

## Работа 1. Расчет токсичных выбросов в атмосферу при эксплуатации автомобилей

**Цель работы** – познакомиться с методикой расчета выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) при эксплуатации автомобилей.

В работе определяют мощность эмиссии загрязняющих веществ  $q_i$ , мг/м<sup>3</sup>·с, рассчитывают концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на различном расстоянии от дороги  $C$ , мг/м<sup>3</sup>, строятся графики зависимости изменения концентрации ЗВ при удалении от кромки дороги  $l$ , м.

### 1.1. Методика расчета

Основными токсичными компонентами отработавших газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автотранспорта являются оксиды углерода, азота и углеводородов. Оценку уровня загрязнения воздушной среды отработавшими газами следует производить на основе расчета. Методика расчета включает поэтапное определение мощностей эмиссии (выбросов) отработавших газов и концентраций этих газов в воздухе на различном удалении от дороги, а затем сравнение полученных данных с ПДК данных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов. При расчете выбросов учитываются различные типы автотранспортных средств и конкретные дорожные условия.

Расчет выполняют в следующей последовательности:

1. Определяют мощность эмиссии  $q_i$ , мг/м<sup>3</sup>·с, загрязняющих веществ отдельно для каждого компонента (окиси углерода, оксидов азота, углеводородов) на конкретном участке дороги по формуле:

$$q_i = 0,206 \cdot m \cdot [\sum (G_{ik} \cdot N_{ik} \cdot K_k) + \sum (G_{ид} \cdot N_{ид} \cdot K_d)] \quad (1.1)$$

где  $m$  - коэффициент, учитывающий дорожные и транспортные условия, принимается по графику на рис. 1.1 в зависимости от средней скорости транспортного потока  $V$ , км/ч;

$G_{ik}$  - средний эксплуатационный расход топлива для данного типа карбюраторных автомобилей, принимается по табл. 1.1, л/км;  $G_{ид}$  - то же для дизельных автомобилей, л/км;

$N_{ik}$  - интенсивность движения каждого выделенного типа карбюраторных автомобилей, авт./ч;  $N_{ид}$  - то же дизельных автомобилей, авт./ч;

$K_k$  и  $K_d$  - коэффициенты эмиссии, принимаемые для каждого компонента загрязнения: с карбюраторными и дизельными типами ДВС, соответственно, по таблице 1.2.

2. Рассчитывают концентрации токсичных компонентов отработавших газов в атмосферном воздухе  $C_j$ , мг/м<sup>3</sup>, на различном удалении от дороги  $l$ , используя модель Гауссова распределения примесей в атмосфере на небольших высотах, по формуле:

$$C_j = \frac{2q_j}{\sqrt{2\pi} \cdot \sin \varphi \cdot V_e \cdot \sigma} + F_j \quad (1.2)$$

где  $\delta$  - стандартное отклонение Гауссова рассеивания в вертикальном направлении по табл. 1.3, м;  $v_b$  - скорость ветра, преобладающего в расчетный период, м/с,  $\varphi$  - угол, составляемый направлением ветра и трассе дороги (при угле менее 30° принять равным 0,5);  $F_j$  - фоновая концентрация загрязнения воздуха, мг/м<sup>3</sup>.

3. Результаты расчета сопоставляют с ПДК, установленными для токсичных составляющих отработавших газов тепловых двигателей в воздухе населенных мест, которые приведены в табл. 1.4.

### 1.2. Задание на расчет

Определить уровни загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода, оксидами азота и углеводородами в солнечную и дождливую погоду в расчетном поперечнике на расстояниях  $l$  от кромки автомобильной дороги, указанных в табл. 1.6. Выбрать защитные

мероприятия по снижению концентрации ЗВ в зоне жилой застройки, удаленной на расстояние  $l$ , м, от дороги, до допустимого уровня, если скорость господствующего ветра составляет 3 м/с. Сведения о фоновых концентрациях отсутствуют ( $C_f = 0$ ).

Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.6., а именно: интенсивность движения автотранспорта  $N$ , авт./ч; шифры типов автомобилей (1...6) соответствуют принятым в табл. 1.1; средняя скорость потока движения  $V$ , км/ч; угол направления ветра к оси трассы  $\varphi$ , град.

### **1.3. Методические указания по выполнению задания и анализу результатов расчета**

Перед началом выполнения задания студент должен внимательно изучить методику расчета токсичных выбросов при эксплуатации автомобилей, изложенную в подразделе 1.1.

При выполнении задания сначала он определяет мощность эмиссии каждого компонента ЗВ на конкретном участке дороги по формуле (1.1), а затем рассчитывает концентрации каждого компонента ЗВ на различном удалении от дороги в поперечном направлении и в зоне жилой застройки по формуле (1.2).

По полученным результатам студент строит графики загрязненности воздуха придорожной зоны токсичными компонентами отработавших газов и сравнивает их с величинами ПДК (табл. 1.5). С помощью этих графиков он определяет концентрации ЗВ и на границе жилой застройки. В случае превышения ПДК ему следует дать рекомендации по нормализации концентраций ЗВ в жилой зоне в соответствии с положениями, изложенными в подразделах 1.1 и 1.4

### **1.4. Инженерные решения по результатам расчета**

Инженерные решения по результатам расчета, направленные на снижение концентрации токсичных компонентов отработавших газов в зоне влияния дороги, следует осуществлять на основе технико-экономического сравнения следующих вариантов защитных мероприятий:

- 1) изменение параметров дороги, направленное на повышение средней скорости транспортного потока (при расширении дороги в 2 раза скорость потока условно увеличивается в 2 раза);
- 2) ограничения движения отдельных типов автомобилей полностью или в отдельные интервалы времени (при ограничении движения группы автомобилей она не учитывается в формуле 1.1.);
- 3) усиление контроля за движением автомобилей с неотрегулированными ДВС в целях минимизации токсичных выбросов;
- 4) применение неэтилированного бензина и каталитического дожигания выхлопных газов карбюраторных ДВС;
- 5) устройство защитных сооружений.

