

3. Экологические проблемы использования транспорта в городах

Нефтяные топлива относятся к основным источникам загрязнения окружающей среды. Так, с продуктами сгорания топлив в атмосферу ежегодно выбрасывается (млн. т): около 80 - оксидов серы, 30-50 - оксидов азота, 300 - оксида углерода, 10-15 млрд. т - углекислого газа. Принятие новых экологических норм настолько сильно влияет на состояние многих отраслей промышленности, что требует существенных изменений технологии производства моторных топлив.

Основным потребителем моторных топлив (наиболее массовый вид нефтепродуктов) является автомобильный транспорт. Вклад автотранспорта в загрязнение атмосферы в крупных городах приведен в таблице 1. [13].

Таблица 1

Доля автомобильного транспорта в общем загрязнении атмосферы в крупнейших городах мира, %

Город	Оксид углерода	Углеводороды	Оксиды азота
Мадрид	95	90	35
Стокгольм	99	93	53
Токио	95	95	33
Торонто	98	69	19
Лос-Анджелес	98	66	72
Нью-Йорк	97	63	31
Москва	96	65	33
Санкт-Петербург	88	79	32

В России из 35 млн. т вредных выбросов различных транспортных средств 89% приходится на автомобили, 8% - на железные дороги, 2% - на авиатранспорт и 1% - на водный транспорт.

Несмотря на постоянное совершенствование двигателей и существенное уменьшение удельного расхода топлив, потребление моторных топлив неуклонно растет во всем мире.

Автотранспорт является специфическим источником загрязнения, который характеризуется следующими особенностями [14]:

- малой высотой выброса вредных веществ, что приводит к непосредственному контакту и прямому воздействию на человека (рисунок1);
- относительно низкой степенью рассеивания и удаления вредных веществ от источника;
- большей степенью локализации и концентрации загрязняющих веществ, чем от других источников;
- нахождением в районах с высокой плотностью населения и степенью концентрации промышленного производства;
- многокомпонентностью и высокой токсичностью выбросов;
- мобильностью, усложняющей и усиливающей эффект воздействия токсичных веществ;
- зависимостью состава газовых выбросов не только от качества топлива, режима работы двигателя, но и от параметров окружающей среды (температуры воздуха, высоты над уровнем моря);
- возможностью трансформирования компонентов выбросов и образования вторичных, более токсичных продуктов.





Рисунок 1 – Загрязнение атмосферного воздуха

В таблице 2 приведены данные о вкладе транспорта в общее загрязнение атмосферы [14].

Таблица 2

Структура источников загрязнения атмосферы

Источник загрязнения	Доля в общем объеме выбросов, % об.					
	США	Велико-британия	ФРГ	Франция	Италия	Япония
Промышленность	17	13	35	35	30	40
Транспорт	60	60	50	23	25	35
Теплоэнергетика	14	12	12	23	15	20
Другие	9	15	3	19	30	5

Сравнительный анализ состава токсичных выбросов от различных источников, использующих нефтяные топлива, представлен в таблице 3.

Таблица 3

Выбросы от различных источников, использующих нефтяные топлива, кг/т топлива

Наименование	Карбюраторные двигатели	Дизельные двигатели	Тепловые станции
CO	40	9	0,05
NO _x (в пересчете на N0 ₂)	20	33	14
SO _x (в пересчете на S)	1,5	6	21
Углеводороды	24	20	0,4
Альдегиды, органические кислоты	1,4	6	0,08
Твердые частицы	2	16	1,3

Основная масса загрязнителей (за исключением оксидов серы) выбрасывается при работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Состав отработанных газов ДВС приведен в таблице 4.

Таблица 4

Состав отработанных газов ДВС, % об.

Компоненты	Бензиновый двигатель	Дизельный двигатель
Азот	74-77	76-78
Кислород	0,3-8	2-18
Вода	3,55	0,5-4
Углекислый газ	5-12	1-10
СО	1-10	0,01-0,5
NO _x	0,1-0,5	0,001-0,4
SO _x	0-0,002	0-0,03
Углеводороды	0,01-0,1	0,01-0,5
Альдегиды	0-0,2	0-0,009
Сажа, г/м ³	0-0,04	0,01-1,1
Бенз(а)пирен, г/м ³	до 0,00002	до 0,00001

Наиболее массовым компонентом газовых выбросов автомобилей является оксид углерода. В большинстве крупных городов на долю автотранспорта приходится до 85% всех выбросов оксида углерода, а его концентрация в газовых выбросах автомобилей составляет до 10%. Повышение выбросов оксида углерода наблюдается при уменьшении коэффициента избытка воздуха, малой скорости и холостом ходе двигателей, увеличении доли тяжелых фракций в составе моторных топлив.

