

**Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Иркутской области  
«Иркутский техникум транспорта и строительства»**

**Методические указания  
для выполнения лабораторных работ по учебной дисциплине  
ЕН 03 Экология**

по специальности среднего профессионального образования

**15.02.10. Мехатроника и мобильная робототехника (по отраслям)**

**Квалификация:** техник - мехатроник

**Форма обучения:** очная

**Нормативный срок обучения:** 3 года 10 месяцев  
на базе основного общего образования

Иркутск, 2023 г.

В методических указаниях представлены задания и рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине «Экология» для студентов программ подготовки специалистов среднего звена специальностей: **15.02.10. Мехатроника и мобильная робототехника (по отраслям)**

Организация – разработчик: ГБПОУ ИО «Иркутский техникум транспорта и строительства»

Разработчик: преподаватель Е.В. Амбросова

Рассмотрена и одобрена на заседании

ДЦК

Протокол № 10 от 01.06. 2023г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.	4
Приложения	6
Список использованной литературы	22

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Экология» для оказания помощи обучающимся в организации и успешном выполнении лабораторных занятий по предмету «Экология».

При изучении экологии на проведение лабораторных занятий отводится 8 часов.

Лабораторное занятие - это организационная форма обучения, регламентированная по времени (пара) и составу (учебная группа, подгруппа), цель которой - сформировать профессиональные умения и навыки в лабораторных условиях с помощью современных технических средств.

Цель проведения лабораторных занятий – конкретизация теоретических знаний, полученных в процессе лекций, повышение прочности усвоения и закрепления изучаемых знаний и умений. Функциями лабораторных занятий являются: закрепление теоретических знаний на практике; усвоение умений исследовательской работы; усвоение умений практической психологической работы; применение психологических теоретических знаний для решения практических задач; самопознание обучающихся и саморазвитие. Типичные задания: демонстрационный эксперимент, индивидуальные задания, групповые задания, эксперимент в парах, решение психол. задач, деловая игра.

План занятия включает в себя: внеаудиторная самостоятельная подготовка к занятию; проверка теоретической подготовленности студентов; инструктирование студентов; выполнение заданий, обсуждение итогов; оформление отчета; оценка выполненных заданий и степени овладения умениями.

Лабораторные работы могут носить репродуктивный характер (студенты пользуются подробными инструкциями), частично-поисковый (самостоятельный подбор материала и методик) и поисковый характер (студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на теоретические знания).

Формы организации: фронтальная, групповая и индивидуальная. Критерии эффективности:

уровень самостоятельности и активности студентов;

степень сформированности умений;

уровень и характер поисково-исследовательской и творческой деятельности студентов;

удовлетворенность студентов и преподавателей состоявшимся занятием.

Методика проведения лабораторного занятия включает в себя три этапа: подготовку к лабораторному занятию, его проведение и психологический анализ.

На подготовительном этапе педагогу необходимо на каждое рабочее место подготовить методические рекомендации по всем лабораторным занятиям с подробным описанием всех требований и действий студентов. Затем преподаватель должен отработать на компьютере весь ход лабораторного занятия, предусмотреть возможные сбои и пути устранения их. На этом же этапе необходимо провести со студентами общий инструктаж по технике безопасности с обязательной регистрацией в журнале и под личную роспись. Кроме этого, студентам необходимо дать задание по изучению теории по теме, которая будет отрабатываться на лабораторном занятии. В конце занятий вся работа оформляется в установленном порядке. Выполненная студентом лабораторная работа оценивается преподавателем. На заключительном этапе педагог анализирует проведение лабораторного занятия с позиции его эффективности, делает выводы.

Критериями оценки результатов работы обучающегося являются:

- уровень освоения учебного материала;

- умение использовать теоретические знания при выполнении практических работ;

- четкость и структурированность изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

Оценки за выполнение лабораторных работ выставляются по пятибалльной системе и учитываются как показатели текущей успеваемости обучающихся.

Темы лабораторных работ	Часы
<i>Лабораторное занятие 1.</i> Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта.	2
<i>Лабораторное занятие 2.</i> Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха веществами, попадающими в окружающую среду, в результате работы автотранспорта.	2
<i>Лабораторное занятие 3.</i> Влияние параметров конструкции автомобиля на количество вредных выбросов.	2

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Лабораторное занятие 1 Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта

#### **Задания к работе:**

Цель работы: научиться определять уровень загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта по концентрации CO.

