

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
**УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра транспорта и дорожного строительства**

**А.Ю. Шаров**  
**И.И. Шомин**

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**  
**НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ**

Методические указания для лабораторных работ для студентов очной и заочной форм обучения направления 653600 – Транспортное строительство специальности 270205 – Автомобильные дороги и аэродромы дисциплина – экологическая безопасность на автомобильных дорогах.

**Екатеринбург 2007**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1. Лабораторная работа № 1. Оценка степени загрязнения воздуха на автомобильных дорогах с использованием газоанализатора АНК АТ 7654 – 01 и расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха токсичными выбросами автомобилей на основании экспериментальных данных об интенсивности движения и составе транспортного потока.....	5
2. Лабораторная работа № 2. Оценка уровня транспортного шума на автомобильных дорогах с использованием измерителя уровня звука АТТ – 9000 и расчет эквивалентного уровня шума на основании экспериментальных данных об интенсивности движения и составе транспортного потока.....	13
3. Лабораторная работа № 3. Расчет концентрации токсичных выбросов по эквивалентному продольному профилю на основании экспериментальных данных об интенсивности движения и составе транспортного потока .....	21
Литература .....	25

## **Введение**

Автомобильный транспорт является одним из крупнейших загрязнителей окружающей среды, губительно действующих на здоровье людей, растения и животных. Доля автомобилей в суммарных выбросах загрязняющих веществ в атмосферу составляет в крупных городах до 80 - 90%.

Кроме того, автомобильный транспорт является одним из главных потребителей невозполнимых топливно-энергетических ресурсов, потребляя до 50% добываемой нефти.

Только осознанная природоохранная деятельность в транспортном комплексе, основанная на экологических знаниях, может предотвратить негативное его влияние на природу. Задача заключается в том, чтобы максимально использовать возможности, которые дает автомобиль обществу и экономике, и при этом предельно снизить негативные факторы, сопутствующие процессу автомобилизации. Для решения этой задачи необходимо уметь определять величину токсичных выбросов, знать способы ее уменьшения и защиты окружающей среды.

Шум, образующийся при движении потока автомобилей, отрицательно влияет на здоровье населения придорожной полосы и водителей автомобилей.

В последние годы проблема снижения уровня транспортного шума на дорогах становится все более актуальной в связи с возрастающей интенсивностью движения транспорта. Считается, что в городах 60 – 80% шума создает движение транспортных средств.

Для уменьшения воздействия транспортного шума следует магистральные автомобильные дороги прокладывать в стороне от жилых застроек. Если избежать строительства через жилые массивы не удастся, то в проектах разрабатывается устройство шумозащитных сооружений, которые снижают уровень шума до предельно допустимого уровня, а также регулирование интенсивности транспортных потоков в течение суток.

## Лабораторная работа № 1

Оценка степени загрязнения воздуха на автомобильных дорогах с использованием газоанализатора АНК АТ 7654 – 01 и расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха токсичными выбросами автомобилей на основании экспериментальных данных об интенсивности движения и составе транспортного потока

Загрязнение окружающей среды, в том числе токсичными выбросами транспорта, отрицательно влияет на растительность и живые существа и даже может привести их к гибели. Задача защиты окружающей среды заключается в том, чтобы снизить вредные выбросы в атмосферу и, по возможности, сделать их менее опасными для окружающих.

### **Цель работы.**

Провести оценку загрязнения воздуха окисью углерода (угарный газ, CO), сернистым газом (оксид серы, SO<sub>2</sub>), и окисью азота (диоксид азота, NO<sub>2</sub>) при движении смешанного транспортного потока на площадке, подъеме и спуске.

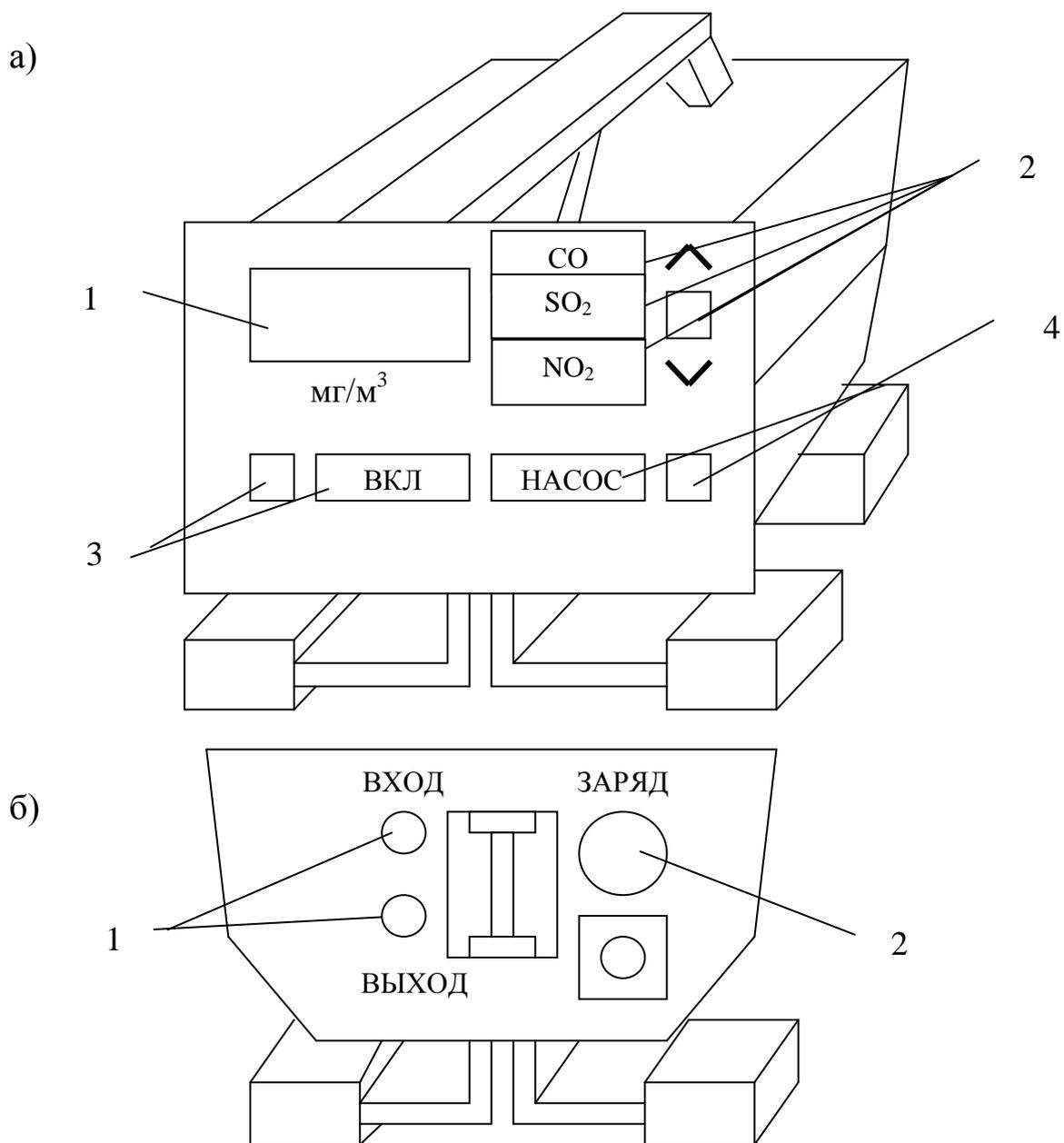
Отбор токсичных проб и измерение их концентрации проводится с помощью газоанализатора АНК АТ 7654 – 01 [1].

