "Карла Маркса" и "ТЮЗ" г. Воронежа.

Объектом исследования является приземный слой атмосферы на остановочных пунктах: "ул. Карла Маркса", "Кинотеатр "Спартак" и "ТЮЗ" г. Воронежа. Целью исследования – влияние выбросов от автотранспорта на состояние приземного слоя атмосферы на этих остановочных пунктах.

Всех тех, кто покупает автомобиль сейчас, однозначно должна беспокоить проблема загрязнения окружающей среды выхлопными газами автомобилей на двигателях внутреннего сгорания. Безусловно, сейчас появляется все больше средств передвижения на электрической тяге, но они гораздо дороже, и имеют свои отрицательные стороны. Человечеству нужна дешевая альтернатива бензиновым автомобилям в ближайшем будущем.

Сроки проведения работы ноябрь 2022 года.

1 Теоретическая часть

1.1 Автотранспорт и его влияние на экологию города

Автомобильный парк, являющийся одним из основных источников загрязнения окружающей среды, сосредоточен, в основном, в городах. Если в среднем в мире на 1 км² территории приходится пять автомобилей, то плотность их в крупнейших городах развитых стран в 200-300 раз выше. В настоящее время в мире насчитывается 940 млн. легковых, 80 млн. грузовых автомобилей и примерно 1,5 млн. городских автобусов.

Автомобили сжигают огромное количество ценных нефтепродуктов, нанося одновременно ощутимый вред окружающей среде, главным образом атмосфере. Поскольку основная масса автомобилей сконцентрирована в крупных и крупнейших городах, воздух этих городов не только обедняется кислородом, но и загрязняется вредными компонентами отработавших газов. Противоречия, из которых "соткан" автомобиль, пожалуй, ни в чём не выявляются так резко, как в деле защиты природы. С одной стороны, он облегчил человеку жизнь, с другой – отравляет её в самом прямом смысле слова. Специалисты установили, что один легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 тонн кислорода, выбрасывая с отработавшими газами примерно 800 кг окиси углерода, около 40 кг окислов азота и почти 200 кг различных углеводородов. Если помножить эти цифры на 600 млн. единиц мирового парка автомобилей, можно представить себе степень угрозы, таящейся в чрезмерной автомобилизации. Для снижения вредного влияния автомобильного транспорта требуется вынос из городской черты грузовых транзитных потоков. Требование это зафиксировано в действующих строительных нормах и правилах, но практически соблюдается редко.

Для снижения вредного влияния автомобильного транспорта требуется вынос из городской черты грузовых транзитных потоков. Требование это зафиксировано в действующих строительных нормах и правилах, но практически соблюдается редко.

"Город без автомобиля" мыслится как сочетание широких транспортных магистралей, где предоставляется простор для автомобильного движения, с мик-

рорайонами, куда въезд транспорта запрещён или предельно ограничен и где люди ходят только пешком.

Эффективным мероприятием по снижению вредного влияния автомобильного транспорта на горожан является организация пешеходных зон с полным запретом въезда транспортных средств на жилые улицы. Развитие общественного транспорта в городах обуславливает необходимость поиска путей оптимального использования городских территорий, так как для перевозки одного пассажира в трамвае требуется 0,9 м², автобусе – 1,1 м², легковом автомобиле – свыше 20 м² городской территории [1].

”Автомобиль не роскошь, а средство передвижения” – эти слова из известного произведения Ильфа и Петрова, звучавшие иронически, обрели в наше время реальный смысл. Более 10 млн. людей имеют автомобиль в личном пользовании. Взлёт использования личного автотранспорта произошёл в последние 15 лет.

1.2 Классификация автомобилей

Автомобильная промышленность в зависимости от назначения и приспособленности к дорожным условиям выпускает автомобили различных типов. По назначению автомобили делятся на пассажирские, грузовые и специальные. К пассажирским автомобилям, предназначенным для перевозки людей, относятся легковые автомобили и автобусы. Грузовые автомобили служат для перевозки различных грузов.

Пассажирские автомобили, вмещающие не более 8 человек, называют легковыми, а вмещающие более 8 человек – автобусами.

Автобусы, предназначенные для внутри городского и пригородного общественного транспорта, называют городскими, а предназначенные для междугородних перевозок – междугородными. Число мест в автобусах в зависимости от назначения составляет 10–80. По длине автобусы разделены на следующие классы:

- особо малый до 5 м;
- малый 6–7,5 м;
- средний 8–9,5 м;

- большой 10,5–12 м.

Грузовые автомобили делят по грузоподъемности, т. е. по массе груза (т), который можно перевести в кузове. По грузоподъемности они делятся на классы:

- особо малый 0,3–1 т;
- малый 1–3 т;
- средний 3–5 т;
- большой 5–8 т;
- особо большой 8 т и более.

Автомобили специального назначения выполняют не транспортные работы. К ним относятся коммунальные автомобили для очистки и поливки улиц, пожарные, автокраны и т.д.

