

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Т.В. Наумова, О.Г. Феоктистова

**Пособие
к выполнению лабораторной работы
« Магистраль»
по дисциплине
«ЭКОЛОГИЯ»**

*для студентов
всех специальностей
всех форм обучения*

Москва - 2004

ББК 57.026

Рецензент: к.п.н. Е.В. Экзерцева

Наумова Т.В., Феоктистова О.Г.

Пособие к выполнению лабораторной работы « Магистраль» по дисциплине “Экология”.-М.: МГТУ ГА, 2004.- с.

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом для студентов всех специальностей всех форм обучения.

В пособии изложены основные аспекты проблемы загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта, представлены статистические данные по указанной проблеме, рассмотрены вопросы негативного воздействия автотранспорта на окружающую среду и человека, теоретические основы оценки и способы снижения этого воздействия. Приведены методические указания и порядок выполнения с использованием ПЭВМ лабораторной работы по оценке уровня загрязнения атмосферного воздуха вблизи городских автомагистралей, предложены контрольные вопросы и рекомендуемая литература.

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом для студентов вузов гражданской авиации всех специальностей, а также для экологической подготовки и повышения квалификации руководящих работников, специалистов и граждан, профессиональная или иная деятельность которых связана с воздействием на окружающую среду и здоровье человека.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры _____ и методического совета _____ .

ВВЕДЕНИЕ

Автомобиль играет огромную роль в жизни современного общества, но увеличение автомобильного парка порождает и экологические проблемы, ставит перед всемирным сообществом жизненно важный вопрос о путях дальнейшего развития автомобилестроения. Возникает дилемма: без автомобиля обойтись нельзя, а жизнь с автомобилем, работающим на традиционном виде топлива, ведет в экологический тупик.

За последние годы в Москве сложилась крайне тяжелая экологическая обстановка. Выброс вредных веществ автотранспортом составляет 1,7 млн. т., или 87% в общих выбросах вредных веществ в атмосферу. По оценкам различных источников, в 2002 г. общая численность автомобилей, эксплуатирующихся в столице, составляет около 3 млн., из них $\frac{4}{5}$ составляют легковые автомобили и малотоннажные типа «Газель», $\frac{1}{5}$ грузовики и автобусы. Ежегодный прирост автопарка в столице за период с 1992 по 2000 г. составил от 6 до 10% в год, что естественно повлекло повышение уровня загрязнения атмосферного воздуха от выхлопных газов.

В связи с напряженной экологической обстановкой, сложившейся в Москве в основном из-за загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом и в соответствии с Законами Российской Федерации «Об охране окружающей среды» (2002) и «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1999) Правительство Москвы за последние 5 лет вынуждено было принять ряд постановлений по улучшению экологической обстановки:

- 16 апреля 1996 г. № 341 «О мерах по снижению вредного влияния автотранспорта на экологическую обстановку в Москве»;
- 30 августа 1996 г. № 1119-РЗП «О создании экспертного совета по г. улучшению экологических характеристик моторных топлив, масел и присадок к ним, реализуемых в городе»;
- 10 ноября 1996 г. № 1083-РП «О мерах по использованию на муниципальном транспорте Москвы моторных топлив с улучшенными Экологическими характеристиками»;
- 26 ноября 1996 г. № 943/134 «О мерах по охране атмосферного воздуха в г. Москве за счет расширения использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива на автотранспорте»;
- 7 мая 1997 г. № 366-РМ «О введении в действие положения о единой системе контроля качества моторного топлива, реализуемого в г. Москве»;
- 20 июня 1997 г. № 483-РМ «Об использовании моторных топлив с улучшенными экологическими характеристиками и мерах экономического стимулирования их производства»;
- 18 июля 1997 г. № 776-РП «О введении в действие «Положения о лицензировании деятельности по перевозке опасных грузов автомобильным транспортом в г. Москве»;
- 14 октября 1997 г. № 724 «Об утверждении временных экологических

требований при эксплуатации автотранспортных средств в городе Москве»;

- 18 ноября 1997 г. № 807 «О ходе работ по снижению вредного воздействия автотранспорта на окружающую среду и здоровье населения г. Москвы»;

- 23 марта 1999 г. «Временные гигиенические нормы по размещению отдельных производственных объектов на территории г.Москвы»;

- 2 июля 1999 г. «Об утверждении изменения №1 норм пожарной безопасности (НПБ) 111-98»;

- 22 августа 2000 г. № 655 «О целевой программе по улучшению экологической обстановки в городе Москве, финансируемой за счет средств предприятий и организаций, освобождаемых от уплаты налога на прибыль в части, зачисляемой в бюджет г. Москвы»;

- 13 сентября 2000 г. № 975-РМ «О мерах по расширению использования сжиженного газа пропан-бутана в качестве моторного топлива».

В основном все постановления направлены на улучшение качества бензина, ужесточение норм выброса вредных веществ и усиление контроля за автомобильным транспортом. Одним из способов улучшения чистоты атмосферного воздуха был выбран вариант установки на автомобили нейтрализаторов выхлопных газов. Другим эффективным методом, является перевод автомобильного транспорта на альтернативные виды топлива, в частности, на газ. По сравнению с бензином применение газа заметно снижает суммарную токсичность отработавшего топлива (выхлоп). Более чем в 3 раза уменьшается количество крайне токсичной окиси углерода СО (угарный газ), в 1,6 раза сокращается содержание канцерогенных углеводородов СН, состоящих из частиц несгоревшего топлива, в 1,2 раза сокращается содержание ядовитых окислов азота NO. Соединения свинца и различные ароматические полимеры, содержащиеся в бензине и являющиеся опасными канцерогенами, при работе на газовом топливе совершенно отсутствуют. Дымность выхлопа на газовом топливе в три раза ниже, чем при работе на бензине.

Настоящая программа предназначена для оценки величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортными потоками на городских магистралях и обеспечивает:

- определение валовых выбросов загрязняющих веществ потоком автомобилей на участке городской магистрали с учетом ее протяженности, состава транспортного потока (грузоподъемности и количества автомобилей) и режима работы двигателей (при движении, на холостом ходу). Расчет возможен для четырех наиболее распространенных веществ: окиси углерода (СО), окиси азота (NO_x), двуокиси серы (SO₂), углеводородов (C_nH_m);
- определение концентрации окиси углерода в зависимости от интенсивности и состава транспортного потока, наличия тоннелей, перекрестков, набережных, застройки и др., продольного уклона местности, состояния атмосферы с возможностью построения графика зависимости концентрации окиси углерода от интенсивности потока автомобилей.

Компьютерный практикум "Магистраль" призван помочь студентам в

освоении оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта. Индивидуальное выполнение компьютерного практикума в значительной мере способствует повышению степени усвоения студентами учебного материала по дисциплинам «Экология» и «Безопасность жизнедеятельности».

В качестве программного обеспечения использованы как собственные разработки МГТУ ГА, так и разработки научно-исследовательских институтов, занимающихся экологическими проблемами (ГНЦ НАМИ, НПО ЦНИТА). Авторы методического указания выражают благодарность студентке-дипломнице специальности 220100 (Вычислительные машины, комплексы, системы и сети) МГТУГА Извековой А.С. за активную помощь в работе.

Учебное пособие может быть рекомендовано студентам дневного и заочного отделений всех специальностей, изучающим дисциплины «Экология» и «Безопасность жизнедеятельности».

КРАТКАЯ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Динамика автотранспортного комплекса Москвы и крупнейших городов мира

Автомобильный парк Москвы (по состоянию на 1.01.2000 г.) насчитывает 2213,7 тыс. единиц, что составляет 9,5% автопарка Российской Федерации. Автомобильный бум первой половины 90-х годов затронул не только Москву, но и крупнейшие города и столицы азиатских стран. Так, например, количество автомобилей (по данным Центра развития человека ООН за 1996 год) в Стамбуле с 1992 по 1996 год возросло в 2,75 раза, в Куала-Лумпуре - в 2,52 раза, в Сеуле и Пекине - в 1,49 раза. В Москве увеличение количества автомобилей за тот же период составило 73,7%

В 1996 году на тысячу населения в Стокгольме приходилось 311 автомобилей, Лондоне — 342, Париже — 394, Вене — 428 и в Риме — 812. Москва уступает столицам индустриально развитых стран по количеству автомобилей (для 1996 года — 221, а в 1999 году — 257 на тысячу жителей). Для сравнения, по Российской Федерации уровень автомобилизации населения в 1997 году составил 151 автомашину на тысячу населения.

Одним из наиболее «автомобилизированных» городов мира, по данным Центра развития человека ООН, считается Лиссабон, где на каждого жителя приходится по автомобилю.

Столицы и крупнейшие города стран Азии отличаются более низкой насыщенностью автомобилями, по количеству автомобилей на тысячу населения только Бангкок (369), Токио (395), Куала-Лумпур (952) приближаются к среднеевропейскому уровню. В Буэнос-Айресе и Сан-Пауло обеспеченность автомобилями составляет соответственно 421 и 465 на тысячу жителей, тогда как в Мехико — 284, а в Лиме — 99 автомобилей. Уровень Монреаля по этому показателю составил 688 автомобилей, Нью-Йорка - 257.

Степень освоения территории городов дорожно-транспортной инф-

раструктурой и уровень развития транспорта в наибольшей степени отражают данные о плотности сети дорог, т. е. их средней протяженности на 1 км² территории. Москва по плотности дорог уступает столицам европейских государств (5,3 км на км² территории).

Плотность дорог в столицах мира зависит не только от уровня развития транспорта в этих городах, но и от особенностей их застройки. Наиболее высокой плотностью дорог на 1 км² территории отличаются: Париж — 15,3; Брюссель - 12,8; Сеул - 12,7 км. Для Мадрида, Берлина, Вены этот показатель составляет 5,5—7,0 км, а для Бангкока, Каира, Токио и Монреаля - 10-11 км на км².