### *Назначение газоанализатора АНК АТ 7654 – 01*

Газоанализатор предназначен для измерения концентрации одного или нескольких вредных веществ в воздухе придорожной полосы (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>). Газоанализатор АНК АТ 7654 – 01 – это переносной автоматический прибор. Принцип действия – электрохимический. Режим работы – периодический. Способ забора воздуха – принудительный.

### *Условия эксплуатации газоанализатора АНК АТ 7654 – 01*

Газоанализатор АНК АТ предназначен для работы при температуре окружающей среды от – 5 °С до + 45 °С. Относительная влажность воздуха допускается до 98 %, атмосферное давление от 630 до 800 мм ртутного столба.



а – передняя панель прибора: 1 – цифровой индикатор; 2 – кнопка выбора канала измерения и светодиоды индексации выбранного канала; 3 – кнопка включения газоанализатора «ВКЛ» и светодиод включенного состояния; 4 – кнопка включения принудительного забора воздуха «НАСОС».

б – задняя панель прибора: 1 – штуцеры «ВХОД» и «ВЫХОД» (для забора и выхода проб воздуха); 2 – гнездо «ЗАРЯД» для подключения зарядно-питающего устройства.

Рисунок 1 – Устройство газоанализатора АНКАТ 7654 – 01

### *Техническая характеристика газоанализатора АНК АТ 7654 – 01*

1. Диапазон показаний газоанализатора, мг/м<sup>3</sup>: для канала СО от 0 до 100; для канала SO<sub>2</sub> от 0 до 40; для канала NO<sub>2</sub> от 0 до 20.
2. Время прогрева – 5 минут.
3. Время непрерывной работы – 8 ч.
4. Предел снятия показаний – 60 с.
5. Питание газоанализатора осуществляется от встроенного аккумулятора напряжением до 5,6 В (питание прибора может осуществляться от сети переменного тока 220 В через зарядно-питающее устройство).
6. масса прибора – 2 кг.
7. размеры прибора 160x135x300 мм.

#### *Принцип работы газоанализатора*

В основу принципа работы газоанализатора положен электрохимический метод. В каждом канале измерения установлена трехэлектродная пористая мембрана. При протекании электрохимической реакции вырабатывается электрический ток, величина которого прямо пропорциональна концентрации измеряемого токсичного вещества.

#### *Соблюдение техники безопасности*

К работе с газоанализатором допускаются лица, изучившие настоящее руководство и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Перед эксплуатацией прибор подвергается внешнему осмотру. Проверяется наличие всех крепящих элементов, пломб, отсутствие механических повреждений.

Эксплуатация газоанализатора с поврежденными элементами или пломбами категорически запрещается.

Текущий ремонт прибора выполняется только после отключения электропитания.

Помещение для проверки газоанализатора должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

## Характеристика токсичных веществ.

### Предельно допустимые концентрации.

Интенсивное развитие транспорта и промышленности приводит к выбросу в атмосферу большого количества токсичных газов. Главным источником загрязнения атмосферы является автомобильный транспорт, который для сжигания топлива в двигателях внутреннего сгорания потребляет большое количество кислорода и выбрасывает в окружающую среду до 70 % от общего количества токсичных веществ.

Оксид углерода (угарный газ)  $\text{CO}$  не имеет цвета и запаха и легче воздуха. Способен соединиться с гемоглобином крови в двести раз быстрее, чем кислород. В результате происходит замещение кислорода оксидом углерода, наступает кислородное голодание организма и его отравление с возможным летальным исходом [3].

Сернистый газ  $\text{SO}_2$  образуется во время работы двигателей на топливе, вырабатываемой из сернистой нефти. Как правило контролируется в выбросах дизельных двигателей, так как в отработанных газах карбюраторных двигателей присутствует в небольшом количестве.

Сернистый газ бесцветен, имеет резкий запах. Хорошо растворяется в воде, образуя серную кислоту.