Главным критерием при таком сравнении служит уменьшение концентрации ЗВ в расчетных точках при наименьших приведенных затратах на обустройство 1 км дороги, достигнутое без снижения ее пропускной способности. Наиболее эффективными, с позиций экологии, не требующими значительных капитальных вложений на реконструкцию дорожной сети, являются второй и пятый варианты защитных мероприятий. Реализация первого варианта ведет к преднамеренному снижению интенсивности движения по сравнению с текущей за счет изменения категории дороги; применяется при недостаточной эффективности других вариантов и при условии того, что исходная скорость движения транспорта составляет в среднем 20-30 км/ч. Внедрение третьего и четвертого вариантов по всей территории РФ будет возможно лишь после внедрения новых стандартов на автомобильные бензины и повсеместного контроля за их соблюдением. Поэтому защитные мероприятия необходимо применять в комплексе и с учетом специфики местных условий.

В итоговом заключении студент приводит основные выводы по расчету концентраций токсичных выбросов в атмосфере при эксплуатации автомобилей и предлагает экономически и экологически целесообразные природоохранные мероприятия.



Рисунок 1.1.

Табл.1.1.

### Средние эксплуатационные нормы расхода топлива в л на 1 км пути

Тип автомобиля	Значение $G_i$ , л/км
1. Легковые автомобили карбюраторные	0,11
2. Малые грузовые автомобили карбюраторные (до 6 тонн)	0,16
3. Грузовые автомобили карбюраторные (6 тонн и более)	0,33
4. Грузовые автомобили дизельные	0,34
5. Автобусы карбюраторные	0,37
6. Автобусы дизельные	0,28

Табл. 1.2.

### Значение коэффициентов $K_k$ и $K_d$

Вид выбросов	Тип ДВС	
	Карбюраторный	Дизельный
Окись углерода	0,6	0,14
Углеводороды	0,12	0,037
Оксиды азота	0,06	0,015

Табл. 1.3.

### Значение стандартного Гауссова отклонения на различном удалении от кромки дороги в зависимости от состояние погоды

Состояние погоды	Величина $\delta$ при удалений $l$ от кромки проезжей части, м								
	10	20	40	60	80	100	150	200	250
Солнечная	2	4	6	8	10	13	19	24	30
Дождливая	1	2	4	6	8	10	14	18	22

Табл. 1.4.

### Снижение концентрации ЗВ различными мероприятиями

Мероприятия	Снижение концентрации, %
1	2
1. Один ряд деревьев с кустарником высотой до 1,5 м на полосе газона 3...4 м	10
2. Два ряда деревьев без кустарника на газоне 8...10 м	15
3. Два ряда деревьев с кустарником на газоне 10...12 м	30
4. Три ряда деревьев с двумя рядами кустарника на полосе газона 15...20 м	40
5. Четыре ряда деревьев с кустарником высотой 1,5 м на полосе газона 25...30 м	50
6. Сплошные экраны, стены зданий высотой более 5 м от уровня проезжей части	70

Табл. 1.5.

**ПДК отработавших газов в воздухе населенных мест**

Вид вещества	Класс опасности	Среднесуточные ПДК, мг/м <sup>3</sup>
Окись углерода	4	3,0
Углеводороды	3	1,5
Оксиды азота	2	0,04

Табл. 1.6.

**Исходные данные к работе.**

Вариант	N <sub>а</sub> , авт/ч	Распределение автомобилей по типам, %						V, км/ч	φ, град	l, м
		1	2	3	4	5	6			
1	1100	40	5	25	20	5	5	25	25	40
2	2200	35	5	30	20	5	5	25	30	60
3	2800	45	10	15	15	5	10	30	45	80
4	4200	30	15	15	20	10	10	40	40	100
5	1500	40	10	15	20	5	10	40	45	50
6	200	20	20	20	20	10	10	45	25	60
7	1600	50	5	25	15	0	5	50	50	70
8	1900	40	10	10	25	5	10	55	55	80
9	1500	45	10	15	20	5	5	60	60	60
10	2100	25	25	25	20	0	5	60	65	50
11	1000	40	20	25	5	5	5	35	70	60
12	1300	40	5	25	20	5	5	50	75	70
13	1800	35	5	30	20	5	5	45	80	80
14	1500	45	10	15	15	5	10	40	85	60
15	1400	30	15	15	20	10	10	35	40	40
16	1600	40	10	15	20	5	10	30	25	80
17	1400	20	20	20	20	10	10	40	80	40
18	2200	50	5	25	10	5	5	55	75	50
19	1900	40	10	10	25	5	10	40	70	50
20	1800	45	10	15	15	5	10	55	65	40
21	1900	25	25	20	20	5	5	45	60	50
22	1500	40	5	25	20	5	5	30	55	60
23	1400	35	5	30	20	5	5	40	50	70
24	1300	45	15	10	15	5	10	30	45	80
25	1100	20	20	20	20	10	10	30	90	40
26	2000	30	20	20	10	10	10	45	40	100
27	2100	40	15	25	10	5	5	50	35	70
28	1300	40	10	10	25	5	10	45	25	50