Экологические последствия автомобилизации

Стремительный рост мирового автопарка, несомненно, обостряет и без того неблагоприятную экологическую обстановку. В настоящее время в России эксплуатируется свыше 27 млн. единиц автотехники, в том числе около 12 млн. легковых автомобилей, 5 млн. грузовых автомобилей и более 589 тыс. автобусов. В индивидуальном пользовании находится 11 млн. легковых автомобилей, 418 тыс. грузовых автомобилей и 57 тыс. автобусов. Каждый автомобиль выбрасывает в среднем тонну загрязняющих веществ в год. Только в Москве эти выбросы в пять с лишним раз превышают промышленные выбросы всех столичных предприятий. Автотранспорт России использует 8% кислорода, который генерируется в атмосфере. Автомобили стали главным источником загрязнения воздушной среды в крупных городах. Воздействие автотранспорта на окружающую среду не ограничивается загрязнением атмосферы, необходимо также рассматривать сбросы токсичных жидких и твердых веществ, шум, тепловое и электромагнитное излучение и др. (рис. 1).

Автомобильные двигатели внутреннего сгорания загрязняют атмосферу вредными веществами, выбрасываемыми с отработанными газами (ОГ), картерными газами и топливными испарениями. Токсичные вещества могут сохраняться в атмосфере в течение длительного времени и переноситься на значительные расстояния. Кроме того, первичные загрязнители в атмосфере при соответствующих условиях могут взаимодействовать друг с другом, образуя новые токсичные вещества: сульфаты, нитраты, озон, кислоты, фотооксиданты и др. При этом атмосферный воздух следует рассматривать как вторичный реактор дообразования вредных веществ, токсичность которых в некоторых случаях значительно превышает токсичность первичных компонентов.

Отработанные газы— это смесь газообразных продуктов полного или неполного сгорания топлива, избыточного воздуха и различных микропримесей (газообразных, жидких и твердых частиц, поступающих из цилиндров двигателя в его выпускную систему). 95—99% вредных выбросов современных автомобильных двигателей приходится на ОГ.

Картерные газы - смесь газов, проникающих через неплотности поршневых колец из камеры сгорания в картер, и паров масла, находящихся в

картере, а затем попадающих в окружающую среду.

Пары топлива - испарение топлива из топливных баков, элементов системы питания двигателей: стыков, шлангов и т.д.

Загрязнение воздуха идет следующим образом (по усредненным показателям):

- ОГ, выбрасываемые через выхлопную трубу (65%);
- картерные газы (20%);

углеводороды в результате испарения топлива из бака, карбюратора и трубопроводов (15%).



Рис. 1. Влияние автомобилизации на окружающую среду по [5]

Всего в ОГ обнаружено около 280 компонентов, которые можно подразделить на несколько групп. Группа нетоксичных веществ - азот, кислород, водород, водяной пар, углекислый газ. Группа токсичных веществ - оксид углерода CO, оксиды азота NO_x, углеводороды C_nH_m (парафины, олефины, ароматики и др.), альдегиды R_x*CHO, сажа, неорганические газы – диоксид серы SO₂ и сероводород H₂S. В отдельную группу можно отнести канцерогенные полициклические ароматические углеводороды (бенз(а)пирен), токсичные соединения свинца. В табл.1 представлены данные по составу ОГ основных типов двигателей - бензинового с искровым зажиганием и с воспламенением от сжатия (дизеля).

Состав отработанных газов автомобильных двигателей

Таблица 1

Состав ОГ	Содержание в объеме, %		Примечание
	Бензин	Дизель	
N ₂	74-77	76-78	Не токсично
O ₂	0,3-0,8	2,0-18,0	Не токсично
H ₂ O	3,0-5,5	0,5-4,0	Не токсично
CO ₂	5,0-12,0	1,0-10,0	Не токсично
CO	0,1-10,0	0,01-0,5	Токсично
NO _x	0,1-0,5	0,001-0,4	Токсично
C _x H _y	0,2-3,0	0,009-0,5	Токсично
RxCHO (альдегид)	0,0-0,2	0,01-0,09	Токсично
SO ₂	0,0-0,002	0,0-0,03	Токсично
Сажа, г/м ³	0,04	0,01-1,1	Токсично
Бенз(а)пирен	До 0,02	До 0,01	Канцерогенно

Необходимо отметить, что в настоящее время основным источником загрязнения воздуха является бензиновые двигатели. Тем не менее снижение токсичности дизелей также является актуальной задачей, учитывая наметившуюся тенденцию дизелизации АТ. Состав ОГ этих двух типов двигателей существенно различается прежде всего по концентрации продуктов неполного сгорания (оксид углерода, углеводороды, сажа).

Основными токсичными компонентами ОГ бензиновых двигателей следует считать CO, C_nH_m, NO_x и соединения свинца, дизелей - NO_x, сажу (табл.2).

Таблица 2

Тип двигателя	Выброс токсичных элементов, г/кВт · ч		
	CO	C _n H _m	NO _x
Карбюраторный двигатель	38,1	2,72	21,8
Дизельный двигатель	4,9	3,0	11,7

Оксид углерода (CO) - прозрачный, не имеющий запаха газ, несколько легче воздуха, практически нерастворим в воде. Поступая в организм с вдыхаемым воздухом, CO снижает функцию кислородного питания, выполняемую кровью, так как поглощаемость CO кровью в 240 раз выше поглощаемости кислорода. Наибольшей опасности отравления CO подвергаются люди, находящиеся в закрытых, плохо вентилируемых помещениях рядом с работающим двигателем. Не рекомендуется также длительное пребывание в кабине автомобиля, двигатель которого постоянно работает на холостом ходу. В результате кислородного голодания организма ослабляется внимание, замедляется реакция, падает работоспособность водителей, возможна потеря сознания, что напрямую влияет на безопасность дорожного движения.

Оксиды азота (NO_x) - самый токсичный газ из ОГ. В ОГ двигателей 90 - 99% всего количества оксидов азота составляет NO. Однако уже в системе выпуска и далее в атмосфере происходит окисление NO → NO₂. NO₂ - газ красновато-бурого цвета, в малых концентрациях не имеет запаха, хорошо растворяется в воде с образованием кислот. NO_x раздражающе действует на

слизистые оболочки глаз, носа, остаются в легких в виде азотной и азотистых кислот, получаемых в результате их взаимодействия с влагой верхних дыхательных путей. Оксиды азота способствуют разрушению озонового слоя. Считается, что токсичность NO_x больше в 10 раз, чем CO .

Углеводороды (C_nH_m) - этан, метан, бензол, ацетилен и др. (около 200 различных типов). Двигатель выбрасывает большое количество углеводородов, когда работает в режиме холостого хода, за счет плохой турбулентности и уменьшения скорости сгорания. C_nH_m действуют раздражающе на органы зрения, обоняния и очень вредны для окружающей среды. Наиболее активную роль в образовании смога играют олефины. Вступая в реакции с оксидами азота под воздействием солнечного облучения, они образуют озон и другие фотооксиданты - биологически активные вещества, вызывающие раздражение глаз, горла, носа у людей, нанося также ущерб флоре и фауне.

Диоксид серы (SO_2) - бесцветный, с острым запахом газ. Раздражающее действие на верхние дыхательные пути объясняется поглощением SO_2 влажной поверхностью слизистых оболочек и образованием в них кислот. Этот газ вызывает раздражение глаз, кашель, нарушает белковый обмен и ферментативные процессы. SO_2 и H_2S также очень опасны для растительности.

Оксиды свинца (PbO) выбрасываются с ОГ в виде аэрозолей в соединении с бромом, фосфором, хромом. Аэрозоли, попадая в организм при дыхании, через кожу и с пищей, вызывают отравление, приводящее к нарушениям функций органов пищеварения, нервно-мышечных систем, мозга. Свинец плохо выводится из организма и может накапливаться в нем до опасных концентраций.

Альдегиды (R_xCHO). В ОГ присутствуют в основном формальдегид и акролеин ($\text{C}_2\text{H}_3\text{CHO}$). Формальдегид - бесцветный газ с резким и неприятным запахом, раздражает глаза и верхние дыхательные пути, поражает центральную нервную систему, печень, почки. Акролеин также обладает сильным раздражающим действием. Именно эти газы определяют запах ОГ.

Дым - непрозрачный газ. Может быть белым, синим, черным. Цвет зависит от состояния ОГ. Белый и синий дым — это смесь капли топлива с микроскопическим количеством пара. Образуется из-за неполного сгорания и последующей конденсации. Белый дым образуется, когда двигатель находится в холодном состоянии, затем исчезает из-за нагрева. Наличие дыма показывает, что температура недостаточна для полного сгорания топлива. Черный дым состоит из сажи.

Сажа - бесформенное тело без кристаллической решетки. В ОГ дизельных двигателей сажа состоит из неопределенных частиц с размерами 0,3—100 мкм. При вдыхании сажи ее частицы вызывают негативные изменения в системе дыхательных органов человека. Если относительно крупные частицы сажи размером 2 - 10 мкм легко выводятся из организма, то мелкие, размером 0,5 - 2 мкм, задерживаются в легких, дыхательных путях, вызывают аллергию. Как и любая аэрозоль, сажа загрязняет воздух, ухудшает видимость на дорогах, но, самое главное, на саже адсорбируются ароматические углеводороды, в том числе канцерогенный бенз(а)пирен. Норма сажи в ОГ составляет 0,8 г/м³.

Скорость сжигания сажи зависит от размера частиц (при размере частиц меньше 0,01 мкм сажа сжигается полностью).

Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых из перечисленных веществ приведены в (табл.3).