По приспособленности к дорожным условиям различают автомобили нормальной и повышенной проходимости. Первые имеют один, а вторые два или три ведущих моста, что позволяет им преодолевать бездорожье или плохие участки дороги.

По типу двигателя автомобили делят на имеющие карбюраторные двигатели, газовые, дизели, электродвигатели.

1.3 Основные виды топлива, используемые в автотранспорте

1.3.1 Автомобильные бензины

На автозаправках продают бензин марок АИ-80 (он же А-76 или Н-80), АИ-92, АИ-95, АИ-98. Буква А означает, что бензин автомобильный, цифра - наименьшее октановое число, определенное по моторному методу; наличие буквы И указывает на то, что октановое число определено по исследовательскому методу. Автомобильные бензины, за исключением бензина АИ-98, разделены на летние и зимние. Зимние бензины содержат увеличенное количество легкоиспаряющихся фракций, что улучшает условие пуска двигателя.

В автомобильные бензины А-76, АИ-92, АИ-98 добавляют антидетонатор - тетраэтилсвинец (ТЭС) для повышения их антидетонационной стойкости. Вредные эффекты, вызываемые тетраэтилсвинцом, стали известны общественности начиная с конца 1940-х — начала 1950-х годов.

Тетраэтилсвинец — летучая жидкость при вдыхании воздуха проникает в организм через органы дыхания. Тетраэтилсвинец также может проникать в организм через неповрежденную кожу. Это вещество является сильным ядом, который избирательно поражает нервную систему, вызывая острые, подострые и хронические отравления. Хронические отравления обусловлены кумулятивным физиологическим эффектом, свойственным этому токсическому веществу. Поражается прежде всего кора головного мозга.

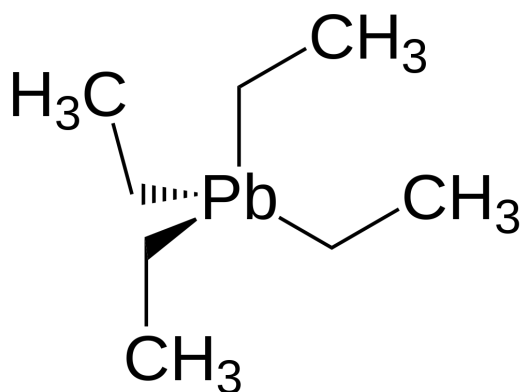


Рисунок 1 – Молекула тетраэтилсвинца

Для отличия обыкновенного бензина от этилированных, последние окрашивают в зеленый (А-76), синий (АИ-92) и желтый (АИ-98) цвета.

1.3.2 Дизельное топливо

Топливо, применяемое для автомобильных дизельных двигателей, представляет собой тяжелые нефтяные фракции. Оно должно обеспечивать мягкую и плавную работу двигателей, отвечать условиям надежной подачи его в цилиндры топливоподающей аппаратурой, не оставлять значительного нагара, быть свободным от механических примесей и воды, содержать наименьшее количество органических кислот и серы. Дизельное топливо должно иметь определенную вязкость и возможно более низкую температуру застывания и воспламенения.

В настоящее время по ГОСТ 305-82, ГОСТ 1667-68 выпускаются сорта дизельного топлива: Л - летнее, З - зимнее, А - арктическое. Каждое из названных топлив делится на две подгруппы: первая с содержанием серы не более 0,2 % и вторая содержание не превышает 0,5 %.

Летнее дизельное топливо ДЛ можно применять только при температуре окружающего воздуха выше 0 °С. Когда температура опускается до минус 20 °С, следует применять зимнее топливо З, а при морозах, достигающих -30 °С топливо ДЗ, при более низких температурах применяют арктическое топливо. Однако применять арктическое топливо при температуре выше минус -30 °С нельзя.

1.3.3 Топливо для газобаллонных автомобилей

Горючие газы, используемые в газобаллонных автомобилях, могут быть естественными и искусственными. Естественные газы добывают из подземных газовых или нефтяных скважин. Искусственные газы являются побочными продуктами, получаемыми на химических или металлургических заводах.

Установлены следующие марки газов:

- СПБТЗ - смесь пропана и бутана техническое зимнее;
- СПБТЛ - смесь пропана и бутана техническое летнее;
- БТ - бутан технический.

Сжиженный пропан - бутановый газ согласно стандарту должен содержать пропана зимой не менее 90 %, а летом не менее 70 %. Газ не должен содержать механических примесей, воды, водорасстворимых кислот, щелочей и других загрязняющих веществ.

Сжатыми называют газы, которые при обычной температуре окружающей среды и высоком давлении до 20 тыс. кН/м² сохраняют газообразное состояние. Сжиженными газами называют такие, которые переходят из газообразного состояния в жидкое при нормальной температуре и небольшом давлении до 1600 кН/м². Для газобаллонных автомобилей использование сжиженных газов предпочтительнее, чем сжатых [2].