Оксид азота (диоксид азота)  $\text{NO}_2$  находится в отработавших газах двигателей. В токсичных выбросах дизельных двигателей окислов больше, чем у карбюраторных двигателей. Диоксид азота относится ко второму классу токсичности и в 41 раз опасней окиси углерода. Попадая на слизистую оболочку дыхательных путей,  $\text{NO}_2$  преобразуется в азотную и азотистые кислоты, вызывая легочные заболевания, в том числе бронхиальную астму [3].

Предельно допустимая концентрация вредных веществ, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Предельно допустимая концентрация вредных веществ в зависимости от времени суток и условий загрязнения

Условия загрязнения	Предельно допустимая концентрация вредных веществ, мг/м <sup>3</sup>		
	СО	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
1	2	3	4
Воздух населенных пунктов: максимальная разовая (в течении 30 минут)	5		0,085

окончание табл. 1

1	2	3	4
среднесуточная	3		0,04
Для водителей в пределах проезжей части	5		
Угрожает здоровью населения		0,05	
Становится опасным для жизни		0,2	

### Подготовка и выполнение работ на газоанализаторе.

1. Зарядить аккумуляторную батарею с помощью зарядного устройства.
2. Включить прибор «ВКЛ», при этом светится индикатор, и появляются показания на табло (см. рисунок 1).
3. Проверить работоспособность газоанализатора:
  - нажать попеременно кнопку выбора канала измерения «□» (см. рисунок 1) и убедиться в наличии индексации по каждому каналу измерения.
  - после прогрева включить принудительный забор пробы воздуха кнопкой «НАСОС».

Примечания:

1. Зарядить аккумуляторные батареи (пальчикового типа) с помощью зарядного устройства;
2. При разрядке аккумулятора единичные индикаторы выбора канала и «НАСОС» начинают мигать. В этом случае нужно выключить прибор и зарядить аккумулятор.

3. Погрешность газоанализатора при измерении концентрации  $CO \pm 0,15$ ;  $SO_2 \pm 0,1$ ;  $NO_2 \pm 0,08$ .

4. Во время измерения концентрации токсичных веществ в воздухе, прибор поворачивать к проезжающему автомобилю задней стенкой (штуцером «ВХОД» для забора проб воздуха).

### **Порядок замера концентрации токсичных веществ на путепроводе**

Сначала концентрация токсичных выбросов измеряется газоанализатором на площадке (время работы насоса не более 60 секунд). Затем измерение токсичных газов выполняется на подъеме и на спуске.

На каждом элементе (площадка, подъем, спуск) выполняется три замера. Результат каждого замера записывается в таблицу 2, а затем берется среднее значение.

Таблица 2 – Журнал полевых испытаний

Число замеров	Компонент	Величина концентрации $CO$ , $SO_2$ , $NO_2$ , $mg/m^3$				
		площадка	подъем	% к площадке	спуск	% к площадке
1	CO					
2						
3						
1	SO <sub>2</sub>					
2						
3						
1	NO <sub>2</sub>					
2						
3						

В заключении работы сделать вывод о влиянии элементов продольного профиля дороги (площадка, подъем, спуск) на величину токсичных выбросов и построить графики токсичных выбросов ( $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , рисунок 2).

Исходные данные для расчетов: 1 – интенсивность движения автомобилей с карбюраторными двигателями; 2 – интенсивность движения

легковых автомобилей с карбюраторными и дизельными двигателями, грузовых автомобилей с карбюраторными и дизельными двигателями, автобусов с карбюраторными и дизельными двигателями.

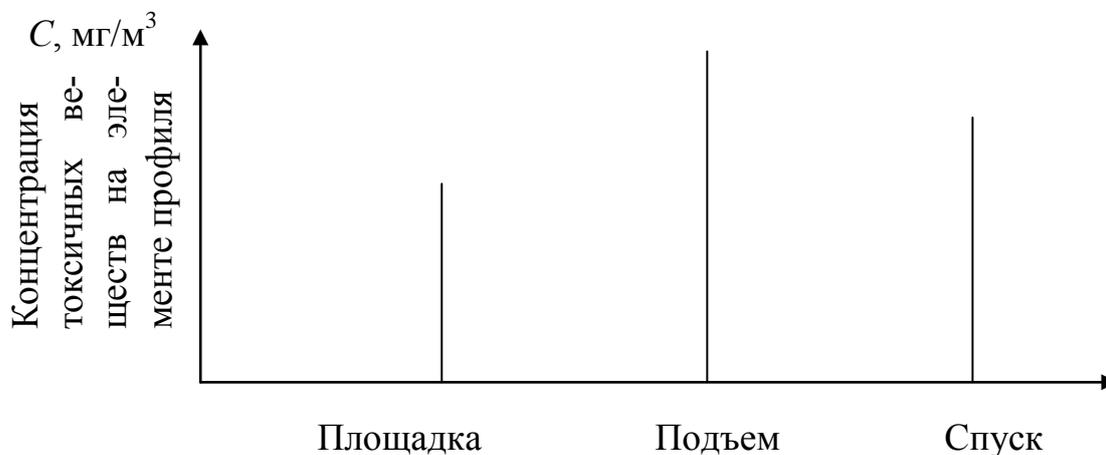


Рисунок 2 – График зависимости токсичных выбросов от элементов продольного профиля (площадка, подъем, спуск)

По полученным экспериментальным данным и результатам расчета необходимо сделать вывод о степени влияния величины подъема или спуска на количество токсичных выбросов от автомобилей на данных участках.

Полученные экспериментальные данные сравниваются:

1. – с предельно допустимой концентрацией для данного вида загрязняющего вещества; 2 – с результатами расчета.