Оксиды азота оказывают сильное токсическое действие на живые организмы, участвуют в образовании кислотных дождей, вместе с углеводородами являются источником фотохимического смога.

Сокращение выбросов оксидов азота достигается, главным образом, за счет совершенствования конструкции камер сгорания автомобилей, уменьшения степени сжатия и коэффициента избытка воздуха, оптимизации состава топлива путем снижения в нем содержания ароматических соединений.

Наиболее многочисленными (более 200) и опасными компонентами газовых выбросов автомобилей являются углеводороды: из них более 32%

составляют предельные; около 27% – непредельные, до 4% – ароматические углеводороды; около 2% – альдегиды. Вещества, не относящиеся к ароматическим углеводородам, оказывают в основном раздражающее действие на организм, а ароматические углеводороды являются канцерогенами.

Углеводороды попадают в окружающую среду в результате испарения и неполного сгорания топлива и в процессе образования новых соединений при сгорании топлива.

Образование некоторых из них, например, полициклических, ароматических, в большей степени зависит от следующих факторов:

- характеристик и режима работы двигателей;
- объема потребляемого топлива;
- параметров среды,
- вида и качества используемого топлива.
- испарения и попадания в зону горения топлив смазочных масел.

В таблице 5 приведены наиболее опасные, с экологической точки зрения, последствия для человека и окружающей среды, вызываемые некоторыми продуктами сгорания топлив.

Таблица 5

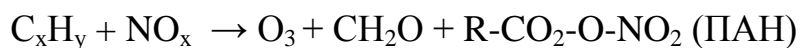
**Влияние продуктов сгорания топлив
на живые организмы и окружающую среду**

Наименование	Экологически вредные последствия	Технические решения
Оксид углерода	Токсическое действие на человека и животных	Оптимизация процесса горения топлив. Применение присадок
Оксид серы	Раздражение органов дыхания; образование кислотных дождей; разрушение каталитических нейтрализаторов	Разработка топлив с пониженным содержанием серы
Оксид азота	Раздражение органов дыхания; образование кислотных дождей и смога;	Каталитическое восстановление оксидов азота в продуктах сгорания

	участие в разрушении озонового экрана	
Углеводороды	Канцерогенное действие; участие в создании парникового эффекта, образовании озона и смога	Снижение давления насыщенных паров топлив; оптимизация процесса горения, применение присадок
Озон	Токсическое действие на флору и фауну; участие в образовании смога	Уменьшение эмиссии озонобразующих веществ: углеводородов и оксидов азота
Альдегиды	Раздражающее действие на организмы; участие в образовании смога	Улучшение процесса горения
Соединения свинца и других металлов	Токсическое действие на флору и фауну; нарушение баланса микроэлементов в воде и почве; отравление катализаторов дожига	Разработка топлив, не содержащих соединений металлов
Твердые частицы и сажа	Канцерогенное действие, участие в образовании смога и кислотных дождей	Уменьшение зольности топлив, снижение содержания серы и ароматических углеводородов

Оксиды азота и углеводороды, поступающие в атмосферу от автотранспорта, под воздействием солнечного света участвуют в процессах образования фотохимического смога. Это актуальная экологическая проблема крупных городов, где сконцентрировано огромное количество транспортных средств.

Фотохимический смог - это комплексная смесь, состоящая из оксидантов, в основном озона, альдегидов, смешанных с другими окислителями, включая слезоточивый газ - пероксиацетилнитрат (ПАН) и образующаяся при воздействии солнечного света из двух компонентов автомобильных выбросов – NO_x и углеводородов (C_xH_y).





Смог в Лондоне



Смог в Лос-Анджелесе



Смог в Москве



Смог в Пекине

Рисунок 2 – Смог

Таким образом, при полном окислении, например, CH_4 в присутствии NO_x под действием УФ-излучения на каждую молекулу метана может образоваться до 4-х молекул O_3 в присутствии органических соединений в воздухе идут так же процессы образования высокотоксичных пероксидных соединений (ПАН) (рисунок 3).