1.4 Причины дымления автомобилей

Причины дымления автомобилей различны: неисправность двигателя, неотлаженность системы питания или зажигания. Если все автомобильные двигатели будут правильно отрегулированы, то выброс вредных веществ в атмосферу уменьшится в 3-5 раз. Экономия денег на техобслуживании приводят к тому, что автомобили неделями, а то и месяцами развозят по улицам ядовитый газ. Плохо накачанные шины не только быстрее изнашиваются, но и увеличивают сопротивление движению, а значит, больше сжигается горючего. Сильно сказывается на окружающей среде сотяние автомобилей в ”пробках” со включенными двигателями.

Неумелое поведения водителя за рулём (неправильный выбор скоростей движения, резкие разгоны и торможения, превышение установленной скорости), а так же самостоятельная регулировка (увеличение частоты вращения на холостом ходу) и нарушение инструкций по эксплуатации автомобиля, нередко приводит к увеличению загрязнения окружающей среды. Поэтому разъяснительная работа среды водителей автомобилей в этом направлении очень важна.

1.5 Краткая характеристика монооксида углерода СО (угарного газа) и его влияние на природную среду и человека

Образуется в результате неполного сгорания углерода в моторном топливе. Ядовитый газ без цвета и запаха.

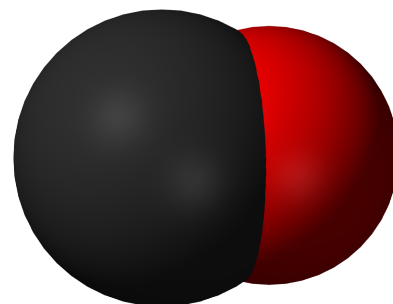


Рисунок 2 – Молекула монооксида углерода СО

При вдыхании связывается с гемоглобином крови, вытесняя из нее кисло-

род, в результате чего наступает кислородное голодание, сказывающееся прежде всего на центральной нервной системе. Среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК) по монооксиду углерода составляет 3 мг/м³.

Высокая концентрация монооксида углерода даже при кратковременном воздействии может привести к смерти: небольшие дозы вызывают головокружение, головную боль, чувство усталости и замедление реакции у водителя. Повышение концентрации монооксида углерода часто возникает в туннелях (до 70 ПДК), в потоке транспортных средств при интенсивном движении (до 60 ПДК), в гаражах. Известны случаи трагической гибели людей, запускающих двигатели автомобилей при закрытых воротах гаража. В одноместном гараже смертельная концентрация СО возникает уже через 2-3 мин. после включения стартера. В холодное время года, остановившись для ночлега, водители иногда включают двигатель для обогрева салона. Из-за проникновения монооксида углерода в кабину такой ночлег может оказаться последним.

Воздействие атмосферных загрязнений на здоровье можно подразделить на два вида в зависимости от времени проявления эффекта: острое, сказывающееся в период или непосредственно вслед за повышением концентрации токсичного вещества, и хроническое воздействие, результат которого проявляется не сразу, а через некоторое время, иногда через годы. Как в первом, так и во втором случаях атмосферные загрязнения могут быть непосредственной причиной развития заболевания или оказывать не специфическое отягощающее воздействие.

Проникновение угарного газа повышенной концентрации через органы дыхания в наши дни привело к существенному изменению состояния организма. Развилась патологическая повышенная чувствительность организма. Ощутимыми темпами происходит накопление наследственных пороков. Широкое распространение получили хронический бронхит, а также прежде формы легочной патологии, такие как аллергические воспаления альвеол. Увеличилось число больных бронхиальной астмой, относящейся к наиболее тяжелым проявлениям аллергии. Особую тревогу вызывает увеличение количества больных раком легкого, который по своей распространенности у мужчин вышел на первое место среди онкологических заболеваний. Потому как остро стоит проблема защиты воздушной среды от всех видов загрязнений.

2 Практическая часть

2.1 Методы исследования

Метод расчета уровня загрязнения СО я позаимствовала у работников ВГУ: Негрбов О.П., Логвиновский В.Д. и Пантелеева Н.Ю. В их практикуме мною была найдена специальная формула для расчета того самого загрязнения.

Для оценки загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха используется формула (1) из [3]:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01N * K_T) * K_A * K_Y * K_C * K_B * K_P, \quad (1)$$

где K_{CO} – концентрация окиси углерода, мг/м³,

0,5 – фоновое (не транспортное) загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха в пределах городской черты Воронежа, мг/м³,

N – суммарная интенсивность движения автомобилей на улицах г. Воронежа (автомобилей/час),

K_T – коэффициент токсичности определенного типа автомобилей по выбросам в атмосферу СО,

K_A – коэффициент, учитывающий аэрацию на данном участке дороги (таблица А.1),

K_Y – коэффициент, учитывающий величину уклона дорожного полотна (таблица А.2),

K_C – коэффициент, учитывающий скорость ветра (таблица А.4),

K_B – коэффициент, учитывающий влажность воздуха (таблица А.5),

K_P – коэффициент, учитывающий зависимость концентрации окиси углерода от типа пересечения дорог (таблица А.3).