### Расчет уровня концентрации окиси углерода.

Ориентировочный расчет концентрации окиси углерода над кромкой проезжей части с учетом интенсивности и скорости движения, состава транспортного потока и установки нейтрализаторов, определяется по зависимости [3]:

$$CO_o = (7,33 + 0,026N)K_1K_2K_3, \quad (1)$$

где:  $CO_o$  – уровень концентрации окиси углерода на высоте 1,5м над кромкой проезжей части, мг/м³;

$N$  – интенсивность движения автомобилей с карбюраторными двигателями, авт./час;

$K_1$  – коэффициент учета состава транспортного потока и его средней скорости (таблица 3);

$K_2$  – коэффициент учета влияния величины подъемов на выбросы (таблица 4);

$K_3$  – коэффициент учета установки нейтрализаторов для очистки СО и применения более современных двигателей внутреннего сгорания (0,11 – 0,17).

Концентрация окиси углерода в точке, удаленной от кромки проезжей части на расстояние  $X$ , определяется по зависимости:

$$CO_x = 0,5CO_o - 0,1X, \quad (2)$$

Где  $X$  – удаление защищаемого объекта от кромки проезжей части, м.

Таблица 3 – Коэффициент учета состава транспортного потока и его средней скорости

Доля грузовых автомобилей и автобусов с бензиновыми двигателями в составе транспортного потока, %	Значение коэффициента $K_1$ при скорости автомобилей, км/час						
	20	30	40	50	60	70	80
1	2	3	4	5	6	7	8
10	1,02	0,87	0,72	0,65	0,54	0,46	0,55
20	1,05	0,91	0,77	0,69	0,62	0,57	0,67
30	1,08	0,95	0,82	0,73	0,70	0,66	0,75
40	1,09	0,97	0,86	0,76	0,77	0,78	0,85
50	1,11	1,01	0,91	0,80	0,84	0,90	0,95
60	1,12	1,04	0,95	0,83	0,89	0,93	1,03
70	1,14	1,08	1,00	0,87	0,95	1,04	1,12
80	1,17	1,11	1,05	0,90	–	–	–

Таблица 4 – Коэффициент учета величины подъемов на выбросы

Величина подъема, ‰	<10	10 – 30	30 – 50	50 – 70
Коэффициент $K_2$	1,0	1,02	1,04	1,06

### Расчет уровня концентрации углеводородов и окислов азота.

Уровень концентрации углеводородов и окислов азота рассчитывается по зависимости [3]:

$$C = \frac{2q_i}{\sigma V_g \sqrt{2\pi}} \cdot 10^3, \quad (3)$$

где:  $C$  – концентрация данного токсического вещества в воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

$q_i$  – интенсивность выброса токсического вещества автотранспортными средствами, г/м·с;

$\sigma$  – стандартное отклонение гауссовского рассеяния в вертикальном направлении, м (днем солнечная радиация: сильная – 2, слабая – 1);

$V_g$  – скорость ветра, учитывается при угле к дороге не менее 30° и рассчитывается по формуле:

$$V_g = V_g \sin \varphi, \quad (4)$$

где  $\varphi$  – угол ветра по отношению к дороге в момент проведения работы, градусы.

Значение интенсивности выброса токсичного вещества (окислов азота) для карбюраторных и дизельных двигателей ( $q_i$ , г/м·с), определяется по зависимости:

$$q_k = 2,06 \cdot 10^{-4} \left( \sum Q_T N_i \right) K_i m, \quad (5)$$

где:  $Q_T$  – расход топлива одним автомобилем, л/км (в среднем можно принять: легковые – 0,1; грузовые – 0,305; автобусы – 0,41);

$N_i$  – интенсивность движения автомобиля с определенным типом двигателя (карбюраторный, дизельный), авт./ч;

$K_i$  – коэффициент, учитывающий тип двигателя и данный компонент загрязнения ( $K_K, K_D$ , таблица 5);

$m$  – коэффициент, учитывающий среднюю скорость транспортного потока (таблица 6).

Таблица 5 – Значение коэффициентов  $K_K, K_D$

Вид токсичных газов	Тип двигателя	
	Карбюраторный, $K_K$	Дизельный, $K_D$
Окись углерода	1,0	0,14
Углеводороды	0,122	0,037
Окись азота	0,01	0,015

Таблица 6 – Значение коэффициента  $m$

Средняя скорость транспортного потока, км/час	20	30	40	50	60	70	80
Коэффициент $m$	0,7	0,6	0,45	0,2	0,1	0,11	0,16

После сравнения экспериментальных данных, полученных с помощью газоанализатора и результатов расчета, необходимо сделать выводы и дать рекомендации по снижению выбросов токсичных веществ.

### **Лабораторная работа № 2**

Оценка уровня транспортного шума на автомобильных дорогах с использованием измерителя уровня звука АТТ – 9000 и расчет эквивалентного уровня шума на основании экспериментальных данных об интенсивности движения и составе транспортного потока

Во время движения автомобилей на дороге возникает шум от работы двигателей, трансмиссии, от колебания подвески и кузова, трения колес о дорожные покрытия, от взаимодействия кузова с потоком воздуха. Действие постоянного шума от потока автомобилей вызывает у населения придорожной полосы ухудшение слуха, нарушение работы нервной и сердечно-сосудистой систем. У водителей снижается острота зрения, повышается утомляемость, увеличивается время реакции, что может привести к дорожно-транспортным происшествиям.

#### **Цель работы.**

Провести оценку уровня транспортного шума у социально значимых объектов при движении смешанного транспортного потока с различными скоростями.