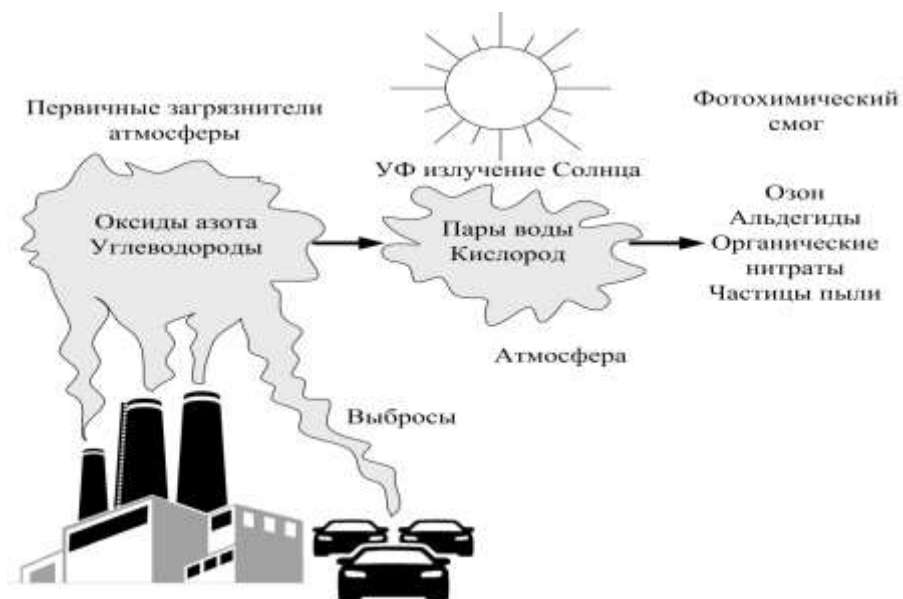


Рисунок 3 – Образование фотохимического смога

По своему физиологическому воздействию на организм человека смоги крайне опасны для дыхательной и кровеносной системы и часто бывают причиной повышения заболеваемости и преждевременной смерти городских жителей с ослабленным здоровьем.

При острых отравлениях могут наблюдаться головная боль, головокружение, тошнота, рвота, слабость, одышка, учащённый пульс, раздражение слизистой оболочки глаз. Возможны быстрая потеря сознания, судороги, кома (с последующим двигательным возбуждением), нарушения кровообращения и дыхания, поражение зрительного нерва и т.д. На вторые сутки может развиваться токсическая пневмония.

В фотохимическом смоге могут присутствовать соединения азота, которые повышают вероятность возникновения раковых заболеваний. Озон ослабляет работу легких.

Кроме всего прочего, фотохимический туман ведет за собой ускоренную коррозию материалов и элементов зданий, растрескивание красок, резиновых и синтетических изделий.

Для предотвращения образования смога необходимо:

- строго контролировать выбросы промышленных предприятий;
- внедрение систем очистки газовых выбросов промпредприятий;
- уменьшить суммарные выбросы от автомобилей, путем ограничивая их нахождения в городе;
- внедрение альтернативных топлив;
- внедрение систем очистки отработанных газов автомобилей.

Для снижения загрязнения атмосферного воздуха выхлопными газами автомобилей используют следующие мероприятия:

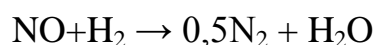
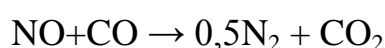
- совершенствование конструкций двигателей и уменьшение размеров автомобилей для снижения потребления топлива;
- совершенствование традиционных видов топлива (снижение содержания серы, бензола и др.);
- использование более экологичных видов топлива (природного газа);

- рациональная организация дорожного движения, снижение времени работы в режиме холостого хода, частых остановок и набора скорости;
- обязательное использование каталитических нейтрализаторов для очистки выхлопных газов;
- озеленение придорожных полос устойчивыми к загрязняющим веществам породами деревьев (тополь, каштан конский, акация белая и др.)

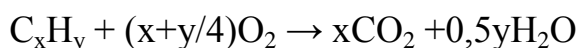
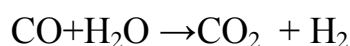
Для очистки выхлопных газов автомобилей от токсичных компонентов используют специальные устройства – **каталитические нейтрализаторы**. Они обезвреживают три группы соединений:

- оксиды азота NO_x участвующие в образовании смога, кислотных дождей, токсичные для живых организмов;
- оксид углерода (угарный газ) опасен для человека;
- углеводороды C_xH_y участвующие в образовании смога, некоторые обладают канцерогенными свойствами.

Каталитический нейтрализатор состоит из металлического корпуса с входным и выходным патрубками. Внутри находятся два керамических блока с нанесенными на них катализаторами: платина, палладий, родий, в количестве от 1,5 до 3 г (рисунок 4). Первый блок катализирует реакции восстановления оксидов азота:



Второй блок ускоряет реакции окисления:



Таким образом, в результате образуются не токсичные азот, углекислый газ и вода. Реакции в присутствии катализатора идут при температурах 400-800⁰С.