Значение коэффициента токсичности по выбросам в атмосферу СО (K_T) определяется по формуле:

$$K_T = \sum_{i=1}^N P_i K_{Ti}, \quad (2)$$

где P_i – состав движения (в долях от общего количества транспортного потока),

K_{Ti} – токсичности (по выбросу CO) для каждого вида транспорта.
Для исследования мной были выбраны три остановочных пункта:

- остановка ”ул. Карла Маркса”;
- остановка ”Кинотеатр ”Спартак”;
- остановка ”ТЮЗ”.

Ниже на рисунках показаны фрагменты карт с этими остановками.

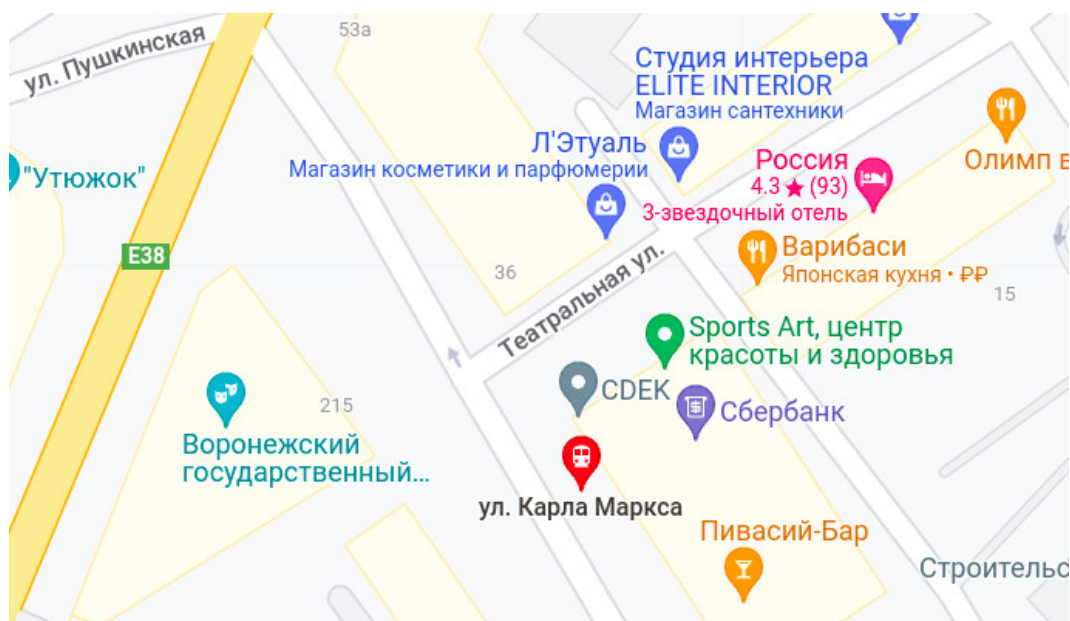


Рисунок 3 – Остановка ”ул. Карла Маркса”

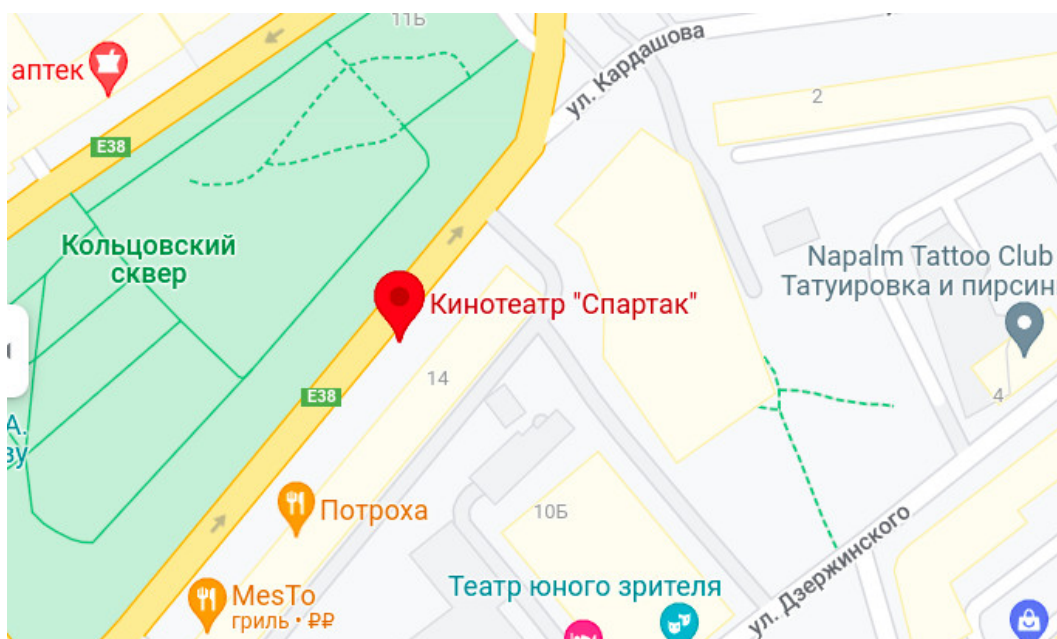


Рисунок 4 – Остановка ”Кинотеатр ”Спартак”