Существенной составляющей загрязнения воздушной среды городов, особенно крупных, являются выхлопные газы автотранспорта, которые в ряде столиц мира, административных центрах России и стран СНГ, городах-курортах составляют 60-80 % от общих выбросов. Многие страны, в т.ч. и Россия, принимают различные меры по снижению токсичности выбросов путем лучшей очистки бензина, замены его на более чистые источники энергии (газовое топливо, этанол, электричество), снижения содержания свинца в добавках к бензину. Проектируются более экономичные двигатели с более полным сгоранием горючего, создаются в городах зоны с ограниченным движением автомобилей и др. Несмотря на принимаемые меры, из года в год растет число автомобилей, и загрязнение воздуха не снижается.

Известно, что автотранспорт выбрасывает в воздушную среду более 200 компонентов, среди которых угарный газ, углекислый газ, окислы азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий и канцерогенная группа углеводородов (бенз(а)пирен и бензоантрацен). При этом наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами. Так, на нормальной скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05 % углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу - 0,98 %, окиси углерода соответственно -5,1% и 13,8 %. Подсчитано, что среднегодовой пробег каждого автомобиля 15 тыс. км. В среднем за это время он обедняет атмосферу на 4350 кг кислорода и обогащает ее на 3250 кг углекислого газа, 530 кг окиси углерода, 93 кг углеводородов и 7 кг окислов азота.

Данная практическая работа дает возможность оценить загруженность участка улицы разными видами автотранспорта, сравнить в этом отношении

разные улицы и изучить окружающую обстановку. Собранные параметры необходимы для расчета уровня загрязнения воздушной среды. Снижение уровня выбросов возможно следующими мероприятиями:

- запрещение движения автомобилей;
- ограничение интенсивности движения до 300 автомобилей/час;
- замена карбюраторных грузовых автомобилей дизельными;
- установка фильтров.

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода, в мг/м<sup>3</sup>.

#### ***Ход работы***

Студенты разделяются на группы по 3-4 человека и размещаются на определенных участках разных улиц с односторонним движением. В случае двустороннего движения каждая группа располагается на своей стороне. Интенсивность

движения автотранспорта определяется методом подсчета автомобилей разных типов 3 раза по 20 минут. Из ряда замеров вычисляют среднее. Запись ведется согласно таблице:

Улица, время	Тип автомобиля	Число единиц
	Легкий грузовой	
	Средний грузовой	
	Тяжелый грузовой (дизельный)	
	Автобус	
	Легковой	

На каждой точке наблюдений производится оценка улицы:

1. Тип улицы: городские улицы с односторонней застройкой (набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи), жилые улицы с двусторонней застройкой, дороги в выемке, магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон, транспортные тоннели и др.
2. Уклон (определяется визуально или эклиметром)
3. Скорость ветра (определяется анемометром или по данным гидрометеослужбы).
4. Относительная влажность воздуха (определяется психрометром или по данным гидрометеослужбы).
5. Наличие защитной полосы из деревьев.

Формула оценки концентрации окиси углерода ( $K_{CO}$ ):

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01NK_T)K_A K_Y K_C K_B K_{II}$$

где:

**0,5** - фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м<sup>3</sup>,

**N** - суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автомобилей /час,

**K<sub>T</sub>** - коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода;

**K<sub>A</sub>** - коэффициент, учитывающий аэрацию местности;

**K<sub>Y</sub>** - коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона; **K<sub>C</sub>** - коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра;

**K<sub>B</sub>** - то же в зависимости от относительной влажности воздуха;

**K<sub>II</sub>** - коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

Коэффициент токсичности автомобилей определяются как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле:

$$K_T = \sum P_i K_{Ti}$$

где:

$P_i$  - состав автотранспорта в долях единицы,

$K_{Ti}$ , - определяется по табл. 2.

Таблица 2

Тип автомобиля	Коэффициент $K_T$
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7
Легковой	1,0

Значение коэффициента  $K_d$ , учитывающего аэрацию местности, определяется по табл. 3

Таблица 3

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент $K_A$
Транспортные тоннели	2,7
Транспортные галереи	1,5
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой	1,0
Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0,6
Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	0,4
Пешеходные тоннели	0,3

Значение коэффициента  $K_A$ , учитывающего изменение загрязнения воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяем по таблице 4.