Таблица 3

Вредное вещество	ПДК рз, мг/м ³	ПДК населенных мест	
		ПДК мз, мг/м ³	ПДК сс, мг/м ³
Углерода оксид CO	20	5	0,6
Азота оксиды NO ₂	5	0,085	0,085
Углеводороды суммарные C _n H _m	300		
Диоксид серы SO ₂	10	0,5	0,05

Контроль выбросов автотранспорта и мероприятия по их снижению

Контроль автотранспорта на соответствие требований ГОСТ включает метод интегральной оценки степени исправности двигателя, его систем питания и подачи воздуха и выпуска отработавших газов. Однако результаты такого контроля только косвенно характеризуют степень экологической безопасности автотранспортных средств, существуют и требования к экологическим показателям автотранспортных. В табл. 4 представлены европейские и действующие в России отраслевые нормы выбросов вредных веществ автомобилями при их испытаниях по ездовым циклам.

Европейские и действующие в России допустимые нормы выбросов вредных веществ автомобилями с полной массой менее 3,5 тонн при испытаниях по ездовым циклам

Таблица 4

Нормативный документ	Год введения	Допустимые нормативы		
		CO	СН _x +NO _x	Частицы
ОСТ 37.001.054-86	1990	13,33	4,94	-
R83-02 (Евро-1)	1993	2,72	0,97	0,14 (диз)
R83-03 (Евро-2)	1996	2,2	0,5	0,1 (диз)
R83- проект (Евро-3)	1999	2,3	0,2(CН _x) 0,15(NO _x)	0,05 (диз)

Отраслевые нормы на выброс автомобилями токсичных веществ с отработавшими газами в нашей стране в основном разрабатывались в 80-е годы, но по методам испытаний и анализу токсичных компонентов они практически соответствуют правилам ЕЭК ООН.

Для контроля на токсичность и дымность ОГ автомобилей разработана система государственных стандартов, которые подразделяются на действующие в сфере производства технических средств и в сфере их эксплуатации. ГОСТ 17.2.2.03-87 устанавливает нормы предельно допустимого содержания оксида углерода и углеводородов в ОГ автомобилями с бензиновыми двигателями. Этот стандарт предусматривает проведение проверки как новых автомобилей (на заводах-изготовителях), так и находящихся в эксплуатации. Контроль проводится при работе двигателя на двух режимах холостого хода: при минимальных и повышенных оборотах.

Автомобили, у которых обнаружено превышение указанных норм, считаются технически неисправными и должны направляться на проведение соответствующих ремонтных или регулировочных работ.

ГОСТ 21393-75 регламентирует требования к автомобилям с дизельными двигателями, предусматривая проверку ОГ как новых, так и эксплуатирующихся автомобилей на дымность.

В табл. 5 представлены расчетные средние пробеговые выбросы автомашин с бензиновым двигателем на километр улично-дорожной сети г. Москвы. Расчет проведен без учета эффективности мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ.

Из представленных данных следует, что даже расчетные выбросы автомобилей с бензиновым двигателем для условий г. Москвы превышают более чем в три раза допустимые выбросы по ОСТ 37.001.054-86 и в среднем в 15-20 раз Правила ЕЭК ООН R83-02 (Евро-1). Они в основном соответствуют нормативам допустимых выбросов США для автомобилей 1968-1971 г. выпуска.

Расчетные средние пробеговые выбросы автомобилей с бензиновым двигателем на километр улично-дорожной сети г. Москвы

Таблица 5

Загрязняющие вещества	Расчетные выбросы на одну автомашину (г/км пробега)					
	1994	1995	1996	1997	1998	Среднее
СО	54,146	39,788	40,971	40,464	32,604	41,595
СН	10,209	6,788	7,448	7,357	5,927	7,554
NO _x	2,484	2,261	2,328	2,299	1,852	2,245
SO ₂	0,343	0,173	0,170	0,159	0,148	0,199
Рь	0,012	0,012	0,011	0,010	0,009	0,011
Сажа	0,095	0,055	0,049	0,055	0,044	0,059

В ГНЦ НАМИ проводятся работы по оценке выбросов загрязняющих веществ в отработанных газах новых и находящихся в эксплуатации автомашин. В табл. 6 представлены значения выбросов как нормируемых компонентов (оксида углерода - СО, углеводородов - СН, оксидов азота – NO_x, твердых частиц), так и ненормируемых токсичных веществ (полициклические ароматические углеводороды - ПАУ, альдегиды).

Выбросы вредных веществ с отработавшими газами легковых автомашин

Таблица 6

Вид топлива	Выбросы вредных веществ (г/км пробега)					
	СО	СН _x	NO _x	Тв.ч.	ПАУ	Альдегиды
Новые автомобили						
Бензин	6,0– 7,0	1,5-2,0	2,0-3,0	0,040	0,015	0,15-0,2
Сжиженный газ	5,0-5,5	1,5-2,0	3,0-3,5	0,035	0,012	0,15
Сжатый газ	4,5-5,0	2,0-3,0	2,5-3,0	0,030	0,01	0,12
Автомашины в эксплуатации						
Бензин	10-12,0	3,0-4,0	3,0-4,5	0,1-0,15	0,4-0,6	0,5-0,7

Сопоставление данных табл. 2 и 3 показывает, что средние расчетные данные превышают в 2-4 раза величины выбросов оксида углерода и углеводородов, полученные НАМИ для машин, находящихся в эксплуатации, что, вероятно, связано с большим количеством машин, находящихся в эксплуатации девять и более лет. Необходимо отметить, что сопоставление данных табл. 2 и 3 возможно только с определенными допущениями: автопарк с бензиновыми двигателями на 90,5% состоит из легковых автомашин, а 9,5% составляют грузовые машины и автобусы. Анализ табл. 3 позволяет сделать следующие выводы:

- пробеговые выбросы автомашин с бензиновым двигателем, находящихся в эксплуатации, превышают аналогичный показатель для новых автомашин на 45-50%;

- использование в качестве моторного топлива сжиженного нефтяного газа при одинаковой развиваемой мощности двигателя новых автомашин не только не дает практического снижения выбросов по сравнению с бензином, но и приводит к увеличению в 1,3 раза выбросов окислов азота;

- использование в качестве моторного топлива сжатого природного газа при одинаковой развиваемой мощности двигателя новых автомашин дает снижение на 15-18% выбросов оксида углерода и снижение на 70% выброса твердых частиц, но дает увеличение на 50—70% выбросов углеводородов и увеличение на 30—40% выбросов окислов азота. Кроме того, пока не ясно, как будут изменяться показатели выброса в процессе эксплуатации автомашин.

В таблице 7 представлены расчетные средние пробеговые выбросы автомашин с дизельным выбросом на кВт*ч мощности для условий г.Москвы за пять лет (1994-1998 гг).

Расчетные средние пробеговые выбросы автомобилей с дизельным двигателем

Таблица 7

Загрязняющие вещества	Расчетные выбросы на одну автомашину (г/Вт*ч) пробега)					
	1994	1995	1996	1997	1998	Среднее
СО	4,628	3,425	3,337	3,799	3,267	3,691
СН	2,036	1,507	1,470	1,672	1,438	1,625
NO _x	12,961	9,593	9,352	10,64	9,148	10,343
SO ₂	0,227	0,168	0,160	0,173	0,155	0,176
Сажа	0,555	0,452	0,433	0,455	0,392	0,457

Из представленных данных следует, что расчетные выбросы для условий г. Москвы в основном соответствуют отечественным требованиям по допустимым выбросам вредных веществ автомобилями с дизельными двигателями (ОСТ 37.001.234-81) и требованиям Правил ЕЭК ООН R-49-02 (Евро-1). Однако эти данные можно принимать во внимание с большим допущением, так как грузовые автомобили и автобусы составляют только 55,3% общего числа автомашин с дизельным двигателем.

При разработке комплексной экологической программы (КЭП) Москвы использованы методы программно-целевого планирования и системный подход в формировании основных направлений программы по охране атмосферного

воздуха. Система таких мероприятий представлена в табл. 8.

Мероприятия на городском транспорте по охране атмосферного воздуха

Таблица 8

Планировочно-градостроительные	Технологические	Санитарно-технические	Административно-технические
-выделение скоростных дорог и полос безостановочного движения; -организация пересечения улиц на разных уровнях; -организация под(над)-земных переходов; -озеленение магистралей и свободных территорий	-замена двигателя на более экономичный и менее токсичный; -замена топлива; -совершенствование рабочего процесса двигателя; -расширение парка и использование муниципального электро-транспорта	- каталитический дожиг; -фильтрация твердых частиц; -установка трехступенчатых систем нейтрализации	-установление нормативов качества топлива; -установление допустимых региональных нормативов выбросов; -вывод из города транзитного транспорта; -вывод из города складских баз и терминалов

Планировочно-градостроительные мероприятия на транспорте, проведенные в последние годы в Москве, сводятся в основном к реконструкции МКАД и строительству третьего транспортного кольца. МКАД на сегодняшний день является единственной в Москве скоростной дорогой безостановочного движения протяженностью 109 километров. Плотность транспортного потока на ней составляет от 1500-2000 автомашин в час ночью и 5500-7000 автомашин в час днем при средней скорости движения 80—100 км/ч. При минимальном среднесуточном транспортном потоке автомашин около 4,5 тыс/ч и средней минимальной скорости движения 80 км/ч валовые выбросы автотранспорта СО и СН на МКАД составляют не более 0,5, а окислов азота - не более 2,0 % от валовых выбросов того же количества автотранспорта при городских режимах движения. За счет увеличения пропускной способности МКАД средней скорости транспортного потока на ней валовый объем выброса автотранспортных средств города снизился на 76833,980 тонн в год, что составляет 4,75% расчетного валового объема выбросов загрязняющих

Технологические мероприятия на городском транспорте призваны способствовать прекращению или ограничению поступления вредных веществ в атмосферу от источника их образования. Радикальными мерами борьбы с загрязнением атмосферного воздуха автотранспортом являются создание экономичного двигателя, имеющего менее токсичный состав отработанных газов, замена моторного топлива на имеющее в процессе сгорания менее токсичный состав газов, совершенствование рабочего процесса двигателя, приводящее к снижению потребления моторного топлива и образованию меньшего количества загрязняющих веществ на километр пробега, использование электротранспорта. К сожалению, технологические мероприятия по созданию и внедрению принципиально новых двигателей и видов моторного топлива по разным причинам не выходили за пределы исследовательских работ.