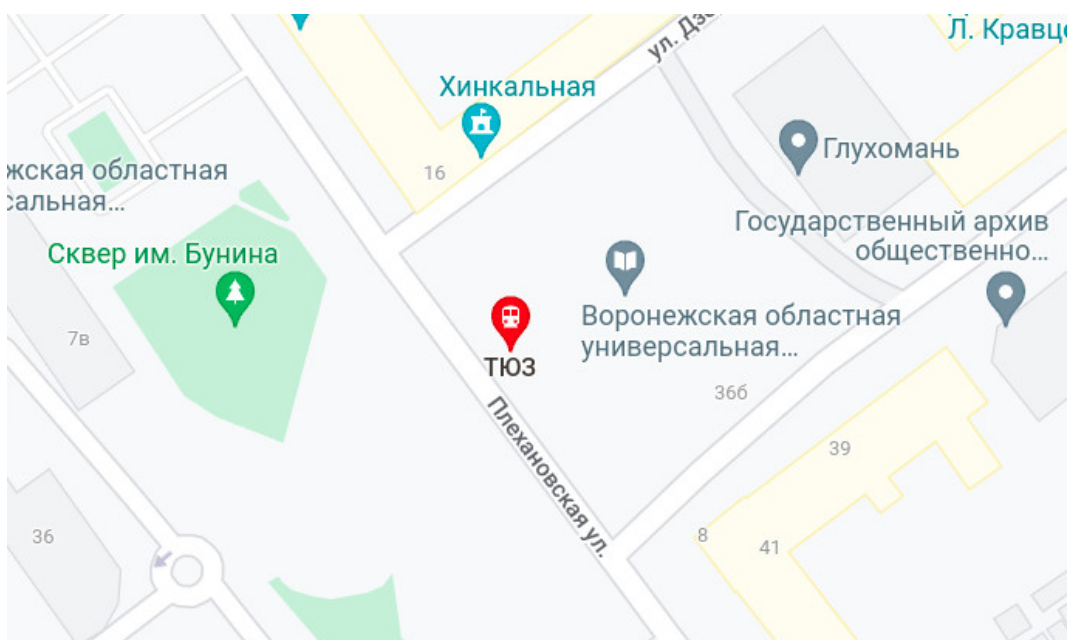


Рисунок 5 – Остановка ”ТЮЗ”

Мой выбор можно логически обосновать. Все они находятся в шаговой доступности от моего дома, поэтому измерить уровень загрязнения именно там – жизненная необходимость.

Для всех улиц можно сказать: ”магистральная улица с многоэтажной застройкой с обеих сторон” (таблица А.1).

Для всех улиц можно сказать, что "продольный уклон 0 %" (таблица А.2).

Для всех улиц можно сказать, что движение "регулируемое автоматически-ми светофорами" (таблица А.3).

Я измерила количество машин, которые проедут мимо каждого пункта за один час.

2.1.1 Остановка "ул. Карла Маркса"

23 ноября 2022 года с 18:00 до 19:00 я проводила подсчеты на остановке "ул. Карла Маркса" (рисунок 3). Результаты приведены в таблице 1. В этот день был порывистый ветер со скоростью 4 м/сек (таблица А.4) и дождь (влажность воздуха 100 %, таблица А.5).

Таблица 1 – Определение коэффициента токсичности по выбросам в атмосферу СО (K_T) на остановке "ул. Карла Маркса"

Тип автотранспортного средства	Количество автомобилей	Доля от общего количества транспортного потока (P_i)	K_{Ti}
Лёгкий грузовой (в том числе маршрутные такси "Газель")	714	0,639	2,3
Средний грузовой (в том числе маршрутные такси-автобусы "ПАЗ")	2	0,002	2,9
Тяжёлый грузовой (дизельные, в том числе маршрутные автобусы)	5	0,004	0,2
Тяжёлый грузовой (с двигателями внутреннего сгорания)	58	0,052	3,7
Легковой	338	0,303	1
Всего автомобилей за 1 час	1117		1,97

2.1.2 Остановка "Кинотеатр "Спартак"

24 ноября 2022 года с 18:00 до 19:00 я проводила подсчеты на остановке "Кинотеатр "Спартак" (рисунок 4). Результаты приведены в таблице 2. В этот день был туман, что означает ветер 0 м/сек (таблица А.4) и влажность воздуха 100 % (таблица А.5).