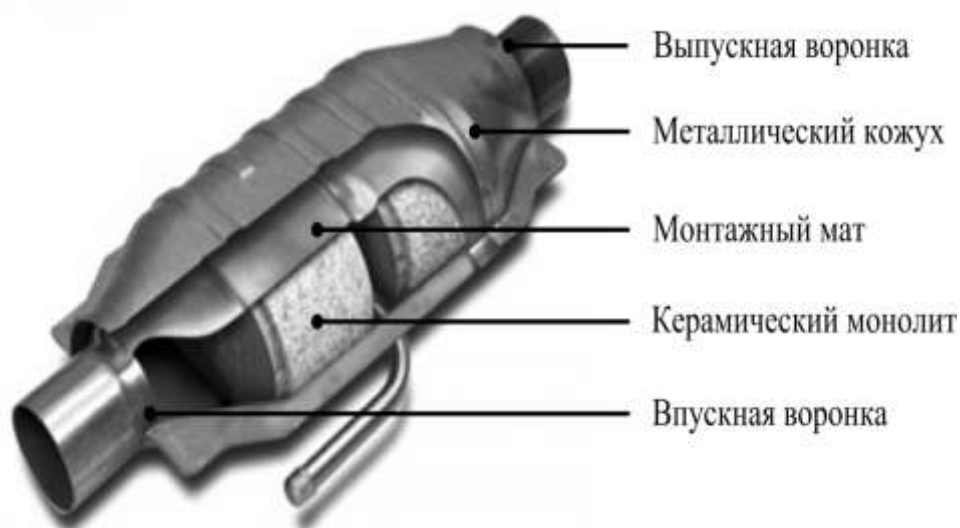


Рисунок 4 – Устройство каталитического нейтрализатора отработавших газов автомобиля

Средний ресурс работы катализатора составляет 100 – 200 тыс. км пробега. Коэффициент преобразования NO_x составляет 60% и в значительной степени зависит от соотношения $\text{C}_x\text{H}_y/\text{NO}_x$ а также температуры.

Отравляющее действие на катализатор оказывают оксиды серы, образующиеся при сгорании топлива. Органические сернистые соединения содержатся во всех моторных топливах.

Нейтрализация отработавших газов дизелей осуществляется несколько иначе [11]. Процессы окисления (дожига) CO , C_xH_y , сажи и восстановления NO_x осуществляются в следующей последовательности: на первом этапе - дожиг сажи, на втором - восстановление NO_x , на третьем - окисление CO и C_xH_y .

Для дожига сажи применяют в качестве катализатора оксид ванадия с обеспечением электронагрева носителя в электрическом поле высокого напряжения.

Для восстановления NO_x используют медь, обеспечив ее электронагрев и удаление окалины. Процессы окисления CO и C_xH_y не

отличаются от процессов в каталитических нейтрализаторах двигателей с искровым зажиганием.

Дожиг сажи является реакцией между твердым телом и газом. Процесс осуществляется не на поверхности катализатора, а в газовой фазе над поверхностью катализатора с помощью активных частиц-радикалов, образующихся на поверхности катализаторов и «сходящих» с неё в газовую фазу. Для интенсификации процесса в зону дожига можно дополнительно вводить кислород или горючее.

Процесс восстановления оксидов азота происходит на медном катализаторе при температуре 500°C и выше. При этом образуется оксид меди (окалина) и молекулярный азот. Скорость реакции резко возрастает с температурой. Окалина благодаря большим скоростям отработавших газов в дизеле хорошо отделяется и 60-65% поверхности катализатора всегда остается чистой. Кроме того, при температуре 650-700°C реакция меди с оксидами азота идет через слой окислы.

Практическая работа № 3. Расчет выбросов загрязняющих веществ автотранспортом

Рассчитайте выбросы от автомобильного транспорта пользуясь следующей схемой.

Массовый выброс загрязняющих веществ автотранспортом при движении по городским улицам M_{ij} определяется по формуле:

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{\text{общ}}^N \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

где m_{ij} – приведенный пробеговый выброс г/км;

$$m_{ij} = m_i \cdot K_{ri} \cdot K_{ii}, \quad (2)$$

где m_i – пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/км;

K_{ri} – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов;

K_{ti} – коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го загрязняющего вещества;

$L_{общ}^N$ – суммарный годовой пробег автомобилей по данной улице, км.