Санитарно-технические мероприятия проводятся на этапе отведения

вредных веществ от источника образования. Наиболее распространенным в мировой практике санитарно-техническим мероприятием является установка на автомобилях нейтрализаторов ОГ. Известно, что использование нейтрализаторов позволяет на 80-85 % снижать выбросы вредных веществ в отработавших газах. Несмотря на то что это самые дорогие из всех антиоксидных устройств (в них применяются в качестве катализатора драгоценные металлы платиновой группы), нейтрализаторы находят широкое применение на новых автомобилях, выпускаемых в США, странах Европейского Союза, Японии. Нейтрализаторы могут устанавливаться и на автомобили, уже находящиеся некоторое время в эксплуатации. Типичные режимы движения в городе связаны с многочисленными ускорениями и торможениями, здесь наиболее пригодны нейтрализаторы на благородных металлах, которые снижают содержание остаточных количеств свинца и серы в бензине. В табл. 9 представлены данные по результатам испытаний легковых автомобилей при работе на жидких и газообразных видах топлива по испытательным циклам Правил ЕЭК ООН R-83 (легковые автомобили) с использованием окислительных нейтрализаторов для очистки отработавших газов.

Выбросы вредных веществ с отработавшими газами легковых автомашин

Таблица 9

Вид топлива	Выбросы вредных веществ (г/км пробега)					
	СО	СНх	NOх	Тв.ч.	ПАУ	Альдегиды
При работе на бензине						
Без нейтрализатора	6- 7,0	1,5-2,0	2,0-3,0	0,040	0,015	0,15-0,2
С нейтрализатором	1,2-1,4	0,3-0,4	1,7-2,7	0,035	0,045	0,04
При работе на сжиженном газе						
Без нейтрализатора	5-5,5	1,5-2,0	3,0-3,5	0,035	0,012	0,15
С нейтрализатором	1,2-1,4	0,3-0,4	2,9-3,3	0,035	0,004	0,04
При работе на сжатом газе						
Без нейтрализатора	4,5 -5	2,0-3,0	2,5-3,0	0,030	0,0100	0,12
С нейтрализатором	0,3-0,5	1,0-1,5	2,4-2,8	0,030	0,0035	0,03

Испытания показали:

- применение каталитических нейтрализаторов позволяет снизить выбросы оксида углерода, углеводородов, полиароматических углеводородов и альдегидов в среднем в 5 раз;
- эффективность окислительных нейтрализаторов в отношении снижения окислов азота и твердых частиц низкая;
- наибольшую эффективность по снижению выброса загрязняющих веществ каталитические нейтрализаторы имеют при использовании бензина в качестве моторного топлива и наименьшую — при использовании сжатого природного газа.

Среди административно-технических мероприятий следует выделить улучшение качества моторного топлива и изменение технического состояния автомашин за счет создания сети контрольно-регулирующих постов (КРП). За счет внедрения моторных топлив с улучшенными экологическими

характеристиками в Москве удалось снизить расчетный валовой выброс загрязняющих веществ автотранспортом в 1997 г. на 1,1%, в 1998 г. на 3,03%, а в 1999 г. уже на 3,32%. Снижение валового объема выбросов основных загрязняющих веществ автотранспортом для Москвы за счет проведения на созданной сети КРП работ по регулировке и контролю выбросов основана на отчетах о деятельности постов КРП. За 1998 г. выявлено и отрегулировано 359,4 тыс., а в 1999г. 360,3 тыс. неисправных автомобилей. Минимальный предел регулировки выбросов СО составляет 25% нормативного, аналогичный показатель для СНх — 20%. Несложные расчеты показывают, что минимальное снижение выбросов оксида углерода и углеводородов в отработанных газах автомашин юридических лиц, отрегулированных на постах КРП, в 1998 г. равно 30806,5 т., а в 1999 г. - 35519,9 т. В целом за счет проведения административно-технических мероприятий расчетное минимальное снижение выбросов загрязняющих веществ в отработанных газах (ОГ) автотранспорта Москвы в 1998 г. составило 98232,8 т. (6,08%), а в 1999 г. - 110220,3 тонны (6,7%) от валового расчетного объема выбросов автотранспорта.

СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММЕ

Для выполнения программы должны быть созданы следующие условия:

- процессор 80486 и выше;
- объем оперативной памяти 16 Мб и выше;
- монитор типа VGA;
- операционная система - Windows 2000 Professional;
- рабочее разрешение экрана 1024 на 768 точек;
- пакет программ Microsoft Office (Microsoft Excel);
- дисковод для 3,5" дискет.

Пользовательский интерфейс основан на системе разворачивающихся меню и всплывающих окон, которые можно свободно перемещать по экрану, сворачивать и восстанавливать; учтен контроль количества проведенных опытов; учтена проверка на несовпадение некоторых коэффициентов при многократном проведении опытов; возможно редактирование отдельного опыта, а не всего расчета в целом. Сохранение результатов производится в едином файле с расширением .exl, доступ к которому производится нажатием одной кнопки, расположенной в главном меню программы.

В программе осуществляется два вида расчетов:

1. Определение валовых выбросов загрязняющих веществ потоком автомобилей на участке городской магистрали. Расчет проводится для четырех веществ.
2. Определение концентрации окиси углерода в зависимости от интенсивности и состава транспортного потока. По результатам расчетов по определению концентрации окиси углерода строится график зависимости концентрации окиси углерода от интенсивности потока автомобилей.

При запуске программы на экране дисплея отображается заставка,

показанная на рис. 2, а затем окно «Магистраль» (рис.3).

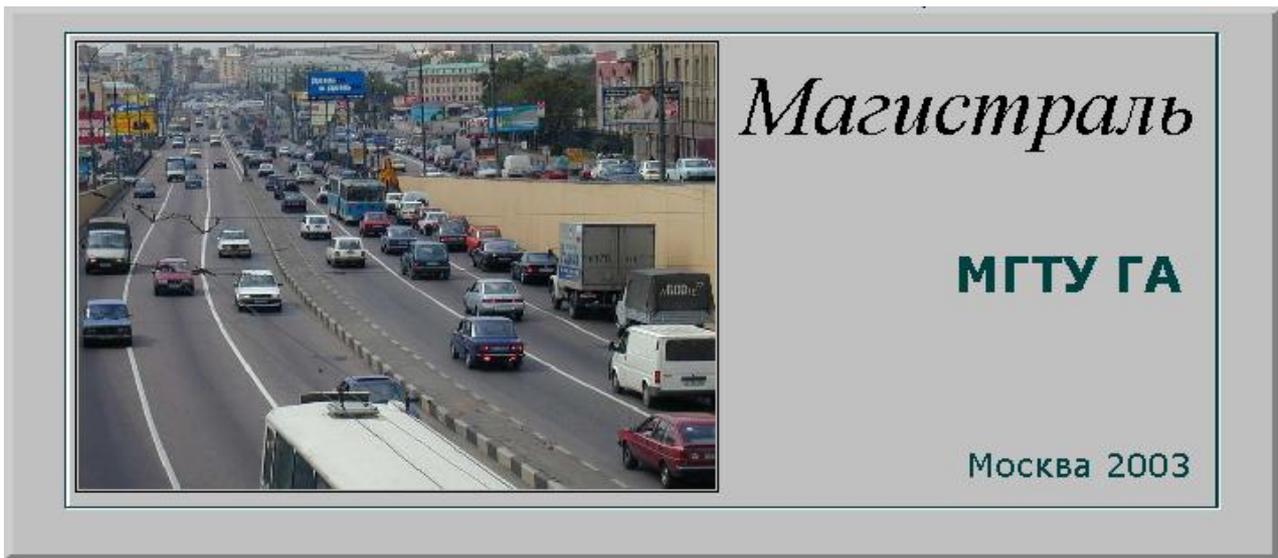


Рис.2. Заставка программы «Магистраль»