Таблица 2 – Определение коэффициента токсичности по выбросам в атмосферу СО (K_T) на остановке ”Кинотеатр ”Спартак”

Тип автотранспортного средства	Количество автомобилей	Доля от общего количества транспортного потока (P_i)	K_{Ti}
Лёгкий грузовой (в том числе маршрутные такси ”Газель”)	139	0,279	2,3
Средний грузовой (в том числе маршрутные такси-автобусы ”ПАЗ”)	12	0,024	2,9
Тяжёлый грузовой (дизельные, в том числе маршрутные автобусы)	14	0,028	0,2
Тяжёлый грузовой (с двигателями внутреннего сгорания)	14	0,028	3,7
Легковой	319	0,641	1
Всего автомобилей за 1 час	498		1,46

2.1.3 Остановка ”ТЮЗ”

25 ноября 2022 года с 18:00 до 19:00 я проводила подсчеты на остановке ”ТЮЗ” (рисунок 5). Результаты приведены в таблице 3. В этот день был слабый ветер (0 м/сек, таблица А.4) и подмораживало (влажность воздуха 40 %, таблица А.5).

Таблица 3 – Определение коэффициента токсичности по выбросам в атмосферу СО (K_T) на остановке ”ТЮЗ”

Тип автотранспортного средства	Количество автомобилей	Доля от общего количества транспортного потока (P_i)	K_{Ti}
Лёгкий грузовой (в том числе маршрутные такси ”Газель”)	6	0,047	2,3
Средний грузовой (в том числе маршрутные такси-автобусы ”ПАЗ”)	0	0	2,9
Тяжёлый грузовой (дизельные, в том числе маршрутные автобусы)	12	0,094	0,2

Продолжение таблицы 3

Тип автотранспортного средства	Количество автомобилей	Доля от общего количества транспортного потока (P_i)	K_{Ti}
Тяжёлый грузовой (с двигателями внутреннего сгорания)	0	0	3,7
Легковой	109	0,858	1
Всего автомобилей за 1 час	127		0,99

2.2 Результаты исследования

После проведения измерений, значения из таблиц 1-3 и из таблиц в приложении А были подставлены в формулу (1). Результаты вычислений были сведены в таблицу 4.

Еще раз отметим, что предельно допустимая концентрация монооксида углерода в приземном слое атмосферного воздуха в городах Российской Федерации равен 3 мг/м³.

Таблица 4 – Концентрация загрязнения в воздухе на остановочных пунктах

Название остановочного пункта	Концентрация загрязнения (K_{CO} , мг/м ³)	Превышение ПДК, раз
Остановка "ул. Карла Маркса"	70,52	23,5
Остановка "Кинотеатр "Спартак"	54,83	18,3
Остановка "ТЮЗ"	5,11	1,7

Заключение

В результате проведенного исследования мы убедились, что наиболее значимыми факторами отрицательного влияния автотранспорта на человека и окружающую среду являются:

- загрязнение воздуха;
- загрязнение окружающей среды.

Увеличение автомобильного парка порождает и экологические проблемы, связанные с загрязнением воздушного бассейна городов и населенных пунктов. Загрязнение воздуха выхлопами автотранспортных средств представляет серьезную угрозу здоровью населения, способствует снижению качества жизни. Несмотря на проводимые природоохранные мероприятия, экологическая ситуация остается неблагоприятной.

Как видно из результатов исследований в таблице 4, только ПДК по монооксиду углерода на центральных улицах г.Воронежа превышена в несколько десятков раз. Загрязнение монооксидом углерода все не ограничивается. Преждевременная потеря здоровья жителями страны, в переводе на экономический язык - ведет к убыткам и издержкам, что замедляет развитие страны на фоне других стран. В переводе на медицинский язык - у людей уменьшается период комфортного существования, что отрицательно сказывается на психическом и психологическом состоянии отдельных людей и общества в целом. Первый шаг к решению проблемы - осознать проблему.

Данный документ создавался с помощью системы \LaTeX . \LaTeX - система компьютерного набора, предназначена для создания научных и математических документов высокого типографского качества. Подробнее можно узнать в [4] и в [5]. Расчеты проводились с помощью языка Lua [6], интегрированного с \LaTeX . Листинг программы с расчетами приведен в приложении Б. Такая интеграция позволяет оперативно корректировать расчетные данные в документе, тем самым выводя создание научной и технической документации на новый более высокий уровень.

Список литературы

1. Голубев, Игорь Родиславович. Окружающая среда и транспорт / И. Р. Голубев, Ю. В. Новиков. - М. : Транспорт, 1987. - 206,[1] с. : ил.; 20 см.
2. Михайловский Е.В. Устройство автомобиля: Учебник для учащихся автотранспортных техникумов - 6-е изд., стереотип. - М.Ж Машиностроение, 1987. - 352 с.: ил.
3. Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды : учеб. пособ. для студ. вузов. /А.И. Федорова., А.Н. Никольская. – М.: Гуманит. изд. центр "ВЛАДОС", 2001. – 288 с.
4. С.М.Львовский, Набор и верстка в системе LaTeX. - 5-е изд., переработанное. - М.: МЦНМО, 2014 - 400 с.
5. Стиливые файлы для TeX Live, позволяющие создавать текстовые документы согласно ЕСКД <https://github.com/yrasik/eskdi>.
6. Иерузалымский Р. - Программирование на языке Lua. 3-е издание / пер. с англ. А.В.Боресков - М.: ДМК Пресс, 2016. -382 с.: ил.