Таблица 4

Продольный уклон	Коэффициент $K_y$
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Таблица 5

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

Значение коэффициента  $K_v$ , определяющего изменение концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха, приведено в табл. 6.

Таблица 6

Относительная влажность	Коэффициент $K_v$
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений  $K_n$  приведен в табл. 7.

Таблица 7

Тип пересечения	Коэффициент $K_n$
<b>Регулируемое пересечение:</b>	
- со светофорами обычное	1,8
- со светофорами управляемое	2,1
- саморегулируемое	2,0
<b>Нерегулируемое:</b>	
- со снижением скорости	1,9
- кольцевое	2,2
- с обязательной остановкой	3,0

#### Пример расчета

Магистральная улица города с многоэтажной застройкой с двух сторон, продольный уклон  $2^\circ$ , скорость ветра 4 м/сек, относительная влажность воздуха - 70 %.

Расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях - 500 автомашин в час (IV). Состав автотранспорта: 10 % грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, 10 % грузовых автомобилей со средней грузоподъемностью, 5 % с большой грузоподъемностью с дизельными двигателями, 5 % автобусов и 70 % легковых автомобилей.

#### Расчет транспортной нагрузки

Определяем средневзвешенный коэффициент токсичности для потока автомобилей по формуле:

$$K_T = \sum P_i K_{Ti}$$

где:

$P_i$  - состав автотранспорта в долях единицы,

$K_{Ti}$  - определяется по табл. 2.

Подставив значения коэффициентов токсичности и удельных долей разных видов транспорта, получаем:

$$K_T = 0,1*2,3+0,1* 2,9+0,05* 0,2+0,05 *3,7+0,71 = 1,41$$

Значение коэффициента  $K_D$  учитывающего аэрацию местности, определяется по табл. 3. Для магистральной улицы с многоэтажной застройкой  $K_A=1$ .

Значение коэффициента  $K_U$ , учитывающего изменение загрязнения воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяем по табл. 4.

При уклоне  $2^\circ$   $K_U = 1,06$ .

Коэффициент изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра  $K_C$  определяется по табл. 5.

При скорости ветра 4 м/с  $K_C = 1,20$ .

Значение коэффициента  $K_B$ , определяющего изменение концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха. При влажности 70 %  $K_B = 1,00$ .

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений  $K_P$  приведен в табл. 7. Без пересечения  $K_P=1$ .

Подставив значения коэффициентов, оценим уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода:

$K_{CO} = (0,5+0,01.500*1,4)*1*1,06*1,20*1,00=8,96$  мг/м<sup>3</sup>, ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода равна 5 мг/м<sup>3</sup>.

**Вывод:** Рассчитанный уровень загрязнения превышает ПДК в 1,79 раза.

### Контрольные вопросы

1. Что такое ПДК, виды?
2. Основные компоненты, содержащиеся в выхлопных газах автотранспорта.
3. Мероприятия по снижению выбросов автотранспорта?
4. От каких параметров зависит концентрация оксида углерода в атмосферном воздухе?

## Лабораторное занятие 2 Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха веществами, попадающими в окружающую среду, в результате работы автотранспорта.

### **Задания к работе:**

Цель работы: Изучить экспресс-методику определения степени загрязнения атмосферного воздуха токсическими веществами, содержащимися в выхлопных газах городского автотранспорта.

Оборудование, реактивы, материалы: калькулятор; ручка; блокноты; секундомер; линейка.

### **Теоретические сведения**

Автомобильный транспорт относится к основным источникам загрязнения окружающей среды. В крупных городах на долю автотранспорта приходится более половины объема вредных выбросов в атмосферу. Уровни загрязнения воздуха оксидами азота и углерода, углеводородами и другими вредными веществами на большинстве автомагистралей в 5–10 раз превышают предельно допустимые концентрации.

При сжигании в автотранспортных установках топлива в воздух выбрасывается с продуктами сгорания и сернистый ангидрид, который, соединяясь с атмосферной влагой, образует сернистую и серную кислоты, попадающие, в конечном счете, и в почву, и в воду. Подобные агрессивные вещества оказывают сильное вредное влияние, прежде всего, на растительный мир, угнетая леса на больших территориях. Скапливаясь в воздухе, они угрожают также животному миру и человеку, интенсивно разрушают металлические конструкции, лакокрасочные покрытия, бетонные и каменные сооружения. Большой вред наносится зданиям, мостам, архитектурным памятникам и другим сооружениям.