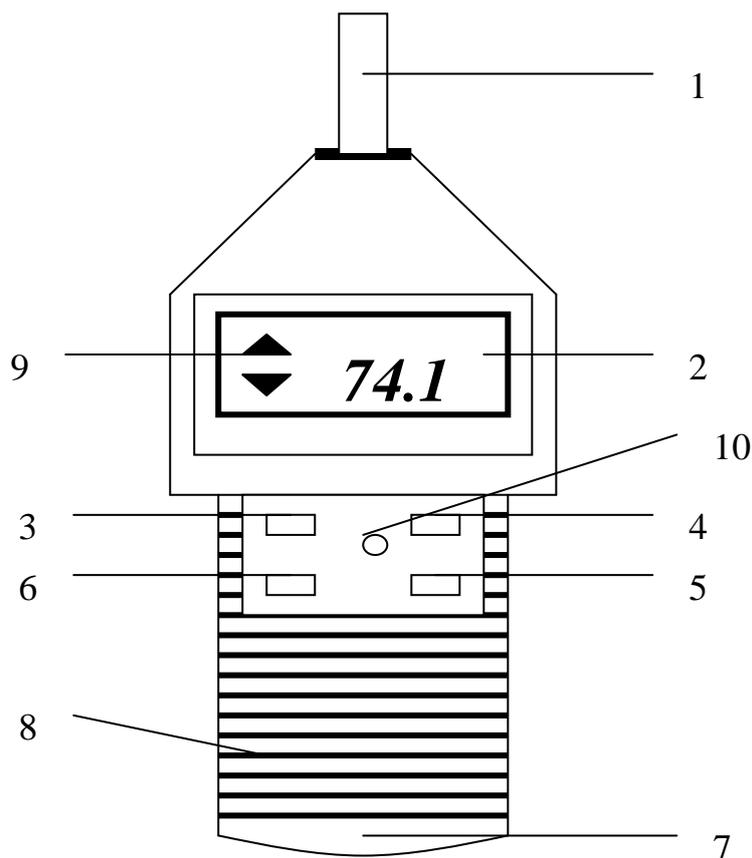
#### *Назначение измерителя уровня звука АТТ – 9000*

Измеритель уровня звука предназначен для измерения уровня звука частотой от 31,5 Гц до 8 кГц в диапазоне от 30 до 130 дБ, разрешающая

способность 0,1 дБ, погрешность измерений  $\pm 1,5$  дБ при температуре  $23 \pm 5$  °С [2].

*Условия эксплуатации измерителя уровня звука АТТ – 9000*

Измеритель уровня звука предназначен для работы при температуре окружающей среды от 0 °С до + 50 °С. Относительная влажность воздуха допускается до 90 %, атмосферное давление от 495 до 795 мм ртутного столба.



1 – электрический микрофон конденсаторного типа; 2 – дисплей; 3 – выключатель питания прибора и выбора типа выходного сигнала; 4 – переключатель шкал А и С; 5 – переключатель временных режимов (быстрый/медленный) и режима удержания максимальных значений; 6 - переключатель диапазонов; 7 – разъем выходного сигнала; 8 – отсек батареи питания и крышка отсека; 9 – индикатор выхода измеренного значения за пределы диапазона (выше/ниже); 10 – регулятор для выполнения калибровки прибора (переменный резистор для точной регулировки).

Рисунок 3 – Устройство измерителя уровня звука АТТ – 9000

Таблица 7 – Техническая характеристика измерителя уровня звука  
АТТ – 9000

Дисплей	3 <sup>1/2</sup> разрядный жидкокристаллический индикатор (ЖКИ) высотой 18 мм
Функции прибора	Измерения в децибелах (с весовыми коэффициентами по шкалам А и С). Временные режимы: Fast – быстрый режим; Slow – медленный режим. Режим фиксации максимальных значений. Вывод аналогового сигнала постоянного и переменного тока.
Диапазон измерений	Весовая шкала А: 3 диапазона, от 30 до 130 дБ. Весовая шкала С: 3 диапазона, от 30 до 130 дБ.
Микрофон	Электрический микрофон конденсаторного типа с внешним диаметром 12,7 мм.
Весовые коэффициенты	Шкалы А и С
Переключатель диапазонов	3 диапазона (30...80 дБ; 50...100 дБ; 80...130 дБ. Имеется индикация выхода за границы выбранного диапазона снизу и сверху.
Временные весовые коэффициенты (быстрый и медленный режимы)	Быстрый режим: $t = 200$ мс; медленный режим: $t = 500$ мс. * Быстрый режим предназначается для работы в диапазоне частот звуков, воспринимаемых человеческим ухом. Медленный режим удобен для получения усредненных значений уровней звуков вибраций.
Рабочая температура	0...50 °С
Относительная влажность в рабочих условиях	До 90% (при температуре от 0 до 35 °С)
Питание	Батарея питания напряжением 9 В.
Масса, г	280 (с элементом питания).

#### *Порядок выполнения работы*

1. Для выполнения измерений уровня звука переключатель ползункового типа (4) установите в положение А или в положение С.

#### ***Примечания:***

*а) весовые характеристики шкалы А предназначены для работы в диапазоне частот звуков, воспринимаемых человеческим ухом. При измерении уровней звуков окружающей среды необходимо, как правило, выбирать шкалу А.*

*б) весовые характеристики шкалы С находятся вблизи плоской части частотной характеристики. Это используется, как правило, для контроля уровня шума, создаваемого различными механизмами (контроля добротности) и выявления истинных уровней звука испытываемого оборудования.*

2. При помощи переключателя (6) подберите соответственный диапазон измерений таким образом, чтобы минимизировать допуски отсчетов. Если в левом углу дисплея на ЖКИ индицируется символ «▲» или символ «▼» (индикатор выхода за пределы диапазона (9)), то это свидетельствует о том, что выбранные пределы диапазона в децибелах либо превышают измеренное значение, либо ниже его. Для проведения измерений переключатель ползункового типа (6) необходимо переключить на другой диапазон.

3. В зависимости от источника звука, уровень которого измеряется, переключатель временного взвешивания (5) установите либо в положение «Fast» (Быстро), либо в положение «Slow» (Медленно).

4. Направьте микрофон на источник шума, при этом на дисплее высветится результат измерения в децибелах (дБ).

5. Если при измерениях уровня звука возникает необходимость запомнить максимальное (пиковое) значение на дисплее, переключатель (5) установите в положение «MAX. HOLD» фиксации максимальных значений (используется при измерениях долговременной стабильности при медленных изменениях шумовых характеристик окружающей среды).