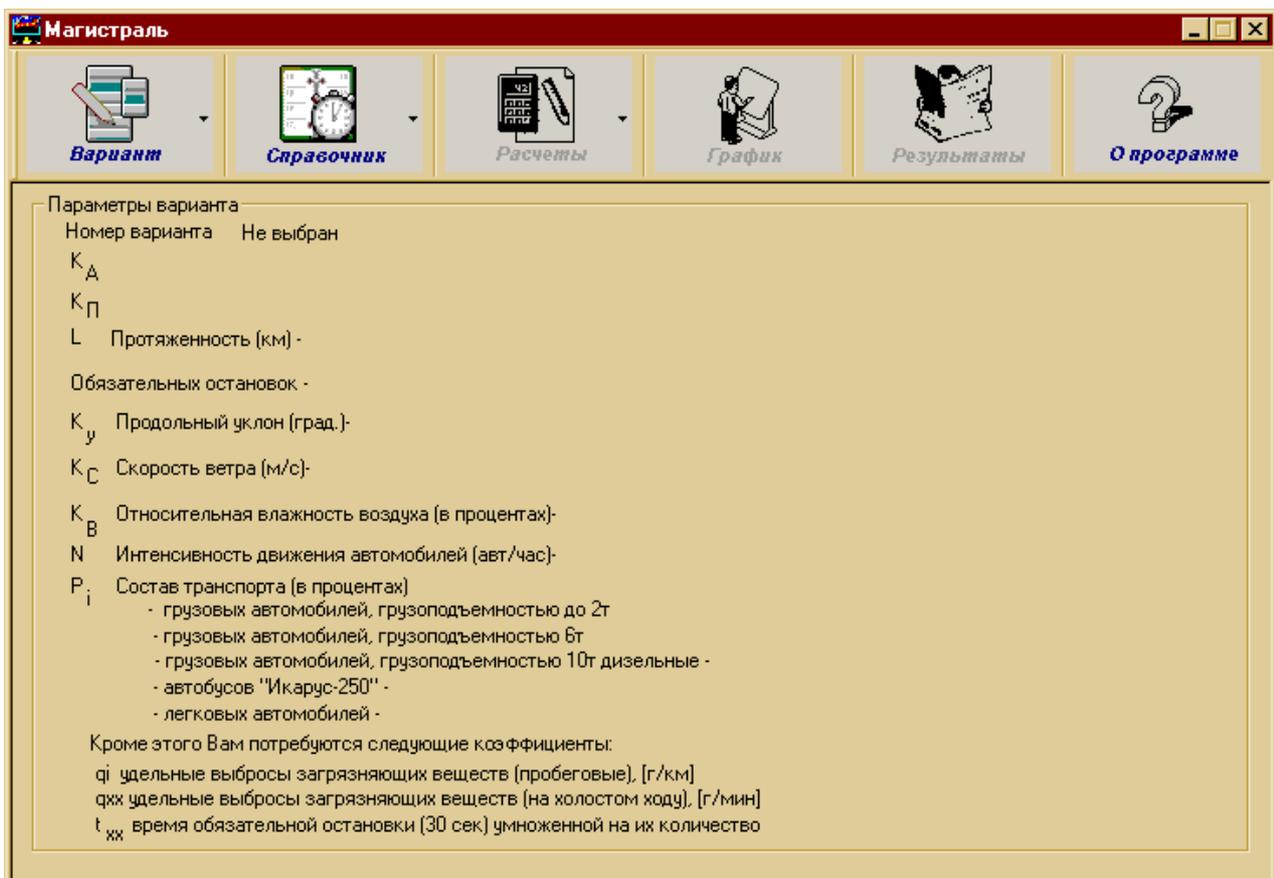


Рис.3. Вид главного окна программы «Магистраль»

Окно «Магистраль» содержит главное меню программы. Для удобства пользователя кнопки меню становятся активны последовательно по мере выполнения работы.

Выбор варианта производится нажатием кнопки <ВАРИАНТ> на

главном меню. Из выпадающего списка вариантов выбирается нужный. После нажатия на его номер на главном окне отобразиться полный текст варианта. Для удобства пользователя, во время работы с программой, текст варианта постоянно находится в главном окне программы.

Один из двух видов расчетов (Валовые выбросы загрязняющих веществ или Определение концентрации окиси углерода) выбирается нажатием кнопки <РАСЧЕТЫ>, а затем строки с соответствующим названием (рис.4).

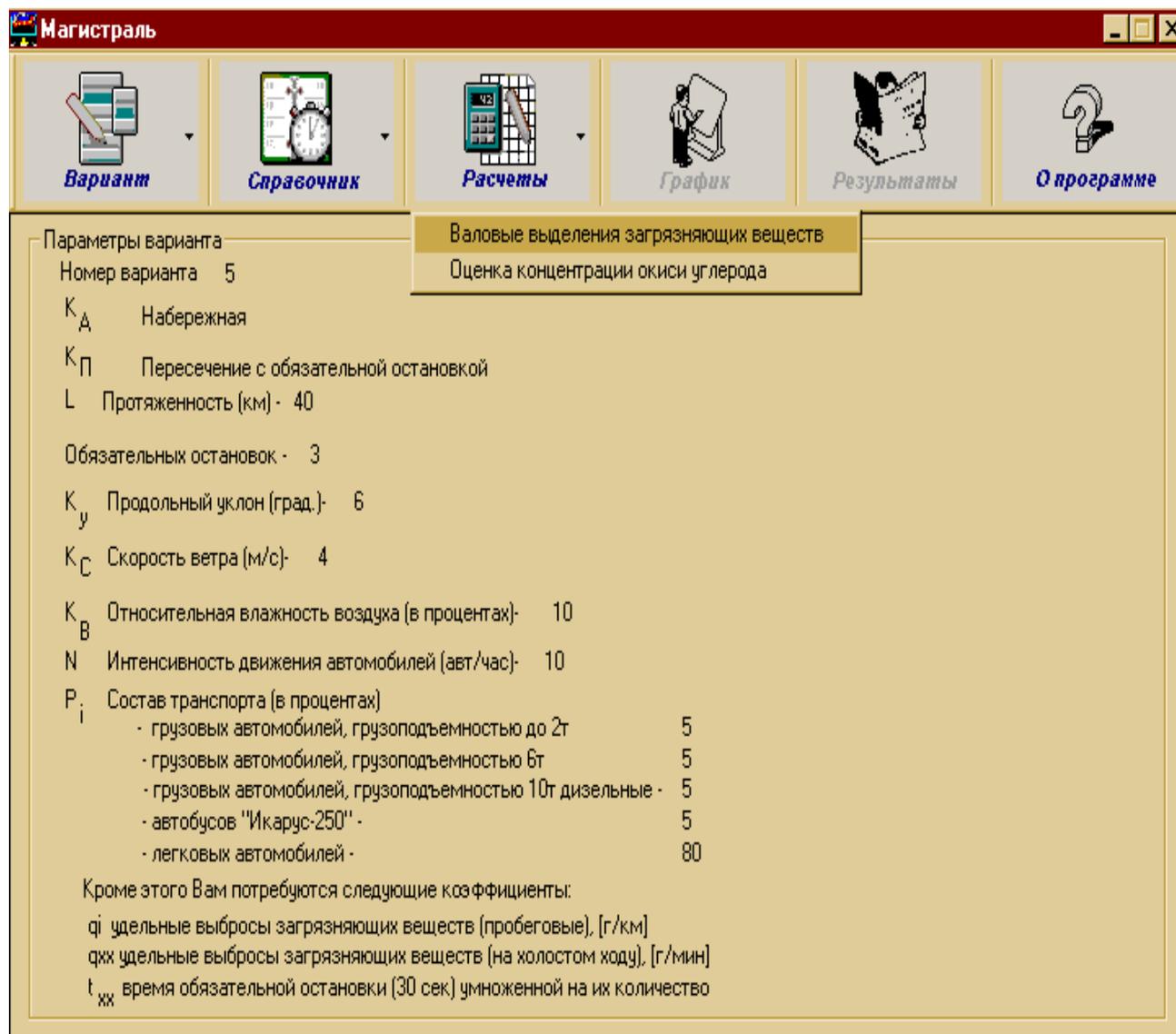


Рис. 4. Выбор вида расчета

Окно «Расчет» для **определения валовых выделений загрязняющих веществ** изображено на рис.5.

Программа позволяет определить валовые выделения M потоком автотранспорта наиболее распространенных загрязняющих веществ: окиси углерода (CO), окиси азота (NO_x), двуокиси серы (SO_2), углеводородов (C_nH_m) по следующей формуле:

$$M = G_{\Pi} * L + G_{XX} * t_{XX}, \quad [г] \quad (1)$$

Расчет

Определение валовых выделений загрязняющих веществ потоком автомобилей

Провести расчеты для каждого вещества (все значения коэффициентов берутся из соответствующих справочников)

$$M = G_{\Pi}L + G_{\text{хх}}t_{\text{хх}}$$

$$G_{\text{хх}} = \sum q_{\text{хх}i}$$

$$G_{\Pi} = \sum P_i q_i$$

Тип расчета
CO

CO
NO_x
SO₂
CnHm

L Протяженность
грузовые автомобилей, грузоподъемностью до 2т
грузовые автомобилей, грузоподъемностью 6т

q_i грузовые автомобилей, грузоподъемностью 10т дизельные автобусы "Икарус-250"
легковые автомобилей

P_i грузовые автомобилей, грузоподъемностью до 2т
грузовые автомобилей, грузоподъемностью 6т
грузовые автомобилей, грузоподъемностью 10т дизельные автобусы "Икарус-250"
легковые автомобилей

q_{ххi} грузовые автомобилей, грузоподъемностью до 2т
грузовые автомобилей, грузоподъемностью 6т
грузовые автомобилей, грузоподъемностью 10т дизельные автобусы "Икарус-250"
легковые автомобилей

t_{хх} время обязательной остановки (30 сек) умноженной на их количество

Выход

Вычислить

Рис.5. Вид окна «Расчет» для определения валовых выделений загрязняющих веществ

где L – протяженность магистрали, км;

t_{хх} . время обязательной остановки, мин.

Удельное выделение загрязняющих веществ при движении автомобилей (пробеговые выбросы):

$$G_{\Pi} = \sum P_i * g_i, \quad [\text{г/км}] \quad (2)$$

где P_i – число автомобилей i-го типа в долях единицы (состав автотранспорта в процентах);

g_i - удельное выделение двигателем загрязняющего вещества (пробеговые выбросы), г/км.

Удельное выделение загрязняющих веществ на холостом ходу:

$$G_{\text{ХХ}} = \sum g_{\text{ХХ}}, \quad [\text{г/мин}] \quad (3)$$

где $g_{\text{ХХ}i}$ - удельное выделение двигателем загрязняющего вещества по каждому типу двигателя на холостом ходу, г/мин.

После ввода с клавиатуры всех значений, для получения результата необходимо нажать кнопку «Вычислить» на окне «Расчет». Программа произведет все необходимые вычисления и покажет результат расчета (рис. 6). После этого предложит сохранить полученное значение. Пользователь должен будет ввести имя результирующего файла. Затем выбрать из списка «Тип расчета» следующее вещество и аналогичным образом произвести вычисления.