Доля отработавших газов автомобилей в загрязнении атмосферного воздуха больших городов изменяется в зависимости от времени и пропорциональна интенсивности движения транспортных средств. Минимальная концентрация вредных веществ наблюдается в ночные часы, когда их содержание в воздухе в несколько раз меньше, чем днем. Максимальная концентрация отмечается в часы пик. Атмосфера улиц самоочищается в результате проветривания. При одной и той же интенсивности движения большее загрязнение воздуха отмечается в районах, плотно застроенных высокими зданиями, и вдоль дорог с узкой проезжей частью.

В автомобильных двигателях химическая энергия топлива преобразуется в тепловую, а затем в механическую работу. Процесс высвобождения химической энергии реализуется посредством горения, при котором реагенты энергоносителя соединяются с кислородом. В продуктах окислительных реакций содержатся: оксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, соединения свинца, бенз(а)пирен, оксиды серы, углеводороды и другие побочные продукты горения.

В транспортном машиностроении в той или иной степени используется ртуть. Заражение среды обитания ртутью представляет большую опасность. Установлено, что ртуть не только расстраивает здоровье, но и нарушает генетический аппарат, оказывая отрицательное воздействие на последующие поколения.

*По воздействию на организм человека компоненты отработавших газов подразделяются:*

- 1) на **токсичные** – оксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, соединения свинца;
- 2) **канцерогенные** – бенз(а)пирен;
- 3) **раздражающего действия** – оксиды серы, углеводороды.

Влияние перечисленных компонентов отработанных газов на организм человека зависит от их концентрации в атмосфере и продолжительности действия.

*Оксид углерода* при вдыхании попадает в кровь и образует комплексное соединение с гемоглобином – карбоксигемоглобин. Оксид углерода реагирует с

гемоглобином в 210 раз быстрее, чем кислород, что приводит к развитию кислородной недостаточности. Признаками кислородной недостаточности являются нарушения в ЦНС, поражения дыхательной системы, снижение остроты зрения. Увеличенные среднесуточные концентрации оксида углерода способствуют возрастанию смертности лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

*Оксид углерода* в воздухе в зависимости от степени концентрации вызывает слабое отравление через 1 ч (концентрация  $C = 0,05$  об.%), потерю сознания через несколько вдохов ( $C = 1$  об.%).

Из оксидов азота наибольшую опасность представляет *диоксид азота*  $NO_2$ . Воздействие оксидов азота на человека приводит к нарушению функций легких и бронхов. Воздействию оксидов азота в большей степени подвержены дети и люди, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями.

*Оксиды азота* в воздухе в зависимости от концентрации вызывают раздражение слизистых оболочек носа и глаз ( $C = 0,001$  об.%), начало кислородного голодания ( $C = 0,001$  об.%), отек легких ( $C = 0,008$  об.%).

*Сернистый ангидрид* в воздухе даже в относительно низких концентрациях увеличивает смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, способствует возникновению бронхитов, астмы и других респираторных заболеваний.

*Углеводороды* в результате фотохимических реакций с оксидами азота образуют смог. *Бенз(а)пирен*, попадая в организм человека, постепенно накапливается до критических концентраций и стимулирует образование злокачественных опухолей.

*Сажа* не представляет непосредственной опасности для здоровья человека. Сажа является адсорбентом канцерогенных веществ и способствует усилению влияния других токсических компонентов, например, сернистого ангидрида.

*Свинец* способен накапливаться в организме, попадая в него через дыхательные пути, с пищей и через кожу. Поражает ЦНС и кроветворные органы.

В первую очередь воздействию токсических составляющих отработавших газов подвергается водитель автомобиля. Анализ воздуха в кабинах транспортных средств показал, что концентрация оксида углерода (особенно в кабинах грузовых автомобилей) может превышать предельно допустимые нормы.

*Выбросы  $SO_2$*  являются причиной выпадения сернокислотных осадков, способствующих закислению почвы, воды и разрушению облицовки зданий. Возрастание концентрации оксида углерода опасно возникновением парникового эффекта, который приводит к возрастанию температуры воздуха у поверхности Земли.

Пути снижения вредного воздействия этих выбросов следующие: переход на газ или неэтилированный бензин (токсичность при этом снижается в 18–22 раза), повышение полноты сгорания за счет автоматического управления процессом, специальных систем и регулировок. Это сказывается и на расходе бензина. Замена карбюраторных двигателей, где это возможно, дизельными, дающими менее вредные выбросы.