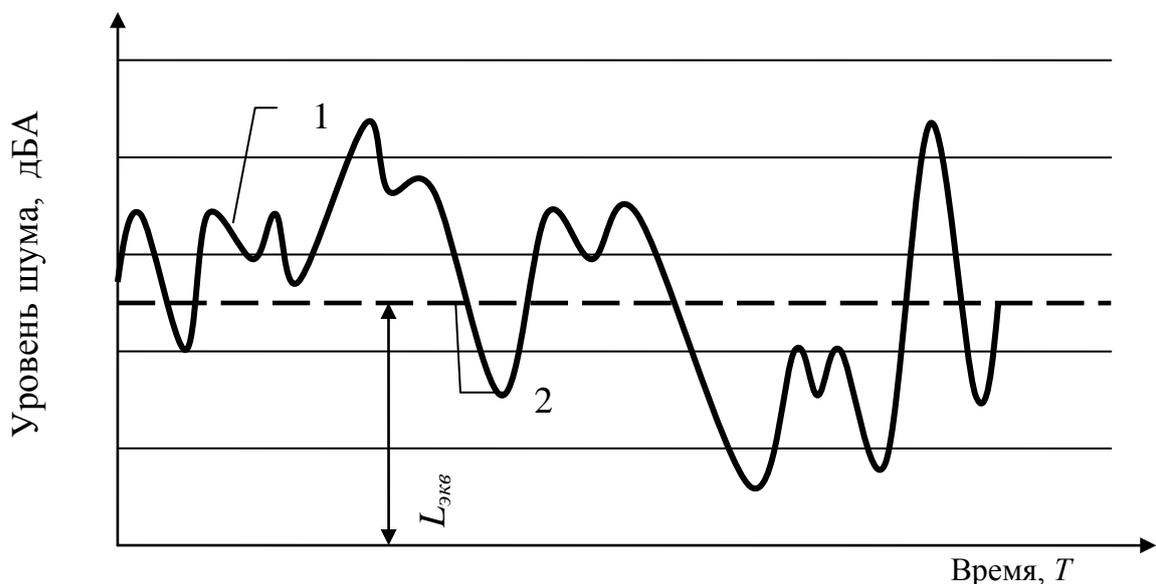
### **Расчет эквивалентного уровня транспортного шума**

Уровень транспортного шума в придорожной полосе меняется в течение суток в соответствии с изменением интенсивности движения, скорости, состава и плотности потока. Для характеристики изменяющегося во времени шума, особенно в населенных пунктах, предпочтение отдают эквивалентному уровню шума  $L_{экр}$ .

Таблица 8 – Нормативные уровни шума

Назначение помещений или территорий	Нормативный уровень шума, дБА
1	2
Жилые комнаты квартир, спальня помещения в детских учреждениях и школах интернатах, жилые помещения домов отдыха и пансионатов	30
Территории больниц, санаториев и молодежных лагерей, прилегающие к зданиям	35
Территории жилой застройки, прилегающие к домам, площадкам отдыха в микрорайонах и жилых кварталах	45
Рабочие помещения управлений, конструкторских, проектных организаций и НИИ	50
Торговые залы магазинов, спортзалы, пассажирские залы аэропортов и вокзалов, приемные пункты предприятий бытового обслуживания	60

Эквивалентный уровень звука ( $L_{экв}$ ) – это уровень постоянного шума, который в пределах меняющегося времени ( $T$ ) представляет собой среднеквадратичное значение фактического колебания звука (рисунок 4).



1 – фактические колебания уровня звука; 2 – эквивалентный уровень шума.

Рисунок 4 – Эквивалентный уровень транспортного шума ( $L_{экв}$ )

1. Эквивалентный уровень шума ( $L_{экв}$ , дБА) вычисляется по следующей эмпирической зависимости [3]:

$$L_{экв} = 10 \lg(NV^2)(1 + 0,008K), \quad (6)$$

где  $N$  – интенсивность движения транспортных средств, авт./час;

$V^2$  – скорость транспортного потока, км/ч (напротив УЛК – 4:  $V = 45$  км/ч, у пешеходного перехода напротив ларьков:  $V = 10$  км/ч, напротив общежития пневмостроймашина:  $V = 35$  км/ч);

$K$  – доля грузовых автомобилей и автобусов в составе транспортного потока, %.

Таблица 9 – Предельно допустимые уровни шума

Характер территории	Предельно допустимый уровень шума, дБА	
	с 23 до 7 ч (ночь)	с 7 до 23 ч (день)
Селитебные зоны населенных мест	45	60
Промышленные территории	55	65
Зоны массового отдыха и туризма	35	50
Санаторно-курортные зоны	30	40
Территории сельскохозяйственного назначения	45	50
Территории заповедников и заказников	до 30	до 35

2. Рассчитать эквивалентный уровень шума и построить графики в зависимости от изменения интенсивности движения (интервал для расчета через 20 авт./час) и скорости движения (интервал для расчета через 10 км/ч от 10 км/ч до 100 км/ч).