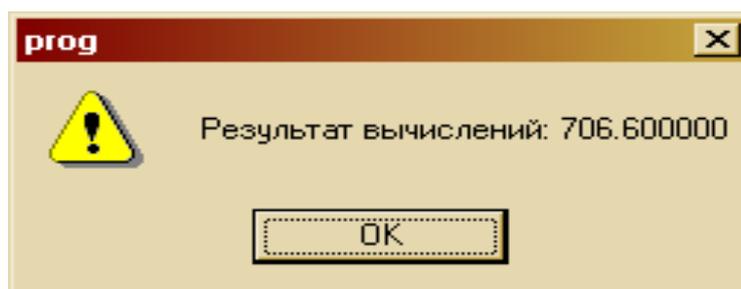


Рис. 6. Сообщение о результате вычислений

Если выбран **расчет по определению концентрации окиси углерода** в зависимости от интенсивности и состава транспортного потока, то появляется окно «Список расчетов» (рис.7).

Это окно позволяет временно хранить и редактировать результаты расчетов. При нажатии на кнопку <ДОБАВИТЬ РАСЧЕТ> появляется окно «Расчет» для определения концентрации окиси углерода (рис.8).

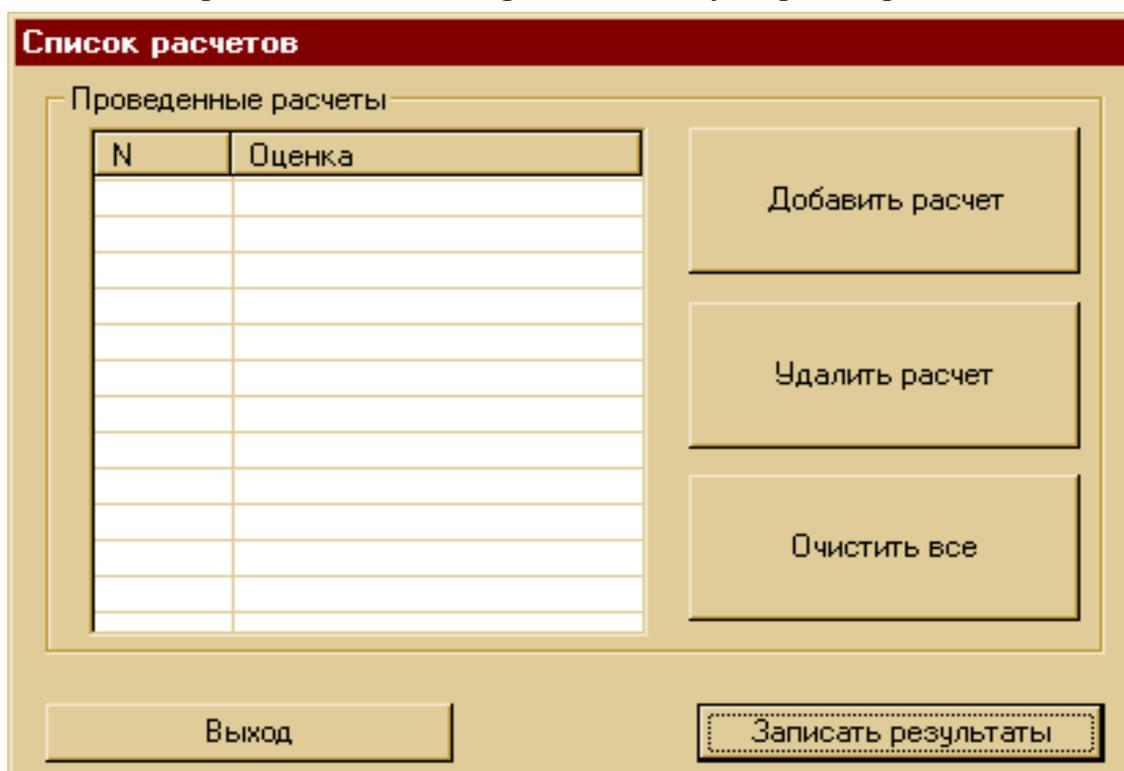


Рис.7. Вид окна «Список расчетов»

Расчет

Оценка концентрации окиси углерода (K_{CO}) в зависимости от потока автомобилей по городским магистралям.

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

$$K_T = \sum P_i q_i$$

	грузовые автомобилей, грузоподъемностью до 2т	<input type="text"/>
	грузовые автомобилей, грузоподъемностью 6т	<input type="text"/>
P _i	грузовые автомобилей, грузоподъемностью 10т дизельные	<input type="text"/>
	автобусы "Икарус-250"	<input type="text"/>
	легковые автомобилей	<input type="text"/>
N	Интенсивность движения автомобилей	<input type="text"/>
	грузовые автомобилей, грузоподъемностью до 2т	<input type="text"/>
K _{Ti}	грузовые автомобилей, грузоподъемностью 6т	<input type="text"/>
	грузовые автомобилей, грузоподъемностью 10т дизельные	<input type="text"/>
	автобусы "Икарус-250"	<input type="text"/>
	легковые автомобилей	<input type="text"/>
K _A	Коэффициент степени аэрации	<input type="text"/>
K _Y	Коэффициент продольного уклона	<input type="text"/>
K _C	Коэффициент скорости ветра	<input type="text"/>
K _B	Коэффициент относительной влажности	<input type="text"/>
K _Π	Коэффициент типа пересечения	<input type="text"/>

OK

Рис.8. Вид окна «Расчет» для определения концентрации окиси углерода

Концентрация окиси углерода K_{CO} рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * N * K_T) * K_A * K_Y * K_C * K_B * K_{\Pi} \quad [\text{мг/м}^3] \quad (2)$$

где 0,5 - фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³;

N - суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автом./час;

$K_T = \sum P_i * K_{Ti}$ - коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода, где

P_i – численность (в процентах от общего количества) автомобилей i -ой группы в транспортном потоке;

K_{Ti} - коэффициент токсичности автомобилей i -ой группы по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода;

K_A - коэффициент, учитывающий аэрацию местности;

K_Y - коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона;

K_C - коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра;

K_B - коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха;

K_{II} - коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений магистралей.

Выбор справочной информации осуществляется нажатием на кнопку <СПРАВОЧНИК> и выбором нужного из выпадающего списка, как показано на рис. 9. На экране появится одно из окошек, представленных в Приложениях 2-9.

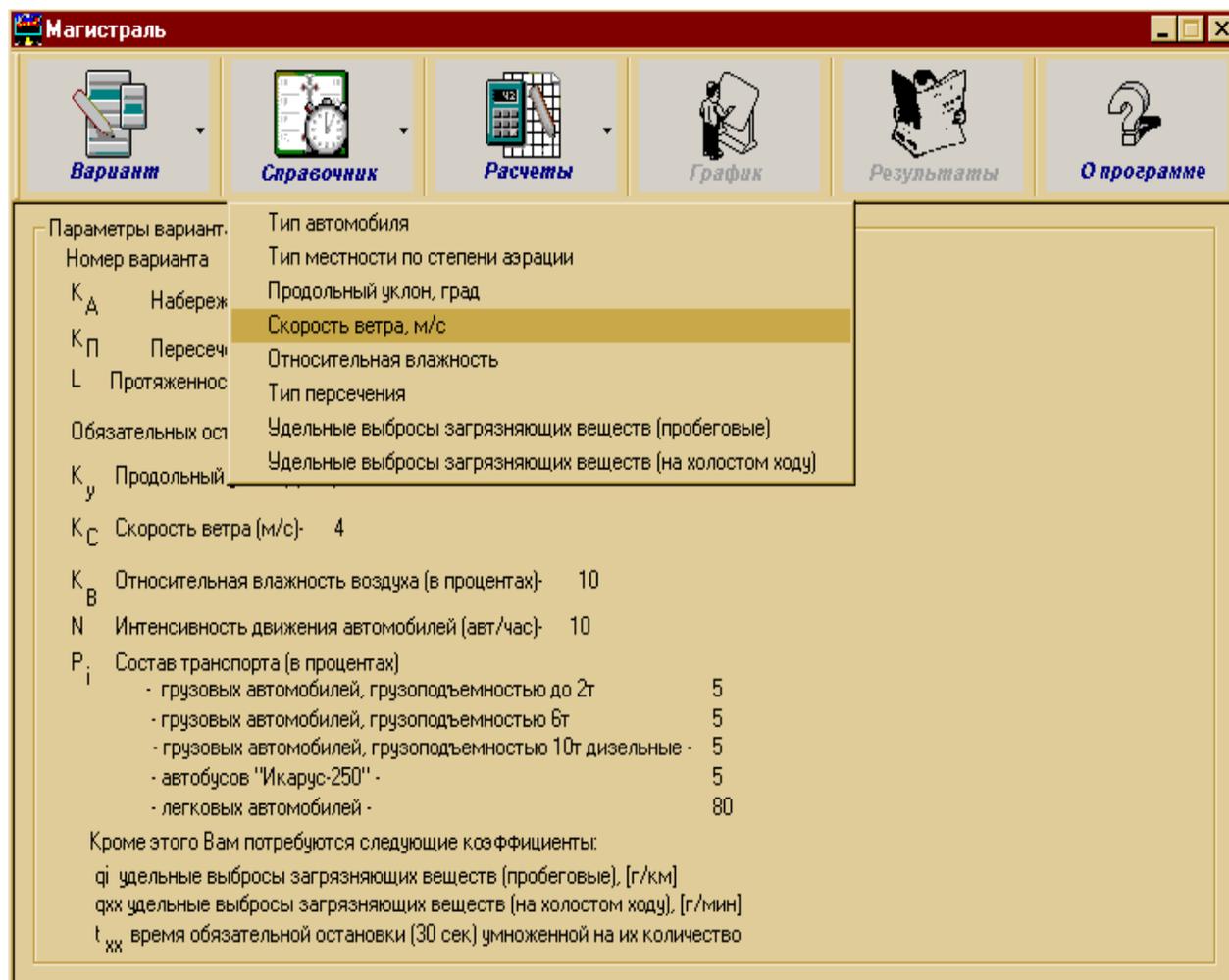


Рис. 9. Выбор справочной информации

Для **получения результата** необходимо нажать кнопку «ОК» в окне «Расчет». Программа произведет все необходимые вычисления и полученный результат запишет в «Проведенные расчеты» в окне «Список расчетов». Таких вычислений следует провести не менее десяти. В программе предусмотрена проверка на количество опытов (если их проведено менее десяти, то появится информационное окно-комментарий -рис.10) и повторяемость значения N интенсивности движения автомобилей (информационное окно-комментарий, указывающее, что следует удалить один из результатов опыта с повторяющимся значением N и провести

дополнительный расчет - рис.11).