Приложение А

(Справочное)

Коэффициенты для расчета уровня загрязнения СО

Таблица А.1 – Зависимость аэрации конкретного участка автодороги от её типа и типа прилегающих к ней застроек

Тип участка дороги по степени аэрации	Коэффициент аэрации (K_A)
Транспортные тоннели	2,7
Транспортные галереи	1,5
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с обеих сторон	1
Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0,6
Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные эстакады, виадуки, высокие насыпи	0,4

Таблица А.2 – Зависимость загрязнения воздуха окисью углерода от величины уклона дорожного полотна

Продольный уклон (в %)	Коэффициент уклона дорожного полотна (K_U)
0	1
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Таблица А.3 – Зависимость изменения в воздухе концентрации окиси углерода от типа пересечения дорог

Тип движения и пересечения дорог	Коэффициент концентрации окиси углерода (K_{II})
Регулируемое:	
светофорами автоматическими	1,8
светофорами управляемыми	2,1
Нерегулируемое:	
обычный перекрёсток	1,9
с круговым движением	2,2
с обязательной остановкой	3

Таблица А.4 – Зависимость изменения в воздухе концентрации окиси углерода от скорости ветра

Скорость ветра, м/сек.	Коэффициент концентрации окиси углерода от скорости ветра (K_C)
1	2,7
2	2
3	1,5
4	1,2
5	1,05
6	1

Таблица А.5 – Зависимость изменения в воздухе концентрации окиси углерода от относительной влажности воздуха

Относительная влажность воздуха (в %)	Коэффициент концентрации окиси углерода от относительной влажности (K_B)
100	1,45
90	1,3
80	1,15

Продолжение таблицы А.5

Относительная влажность воздуха (в %)	Коэффициент концентрации окиси углерода от относительной влажности (K_B)
70	1
60	0,85
50	0,75
40	0,6

Приложение Б

(Рекомендуемое)

Листинг программы расчета загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха СО

```
-[==[
encoding: utf8
Файл: calc_pollution.lua
Программа расчета загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха СО
Язык: Lua v5.3 (https://www.lua.org/)

==== Для вызова кода из lualatex добавьте в *.tex - файл следующее ====
\usepackage{luacode}
...
\begin{luacode}
function rnd(num, numDecimalPlaces)
    local negate = false

    if (num < 0) then
        negate = true
        num = -num
    end

    local mult = 10^(numDecimalPlaces or 0)
    num_fl = math.floor(num * mult + 0.5) / mult
    local fmt = "%."..numDecimalPlaces.."f"

    if (negate == true) then
        num_fl = -num_fl
    end

    str = string.format(fmt, num_fl):gsub("%.", ',')
    str = str:gsub('[0]+$', '')
    str = str:gsub(',$', '')
    return tex.sprint(str)
end

function rnd2(num)
    return rnd(num, 2)
end
```

```

end

function rnd3(num)
    return rnd(num, 3)
end

local file = io.open("calc_pollution.lua", "r")
local code = file:read("*all")
file:close()
local res, calc = pcall(load("return "..code))
t = calc()
\end{luacode}
...
\directlua{rnd2(t.k_spartak.lg.Kti)}
]=]

function ()

local pattern_plt =
[[
reset
set encoding cp1251
set term pdfcairo font "Times-New-Roman,10"
set terminal qt 1 noraize enhanced #отключить терминал
set grid
#set key box top right spacing 1.5 #место для легенды

name = "graph.csv"
file_name = "./graph"

set title "График функции из файла ".name." "
set xlabel "x"
set ylabel "y"

stats file_name.'.csv' using 2 name "A"

#plot file_name.'.csv' using 1:2 with dots title 'Исходная функция'
plot file_name.'.csv' using 1:2 with + title 'Исходная функция'

#set label "RMS = <RMS> V, \nTHD = <THD> %" at graph 0.1, graph 0.1

```



```

set terminal pdfcairo enhanced color nottransparent
set output file_name.'.pdf'
#set output file_name.'_01.pdf'

```

```

replot
unset output
unset terminal

```

```

]]

```

```

local t = {

```

```

— table 1

```

```

  k_marks = {
    lg      = { Num = 714,    Pi = 0,    Kti = 2.3},
    sg      = { Num = 2,     Pi = 0,    Kti = 2.9},
    tg_diz  = { Num = 5,     Pi = 0,    Kti = 0.2},
    tg_dvs  = { Num = 58,    Pi = 0,    Kti = 3.7},
    l       = { Num = 338,   Pi = 0,    Kti = 1.0},
    summ    = { Num = 0,     Kt  = 0,   Kco = 0, mul_PDK = 0},
  },