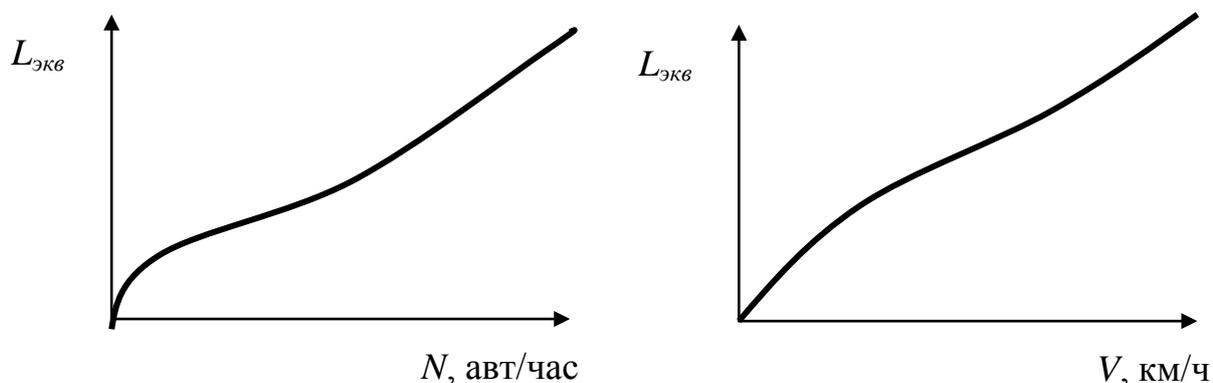


Рисунок 5 – Результаты расчета эквивалентного уровня шума

3. Рассчитать влияние скорости движения на уровень звука ( $L_v$ , дБА) по эмпирической формуле:

$$L_v = \frac{\sum_{i=1}^n 30 \lg V + m_i}{n}, \quad (7)$$

где  $m$  – параметр, зависящий от вида транспортного средства (таблица 10);

$n$  – общая сумма по видам транспортных средств.

Таблица 10 – Величина параметра  $m$

Транспортное средство	Легковые автомобили	Джип, микро-автобусы	ГАЗ	ЗИЛ	КамАЗ Урал	КрАЗ МАЗ
Параметр $m$	21,2	22,3	26,5	30,8	33,3	34,8

*Примечание:* величина параметра  $m$  для автобусов берется как для грузовых автомобилей, на шасси которых сделан автобус.

Исходные данные. Интенсивность движения автомобилей по видам транспортных средств: легковые автомобили; легковые автомобили повышенной проходимости (джип) и микроавтобусы; грузовые автомобили (ГАЗ, ЗИЛ, КамАЗ – Урал, КрАЗ – МАЗ); автобусы.

По полученным экспериментальным данным и результатам расчета необходимо сделать вывод об экологической безопасности на данных участках (таблица 8 и 9) и определить необходимость мероприятий по шумозащите с учетом особенностей мест проведения экспериментов.

### Лабораторная работа № 3

Расчет концентрации токсичных выбросов по эквивалентному продольному профилю на основании экспериментальных данных об интенсивности движения и составе транспортного потока

При определении уровня концентрации токсичных выбросов от автомобилей на небольших высотах, на различном расстоянии от дороги применяют модель гауссовского распределения примесей в воздухе [3].

По данной модели можно подсчитать концентрацию выбросов токсичного вещества на особо опасных участках дороги. Для выбора наиболее безопасного варианта приходится оценивать экологическую безопасность всей дороги, а не только отдельных ее участков. Для оценки безопасности

всей дороги предлагается более простой метод расчета токсичного загрязнения только на трех эквивалентных элементах дороги. Для этого все существующие подъемы на дороге (в одном направлении) заменяются одним эквивалентным подъемом, все спуски – одним эквивалентным спуском, длины всех площадок суммируются.

Эквивалентный подъем (спуск) определяется по формуле [3]:

$$i_{\text{экв}} = \frac{i_1 l_1 + i_2 l_2 + \dots + i_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}, \quad (8)$$

где  $i_1, i_2, \dots, i_n$  – величины уклонов на каждом подъеме (спуске) продольного профиля дороги (доли единицы);

$l_1, l_2, \dots, l_n$  – длины каждого подъема (спуска), м.

Расчет концентрации загрязнения окружающей среды окисью азота по эквивалентному профилю.

1. Эквивалентная касательная сила тяги ( $F_{\text{экв.к}}$ , Н) определяется по формуле:

$$F_{\text{экв.к}} = G(f_0 + i_{\text{экв.п}} + \omega_{\text{в}}), \quad (9)$$

где  $G$  – вес автомобиля с грузом, Н;

$f_0$  – коэффициент сопротивления качению, зависящий от типа покрытия и его состояния,  $f_0 = 0,01 \div 0,02$ ;

$i_{\text{экв.п}}$  – эквивалентный подъем (первая бригада –  $i_{\text{экв.п}} = 25\%$ , вторая бригада –  $i_{\text{экв.п}} = 35\%$ , третья бригада –  $i_{\text{экв.п}} = 45\%$ );

$\omega_{\text{в}}$  – коэффициент сопротивления воздушной среды.

$$G = M_a g, \quad (10)$$

где  $M_a$  – масса автомобиля с грузом, кг (первая бригада – автомобиль с кузовом «фургон» Урал 4320 – 13245 кг; вторая бригада – автомобиль с кузовом «фургон» КамАЗ 53212 – 18425 кг; третья бригада – грузовой автомобиль МАЗ 5335 – 14950 кг);

$g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ ,  $g = 9,81$ .

$$\omega_6 = \frac{KSV^2 g}{G}, \quad (11)$$

где  $K$  – коэффициент обтекаемости,  $K = 0,06 \div 0,07$ ;

$S$  – площадь проекции автомобиля на плоскость, перпендикулярную направлению его движения («лобовая площадь»),  $m^2$ , определяется по приближенным формулам:

- для грузовых автомобилей с кузовом «фургон»

$$S = 0,90BH, \quad (12)$$

- для грузовых автомобилей

$$S = 0,85BH, \quad (13)$$

где  $B$  и  $H$  – габаритные ширина и высота автомобилей, м (Урал 4320 –  $B = 2,50$ ,  $H = 2,87$ ; КамАЗ 53212 –  $B = 2,50$ ,  $H = 3,65$ ; МАЗ 5335 –  $B = 2,50$ ,  $H = 2,72$ ).

$V$  – скорость движения автомобиля, м/с (Урал 4320,  $V = 55$  км/ч; КамАЗ 53212,  $V = 80$  км/ч; МАЗ 5335,  $V = 65$  км/ч).