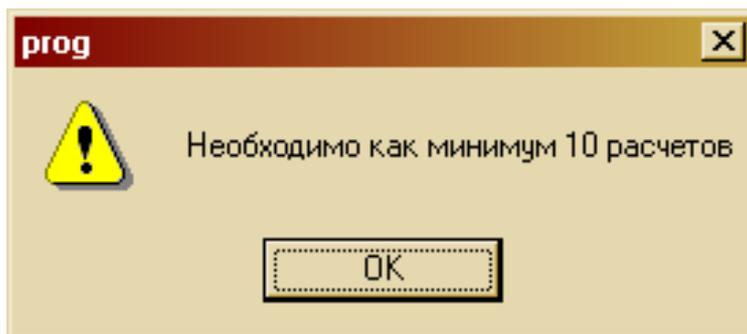


Рис. 10

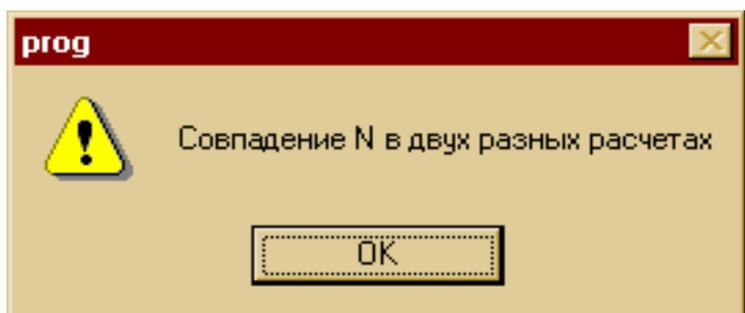


Рис. 11

Чтобы **построить график** зависимости концентрации окиси углерода CO от интенсивности потока автотранспорта N необходимо нажать на кнопку <ГРАФИК>, расположенную в главном окне программы, затем в появившемся окне «График» (РИС. 12) нажать < ПОСТРОИТЬ>. Полученный график запишется в файл результатов.

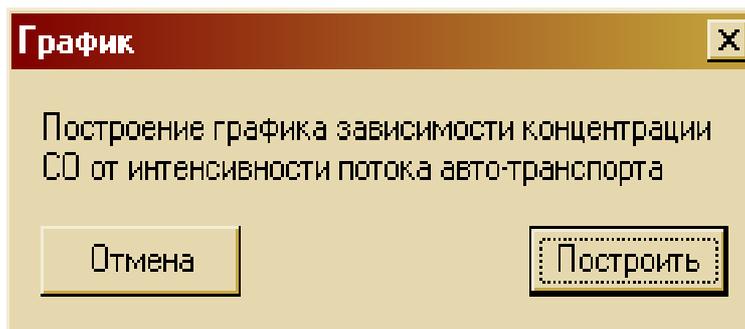


Рис.12

Чтобы **просмотреть полученные результаты**, в главном окне программы «Магистраль» необходимо нажать кнопку <РЕЗУЛЬТАТЫ>, при этом автоматически запускается программа Microsoft Excel и открывается созданный ранее пользователем файл результатов.

Выход из программы осуществляется нажатием на символ <X>, расположенный в верхнем правом углу окна.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

Внимание! Перед запуском программы «Магистраль» необходимо установить пакет программ Microsoft Office, в частности Microsoft Excel. Установить рабочее разрешение экрана монитора 1024 на 768 точек.

1. Открыть файл prog.exe в папке «Магистраль».
2. Нажать на кнопку <ВАРИАНТ> на главном меню и выбрать номер варианта задания.
3. Последовательно определить валовые выделения потоком автомобилей следующих загрязняющих веществ: окиси углерода, окиси азота, двуокиси серы и углеводов. Для чего нажать кнопку <РАСЧЕТЫ>, расположенную на главном меню, и в выпадающем списке видов расчетов активизировать строку «Валовые выделения загрязняющих веществ».

3.1. Расчет валовых выделений окиси углерода.

В появившемся окне «Расчет» из списка «Тип расчета» выбрать **СО**. В соответствии с выбранным вариантом с клавиатуры ввести значения протяженности магистрали **L**, состава автотранспорта **P_i**, общего времени остановок автотранспорта **t_{xx}** (см. исходные данные варианта на экране монитора или Приложение 1 настоящего Пособия), а также удельные пробеговые выбросы **СО q_i** и удельные выбросы **СО на холостом ходу q_{xxi}** в зависимости от состава автотранспорта (см. <СПРАВОЧНИК> главного меню или Приложения 8 и 9 настоящего Пособия).

Для получения результата нажать кнопку <Вычислить> в окне «Расчет».

Сохранить полученное значение в результирующем файле.

3.2. Расчет валовых выделений окиси азота. В окне «Расчет» выбрать из списка «Тип расчета» **NO_x** и произвести вычисления аналогично п. 3.1.

3.3. Расчет валовых выделений двуокиси серы. В окне «Расчет» из списка «Тип расчета» выбрать **SO₂** и произвести вычисления аналогично п. 3.1.

3.4. Расчет валовых выделений углеводов. В окне «Расчет» выбрать из списка «Тип расчета» **C_nH_m** и произвести вычисления аналогично п. 3.1.

4. Оценить концентрацию окиси углерода в атмосферном воздухе в зависимости от интенсивности и состава потока автотранспорта с учетом особенностей городской магистрали (согласно варианту задания).

4.1. Нажать кнопку <РАСЧЕТЫ>, расположенную на главном меню, и в выпадающем списке видов расчетов активизировать строку «Оценка концентрации окиси углерода».

4.2. В появившемся окне «Список расчетов» нажать кнопку <ДОБАВИТЬ РАСЧЕТ>. Появится окно «Расчет».

4.3. В соответствии с выбранным вариантом с клавиатуры ввести значения состава автотранспорта P_i , интенсивности движения автомобилей N (см. исходные данные варианта на экране монитора или Приложение 1 настоящего Пособия), а также коэффициенты, учитывающие типы автомобилей в транспортном потоке $K_{Тп}$, степень аэрации K_A , продольный уклон местности K_Y , скорость ветра K_C , относительную влажность воздуха K_B , тип пересечения дорог $K_{П}$ (см. <СПРАВОЧНИК> главного меню или Приложения 2-7 настоящего Пособия). Нажать «ОК».

4.5. Повторить п.п. 4.2.-4.3. не менее 10 раз, каждый раз изменяя значение интенсивности движения автомобилей N , а также параметры коэффициентов K_A , K_Y , K_C , K_B , $K_{П}$ (по выбору).

4.6. Сохранить полученные результаты, нажав кнопку <Записать результаты> в окне «Список расчетов». Результаты автоматически запишутся в ранее созданный файл результатов.

4.7. Построить график зависимости концентрации окиси углерода K_{CO} от интенсивности потока автотранспорта N , для чего нажать кнопку <ГРАФИК>, расположенную на главном меню, а затем кнопку <Построить>. Полученный график запишется в файл результатов.

5. Просмотреть полученные результаты (кнопка <РЕЗУЛЬТАТЫ> на главном меню программы).

6. Распечатать результаты расчетов.

7. Выполнить дополнительное задание преподавателя (Приложение 10).

8. Оформить отчет. Сделать вывод. Внести предложения о мерах по сокращению валовых выбросов в атмосферу загрязняющих веществ потоком автомобилей и по снижению концентрации окиси углерода в воздухе вблизи автомагистралей.

Выход из программы осуществляется нажатием на символ «X», расположенный в верхнем правом углу экрана.

ФОРМА ОТЧЕТА

Практическая работа «Магистраль»

Выполнил _____ Группа _____
(Ф.И.О.)

Вариант № _____

Валовые выделения загрязняющих веществ потоком автомобилей

Таблица 1

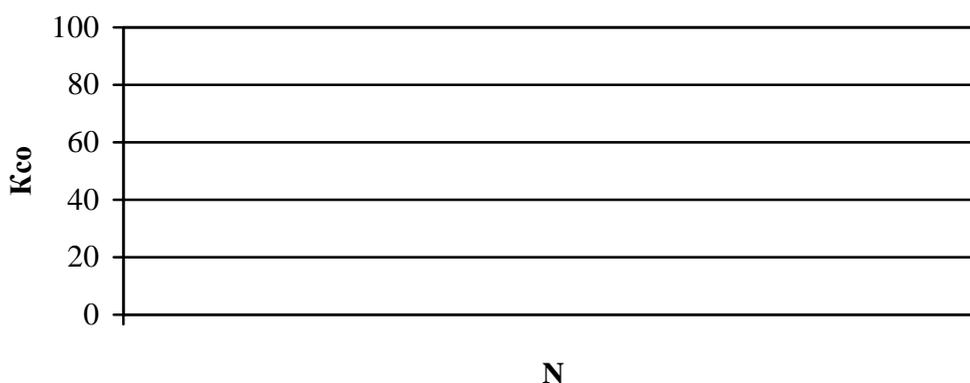
Вещество	Результат, мг/м ³
Окись углерода (CO)	
Окись азота (NO _x)	
Двуокись серы (SO ₂)	
Углеводороды (C _n H _m)	

Оценка концентрации окиси углерода K_{co} в зависимости от интенсивности потока автомобилей N

Таблица 2

N	K _{co}	K _A	K _Y	K _c	K _в	K _п
...						