```

```

— table 2

```

```

  k_spartak = {
    lg      = { Num = 139,   Pi = 0,    Kti = 2.3},
    sg      = { Num = 12,    Pi = 0,    Kti = 2.9},
    tg_diz  = { Num = 14,    Pi = 0,    Kti = 0.2},
    tg_dvs  = { Num = 14,    Pi = 0,    Kti = 3.7},
    l       = { Num = 319,   Pi = 0,    Kti = 1.0},
    summ    = { Num = 0,     Kt  = 0,   Kco = 0, mul_PDK = 0},
  },

```

```

— table 3

```

```

  k_tuz = {
    lg      = { Num = 6,     Pi = 0,    Kti = 2.3},
    sg      = { Num = 0,     Pi = 0,    Kti = 2.9},
    tg_diz  = { Num = 12,    Pi = 0,    Kti = 0.2},
    tg_dvs  = { Num = 0,     Pi = 0,    Kti = 3.7},
    l       = { Num = 109,   Pi = 0,    Kti = 1.0},
    summ    = { Num = 0,     Kt  = 0,   Kco = 0, mul_PDK = 0},
  },

```

```

— table A.1

```

```

Ka = {
  tt  = 2.7,
  tg  = 1.5,
  mu  = 1.0,
  ghu = 0.6,
  gu  = 0.4,
},

```

– *table A.2*

```

Ku = {
  g_0 = 1.0,
  g_2 = 1.06,
  g_4 = 1.07,
  g_6 = 1.18,
  g_8 = 1.55,
},

```

– *table A.3*

```

Kp = {
  svet_auto      = 1.8,
  svet_direct    = 2.1,
  crossroads_simple = 1.9,
  crossroads_round  = 2.2,
  crossroads_stop  = 3.0,
},

```

– *table A.4*

```

Kc = {
  v_1 = 2.7,
  v_2 = 2.0,
  v_3 = 1.5,
  v_4 = 1.2,
  v_5 = 1.05,
  v_6 = 1.00,
},

```

– *table A.5*

```

Kv = {
  v_100 = 1.45,
  v_90  = 1.30,
  v_80  = 1.15,
  v_70  = 1.00,
  v_60  = 0.85,
  v_50  = 0.75,
  v_40  = 0.60,
},

```

```

Kv1 = {

```

```

    'v_100', 'v_90', 'v_80', 'v_70', 'v_60', 'v_50', 'v_40',
    v_100 = {100, 1.45},
    v_90  = {90, 1.30},
    v_80  = {80, 1.15},
    v_70  = {70, 1.00},
    v_60  = {60, 0.85},
    v_50  = {50, 0.75},
    v_40  = {40, 0.60},
},

PDK = 3,
}

local function calc_table(ost)
    --local ost = t.k_marks
    local line = {}

    line[#line + 1] = ost.lg
    line[#line + 1] = ost.sg
    line[#line + 1] = ost.tg_diz
    line[#line + 1] = ost.tg_dvs
    line[#line + 1] = ost.l

    for i = 1, #line do
        ost.summ.Num = ost.summ.Num + line[i].Num
    end

    for i = 1, #line do
        line[i].Pi = line[i].Num / ost.summ.Num
        ost.summ.Kt = ost.summ.Kt + line[i].Pi * line[i].Kti
    end
end

calc_table(t.k_marks)
calc_table(t.k_spartak)
calc_table(t.k_tuz)

t.k_marks.summ.Kco = (0.5 + 0.01 * t.k_marks.summ.Num * t.k_marks.summ.Kt) * t.Ka.mu *
    ↪ t.Kp.svet_auto * t.Ku.g_0 * t.Kc.v_4 * t.Kv.v_100

t.k_spartak.summ.Kco = (0.5 + 0.01 * t.k_spartak.summ.Num * t.k_spartak.summ.Kt) *
    ↪ t.Ka.mu * t.Kp.svet_auto * t.Ku.g_0 * t.Kc.v_1 * t.Kv.v_100

```

```

t.k_tuz.summ.Kco = (0.5 + 0.01 * t.k_tuz.summ.Num * t.k_tuz.summ.Kt) * t.Ka.mu *
↳ t.Kp.svet_auto * t.Ku.g_0 * t.Kc.v_1 * t.Kv.v_40

t.k_marks.summ.mul_PDK = t.k_marks.summ.Kco/t.PDK
t.k_spartak.summ.mul_PDK = t.k_spartak.summ.Kco/t.PDK
t.k_tuz.summ.mul_PDK = t.k_tuz.summ.Kco/t.PDK

-[[==[
  local file_plt = io.open('./graph/graph.plt', 'w')
  file_plt:write(pattern_plt)
  file_plt:close()

  local file_csv = io.open('./graph/graph.csv', 'w')

  for i, val in ipairs(t.Kv1) do
    file_csv:write(string.format('%f\t%f\n', t.Kv1[val][1], t.Kv1[val][2]))
  end

-[[
  for x = -3, 3, 0.1 do
    file_csv:write(string.format('%f\t%f\n', x, (x*x)))
  end
]]
  file_csv:close()

  os.execute('cd ./graph && gnuplot ./graph.plt')
]==]

  return t

end

```