2. Сила сцепления автомобиля с дорогой ( $F_{сц}$ , Н) определяется по формуле:

$$F_{сц} = G_{сц} \varphi_{пр}, \quad (14)$$

где  $G_{сц}$  – сцепной вес автомобиля, Н;

$\varphi_{пр}$  – коэффициент продольного сцепления, зависящий от типа покрытия и его состояния (первая бригада – асфальтобетонное сухое ровное шероховатое,  $\varphi_{пр} = 0,70 \div 0,60$ ; вторая бригада – асфальтобетонное влажное,  $\varphi_{пр} = 0,50 \div 0,45$ ; третья бригада – асфальтобетонное мокрое,  $\varphi_{пр} = 0,40 \div 0,35$ ).

$$G_{сц} = M_{сц} g, \quad (15)$$

где  $M_{сц}$  – сцепная масса автомобиля, кг (Урал 4320 – 8950 кг; КамАЗ 53212 – 14000 кг; МАЗ 5335 – 10000 кг).

Если эквивалентная касательная сила тяги больше силы сцепления автомобиля с дорогой ( $F_{э.к} > F_{сц}$ , сцепление ведущих колес с дорогой не обеспечено), то расчет ведется по силе сцепления автомобиля с дорогой.

3. Эквивалентный расход топлива ( $Q$ , литр) на подъеме, площадке и спуске определяется по формуле:

$$Q_{э.к} = a \frac{F_{э.к} L n}{4200 \eta_{дв} \eta_{тр} U \gamma}, \quad (16)$$

где  $a$  – безразмерный коэффициент,  $a = 0,19$ ;

$L$  – длина эквивалентного участка дороги, м (первая бригада: эквивалентный подъем –  $L = 700$  м, эквивалентная прямая –  $L = 1000$  м, эквивалентный спуск –  $L = 900$  м; вторая бригада: эквивалентный подъем –  $L = 1000$  м, эквивалентная прямая –  $L = 1400$  м, эквивалентный спуск –  $L = 1200$  м; третья бригада: эквивалентный подъем –  $L = 1400$  м, эквивалентная прямая –  $L = 1600$  м, эквивалентный спуск –  $L = 1000$  м);

$n$  – коэффициент, учитывающий режим работы двигателя (на подъеме  $n = 1,3$ , на площадке  $n = 1,2$ , на спуске  $n = 1,5$ );

$\eta_{дв}$  – коэффициент полезного действия двигателя (0,27÷0,43);

$\eta_{тр}$  – коэффициент полезного действия трансмиссии (0,85);

$U$  – удельная теплотворная способность двигателя, ккал/кг ( $U=10400$ );

$\gamma$  – плотность топлива, кг/л ( $\gamma = 0,875$ ).

4. Эквивалентная интенсивность выбросов ( $q_{э.к}$  с) определяется по формуле:

$$q_{э.к} = 2,06 \cdot 10^{-4} Q_{э.к} N_{д} K_{д} m, \quad (17)$$

где  $N_{д}$  – интенсивность движения автомобилей с дизельным двигателем, авт./ч (принять данные расчета интенсивности движения по бригадам);

$K_{д}$  – коэффициент, учитывающий тип двигателя и данный компонент загрязнения (для окиси азота  $K_{д} = 0,015$ );

$m$  – коэффициент, учитывающий влияние на выброс данного загрязняющего вещества (для окиси азота  $m = 1$ ).

5. Эквивалентная концентрация токсичных веществ (окись азота на подъеме, площадке и спуске,  $C_{\text{экв}}$ , мг/м<sup>3</sup>) для различных расстояний от дороги при слабой солнечной радиации определяется по формуле:

$$C_{\text{экв}} = \frac{2q_{\text{экв}}}{\sigma V_{\text{г}} \sqrt{2\pi}}, \quad (18)$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение гауссовского рассеивания в вертикальном направлении в зависимости от времени суток и удаления от дороги (день, удаление от дороги: 10 м –  $\sigma = 1$ ; 20 м –  $\sigma = 2$ ; 30 м –  $\sigma = 3$ ; 40 м –  $\sigma = 4$ ; 50 м –  $\sigma = 5$ ; 60 м –  $\sigma = 6$ ; 70 м –  $\sigma = 7$ ; 80 м –  $\sigma = 8$ );

$V_{\text{г}}$  – скорость ветра, учитывается при угле ветра по отношению к дороге не менее 30° и рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{г}} = V_{\text{в}} \sin \varphi, \quad (19)$$

где  $\varphi$  – угол ветра по отношению к дороге, градусы (таблица 11).

#### Исходные данные по вариантам

Таблица 11 – Значение угла ветра по отношению к дороге, градусы

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Значение, $\varphi$	32	70	43	36	65	80	45	38	50	63	75	34	84	55
Вариант	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Значение, $\varphi$	40	78	57	72	88	66	82	71	59	44	90	61	74	47

Таблица 12 – Форма таблицы для результатов расчета.

Расстояние от дороги	Значение стандартного отклонения, $\sigma$	Эквивалентная концентрация окиси азота, $C_{\text{экв}}$ , мг/м <sup>3</sup> , на участках		
		подъем	площадка	спуск
1	2	3	4	5
12	1			
20	2			
30	3			
40	4			
50	5			
60	6			
70	7			
80	8			

Результаты расчета представить в табличной форме (таблица 12) и в виде графиков (рисунок 5). Сравнить расчетное значение выбросов окиси азота с предельно допустимыми значениями (таблица 1) и сделать вывод.

## Литература

1. Руководство по эксплуатации газоанализатора АНКАТ 7654 – 01. – 25 с.
2. Руководство по эксплуатации измерителя уровня звука АТТ – 9000. – 14 с.
3. Силуков Ю.Д. Экологическая безопасность на автомобильных дорогах: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. – 173 с.