Зависимость концентрации окиси углерода K_{co} от интенсивности потока автомобилей N



Вывод:

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое валовые выбросы загрязняющих веществ?
2. Что такое предельно допустимая концентрация (ПДК) вещества? В чем отличие максимально разовой ПДК_{мз} от средне суточной ПДК_{сс}?
3. Какую опасность для здоровья человека и окружающей среды представляет повышенная концентрация в воздухе оксида углерода СО (оксида азота NO_x, диоксида серы SO₂, углеводородов C_nH_m)?
4. Дайте сравнительную характеристику по экологичности карбюраторного и дизельного двигателей.
5. Какая существует зависимость между видом моторного топлива и химическим составом выхлопных газов?
6. Какие на ваш взгляд имеются ограничения по массовому применению в качестве моторного топлива газов?
7. По каким показателям осуществляется контроль автотранспорта на соответствие требованиям ГОСТов?
8. Что такое удельное выделение загрязняющих веществ двигателем на холостом ходу?
9. Как изменяется концентрация в атмосфере оксида углерода СО в зависимости от состава транспортного потока?
10. Что такое аэрация местности?
11. Как тип городской застройки и продольный уклон местности влияют на степень загрязнения воздуха автотранспортом?
12. Как климатические параметры (скорость ветра, относительная влажность воздуха и др.) влияют на концентрацию загрязняющих веществ в воздухе?
13. Какие пересечения магистралей являются наиболее неблагоприятными?
14. Какими способами можно добиться снижения токсичности выхлопных газов автотранспорта?

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика определения массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух.–М.:НИИАТ,1993
2. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях.- М., 1997
3. Методика поведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчетным методом). –М., 1998
4. Программа «Магистраль-Город». Версия 2.2.-С-Пб.: ООО «Фирма Интеграл», 2000
5. Беднарский В.В. Экологическая безопасность при эксплуатации и ремонте автомобилей: Уч. пособие.– Ростов н/Д: Феникс, 2003.-384 с.
6. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Уч. для вузов/Под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2001.- 273 с.
7. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Уч. пособие для вузов. –М.: ВЛАДОС

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Значение коэффициента K_T в зависимости от типа автомобиля

Тип автомобиля	Коэффициент K_T
Грузовой автомобиль грузоподъемностью до 2 т	2.3
Грузовой автомобиль грузоподъемностью до 6 т	2.9
Грузовой автомобиль грузоподъемностью 10 т дизельный	0.2
Автобус 'Икарус-250'	3.7
Легковой автомобиль	1.0

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Значение коэффициента K_D в зависимости от типа местности

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент K_D
Транспортные тоннели	2.7
Транспортные галереи	1.5
Магистральные улицы и дороги с многэтажной застройкой с двух сторон	1.0
Жилые улицы с однэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0.6
Городские улицы и дороги с однэтажной застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	0.6
Пешеходные тоннели	0.3

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Значение коэффициента K_U в зависимости от продольного уклона местности

Продольный уклон, град	Коэффициент K_U
0	1.00
2	1.06
4	1.07
6	1.18
8	1.55

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Значение коэффициента K_C в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	Коэффициент K_C
1	2.70
2	2.00
3	1.50
4	1.20
5	1.05
6	1.00

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Значение коэффициента K_v в зависимости от относительной влажности воздуха

Относительная влажность	Коэффициент K_v
100	1.45
90	1.30
80	1.15
70	1.00
60	0.80
50	0.75

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Значение коэффициента K_p в зависимости от типа пересечения дорог

Тип пересечения	Коэффициент K_p
Регулируемое пересечение:	
- со светофорами обычное	1.8
- со светофорами управляемое	2.1
- саморегулируемое	2.0
Нерегулируемое:	
- со снижением скорости	1.9
- кольцевое	2.2
- с обязательной остановкой	3.0

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Удельные выбросы загрязняющих веществ пробеговые q_i

Грузоподъемность, т	CO	CnHm	NOx	SO ₂
Грузовой автомобиль грузоподъемностью до 2 т	22.70	2.80	0.60	0.09
Грузовой автомобиль грузоподъемностью до 6 т	47.40	8.70	1.00	0.18
Грузовой автомобиль грузоподъемностью 10 т дизельный	6.10	1.00	4.00	0.54
Автобус 'Икарус-250'	5.10	0.90	3.50	0.68
Легковой автомобиль	17.00	1.70	0.40	0.07

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу q_{xxi}

Грузоподъемность, т	CO	CnHm	NOx	SO ₂
Грузовой автомобиль грузоподъемностью до 2 т	4.50	0.40	0.05	0.012
Грузовой автомобиль грузоподъемностью до 6 т	13.50	2.20	0.20	0.029
Грузовой автомобиль грузоподъемностью 10 т дизельный	2.90	0.45	1.00	0.100
Автобус 'Икарус-250'	4.60	0.50	0.61	0.100
Легковой автомобиль	4.50	0.40	0.50	0.012

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Дополнительные задания

№	Задание
1.	Исследовать зависимость валовых выделений окиси углерода CO при различном составе транспортного потока P_i (ПОРЯДОК РАБОТЫ п.3.1)
2.	Исследовать зависимость валовых выделений окиси азота NO_x при различном составе транспортного потока P_i (ПОРЯДОК РАБОТЫ п.3.2)
3.	Исследовать зависимость валовых выделений двуокиси серы SO_2 при различном составе транспортного потока P_i (ПОРЯДОК РАБОТЫ п.3.3)
4.	Исследовать зависимость валовых выделений углеводородов C_nH_m при различном составе транспортного потока P_i (ПОРЯДОК РАБОТЫ п.3.4)
5.	Исследовать зависимость валовых выделений окиси углерода CO от продолжительности остановок транспорта t_{xx} при неизменном составе транспортного потока P_i (ПОРЯДОК РАБОТЫ п.3.1)
6.	Исследовать зависимость валовых выделений окиси азота NO_x от продолжительности остановок транспорта t_{xx} при неизменном составе транспортного потока P_i (ПОРЯДОК РАБОТЫ п.3.2)
7.	Исследовать зависимость валовых выделений двуокиси серы SO_2 от продолжительности остановок транспорта t_{xx} при неизменном составе транспортного потока P_i (ПОРЯДОК РАБОТЫ п.3.3)
8.	Исследовать зависимость валовых выделений углеводородов C_nH_m от продолжительности остановок транспорта t_{xx} при неизменном составе транспортного потока P_i (ПОРЯДОК РАБОТЫ п.3.4)
9.	Исследовать зависимость концентрации окиси углерода CO от состава транспортного потока P_i при увеличении доли грузовых автомобилей, грузоподъемностью 6 т. при той же динамике (выполненный вами выше п.4) интенсивности движения автомобилей N (ПОРЯДОК РАБОТЫ пп.4.1-4.7)
10.	Исследовать зависимость концентрации окиси углерода CO от состава транспортного потока P_i при увеличении доли грузовых автомобилей, грузоподъемностью 10 т. при той же динамике (выполненный вами выше п.4) интенсивности движения автомобилей N (ПОРЯДОК РАБОТЫ пп.4.1-4.7)
11.	Исследовать зависимость концентрации окиси углерода CO от состава транспортного потока P_i при увеличении доли автобусов Икарус-250 при той же динамике (выполненный вами выше п.4) интенсивности движения автомобилей N (ПОРЯДОК РАБОТЫ пп.4.1-4.7)
12.	Исследовать зависимость концентрации окиси углерода CO от состава транспортного потока P_i при увеличении доли легковых автомобилей при той же динамике (выполненный вами выше п.4) интенсивности движения автомобилей N (ПОРЯДОК РАБОТЫ пп.4.1-4.7)
13.	Исследовать зависимость концентрации окиси углерода CO от состава транспортного потока P_i при увеличении доли грузовых автомобилей, грузоподъемностью до 2 т. при той же динамике (выполненный вами выше п.4) интенсивности движения автомобилей N (ПОРЯДОК РАБОТЫ пп.4.1-4.7)
14.	Исследовать зависимость концентрации окиси углерода CO от K_A - коэффициента, учитывающего аэрацию местности (ПОРЯДОК РАБОТЫ пп.4.1-4.7)
15.	Исследовать зависимость концентрации окиси углерода CO от K_y - коэффициента, учитывающего изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона (ПОРЯДОК РАБОТЫ пп.4.1-4.7)
16.	Исследовать зависимость концентрации окиси углерода CO от K_C - коэффициента, учитывающего изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра (ПОРЯДОК РАБОТЫ пп.4.1-4.7)
17.	Исследовать зависимость концентрации окиси углерода CO от K_B - коэффициента, учитывающего изменения концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха (ПОРЯДОК РАБОТЫ пп.4.1-4.7)

18.	Исследовать зависимость концентрации окиси углерода СО от $K_{П}$ - коэффициента увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений магистралей (ПОРЯДОК РАБОТЫ пп.4.1-4.7)
-----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
КРАТКАЯ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	5
Динамика автотранспортного комплекса Москвы и крупнейших городов мира.....	5
Экологические последствия автомобилизации.....	6
Контроль выбросов автотранспорта и мероприятия по их снижению...	10
СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММЕ.....	15
ПОРЯДОК РАБОТЫ.....	23
ФОРМА ОТЧЕТА.....	25
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	26
ЛИТЕРАТУРА.....	26
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	27
СОДЕРЖАНИЕ.....	32