Суммарный сезонный пробег по улице рассчитывается по следующей формуле:

$$L_{общ}^N = \sum_t^n L_{сез}^N = \sum_t^n v_{авт} \cdot \tau_g \cdot N_{сез}^N, \quad (3)$$

где $v_{авт}$ – скорость движения транспортных средств;

$N_{сез}^N$ – число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон;

τ_g – время движения автотранспортного средства по данной улице,

которое рассчитывается по формуле:

$$\tau_g = \frac{L}{v_{авт}}, \quad (4)$$

где L – длина улицы, км.

Исходя из уравнений (3) и (4), суммарный годовой пробег автомобилей определяют по формуле:

$$L_{общ}^N = \sum_t^n L \cdot N_{сез}^N, \quad (5)$$

Число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон, определяется по формуле:

$$N_{сез}^N = \tau \cdot (N_y + N_d + N_v + N_n) \cdot n, \quad (6)$$

где τ – время, 6 часов (четвертая часть суток – утро, день, вечер или ночь);

n – количество дней в сезоне;

N_y , N_d , N_v , N_n – число автомобилей, прошедших улицу утром, днем, вечером и ночью.

Значения приведенного пробегового выброса i -го загрязняющего вещества данным типом автомобилей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Приведенный пробеговой выброс для различных видов автотранспорта

Тип автотранспорта	Примеси	Пробеговой выброс, г/км m_i	Коэффициенты		Приведенный пробеговой выброс, г/км m_{ij}
			K_{ri}	K_{ti}	
Легковые бензиновые	CO	13,00	0,87	1,75	19,80
	NO ₂	1,50	0,94	1,00	1,40
	C _x H _y	2,60	0,92	1,48	3,50
	SO ₂	0,08	1,15	1,15	0,03
Грузовые бензиновые	CO	52,60	0,89	2,00	63,70
	NO ₂	5,10	0,79	1,00	2,70
	C _x H _y	4,70	0,85	1,83	6,40
	SO ₂	0,16	1,15	1,15	0,30
Грузовые дизельные	CO	2,80	0,95	1,60	2,90
	NO ₂	8,20	0,92	1,00	6,20
	C _x H _y	1,10	0,93	2,10	1,60
	SO ₂	0,96	1,15	1,15	1,50
	Сажа	0,50	0,80	1,90	0,40
Автобусы бензиновые	CO	67,10	0,89	1,40	75,20
	NO ₂	9,90	0,79	1,40	9,70
	C _x H _y	5,00	0,85	1,40	5,70
	SO ₂	0,25	1,15	1,10	0,40
Автобусы дизельные	CO	4,50	0,95	1,40	5,30
	NO ₂	9,10	0,92	1,40	10,90
	C _x H _y	1,40	0,93	1,40	1,70

	SO ₂	0,90	1,15	1,10	1,50
	Сажа	0,80	0,80	1,40	0,70

Самостоятельно выполнить расчеты по данным приведенным в таблице 2. В расчетах учесть коэффициенты K_{ri} и K_{ti} .

Таблица 2

Данные для расчета выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта и результаты расчетов

Вариант	Тип автотранспорта	Длина дороги, км	Время года	Время суток, количество автомобилей				Выбросы вредных веществ, кг/сезон			
				утро	день	вечер	ночь	CO	SO ₂	NO _x	C _x H _y
1	Легковые бензиновые	150	весна	225	589	345	76				
2	Автобусы бензиновые	189	зима	98	134	135	20				
3	Автобусы дизельные	89	лето	56	160	87	11				
4	Легковые бензиновые	107	осень	198	329	298	138				
	Автобусы дизельные			67	100	98	8				
5	Автобусы дизельные	115	лето	102	185	112	5				
	Грузовые дизельные			49	68	47	5				
6	Грузовые бензиновые	138	весна	37	89	23	13				
	Автобусы бензиновые			18	35	18	5				
7	Легковые бензиновые	175	зима	267	489	365	120				
	Автобусы бензиновые			56	120	87	4				
8	Автобусы бензиновые	178	лето	55	124	68	6				
	Легковые бензиновые			145	345	387	48				
9	Грузовые		осень	43	65	25	2				

	дизельные										
	Легковые бензиновые	98		53	248	321	58				
10	Легковые бензиновые	154	зима	165	482	289	45				

Содержание отчета:

- 1) Титульный лист стандартной формы приведен в Приложении 1
- 2) Цель работы.
- 3) Исходные данные (фрагмент таблицы 3.21 с вариантом задания).
- 4) Рабочие формулы с расшифровкой обозначений.
- 5) Результаты расчетов.
- 6) Выводы.