Решение вопросов по созданию электротранспорта, в т.ч. по величине пробега с одной зарядки и снижению выбросов от аккумуляторных батарей. Перевод общественного транспорта на электрическую тягу там, где нет дефицита энергии (метро, троллейбусы и др.)

Значительна роль архитектурно-планировочных мероприятий и зеленых насаждений в снижении количества и уменьшении вредности выбросов. Специальные развязки и объезды, улучшение качества дорог и ликвидация ненужных участков торможения могут увеличить среднюю скорость движения транспорта. При этом, если скорость возрастает, к примеру, с 20 до 60 км/ч, общее количество выбросов уменьшится в 4–5 раз, а наиболее вредных (например, бенз(а)пирена) – еще значительно. При остановке у светофоров выбросы вредных веществ увеличиваются в 1,5–2 раза даже по сравнению с движением на первой скорости. Дороги с интенсивным движением следует выносить за пределы жилых и рекреационных зон или хотя бы защищать эти зоны

«зеленым щитом» от загазованности. Даже однорядная высадка деревьев с кустарниками (высотой 1,5 м) на ширине 3–4 м снижает уровень загазованности на 10–15 %, а при 4-х рядах шириной 30–50 м – на 60–70 %. Определяющее влияние транспорта на состояние окружающей среды требует особого внимания к применению новых экологически чистых видов топлива. К ним относится, прежде всего, сжиженный или сжатый газ. Кроме сжиженного (сжатого газа), многие специалисты предрекают большое будущее жидкому водороду, как практически идеальному, с экологической точки зрения, моторному топливу. Но существуют проблемы, связанные как со свойствами самого водорода, так и его производством. Как горючее для транспорта водород удобнее и безопаснее в жидком виде, где в пересчете на 1 кг он превосходит по калорийности керосин в 6,7 раза и жидкий метан в 1,7 раза. В то же время плотность жидкого водорода меньше, чем у керосина почти на порядок, что требует больших баков, которые необходимо теплоизолировать, что также влечет за собой дополнительный вес и объем. Высокая температура горения водорода приводит к образованию значительного количества экологически вредных окислов азота, если окислителем является воздух. Истинный перелом в мировой топливной базе на основе водорода может быть достигнут путем принципиального изменения способа его производства, когда исходным сырьем станет вода, а первичным источником энергии – солнце или сила падающей воды.

### **Ход работы**

1. Выбрать участок автотрассы вблизи учебного заведения (места жительства, отдыха) длиной 0,5–1 км, имеющий хороший обзор.
2. Определите число единиц автотранспорта, проходящего по участку в течение 20 мин. Получив у преподавателя, расчетные данные по длине участка, приступить к вычислениям. При этом заполнить таблицу 5.

Таблица 5 – Схема записи результатов

Тип автотранспорта	Всего за 20 мин	За 1 ч, $N_j$	Общий путь за 1 час, $L_j$ , км
Легковые автомобили (бензиновые, дизельные)			
Грузовые автомобили			
Автобусы (бензиновые, дизельные)			
Газели			

Количество выбросов вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу, может быть оценено расчетным методом. Исходными данными для расчета количества выбросов являются: – число единиц автотранспорта, проезжающего по выделенному участку автотрассы в единицу времени; – нормы расхода топлива автотранспортом (средние нормы расхода топлива автотранспортом при движении в условиях города приведены в таблице 6).

Таблица 6 – Нормы расхода топлива

Тип автотранспорта	Удельный расход топлива $Y_j$ (л на 1 км) дизтопливо	Удельный расход топлива $Y_j$ (л на 1 км) бензин
Легковые автомобили	0,09–0,11	0,11–0,13
Автобусы дизельные	0,38–0,41	
Автобусы бензиновые		0,41–0,44
Грузовые автомобили	0,31–0,34	
Газель		0,15–0,17

Значения эмпирических коэффициентов (К), определяющих выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего, приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Коэффициенты выброса

Вид топлива	Значение коэффициента (К)		
	Угарный газ	Углеводороды	Диоксид азота
Бензин	0,6	0,1	0,04
Дизельное топливо	0,1	0,03	0,04

Коэффициент К численно равен количеству вредных выбросов соответствующего компонента при сгорании в двигателе автомашины количества топлива, равного удельному расходу (л/км).

**Задание:**

1. Рассчитать общий путь, пройденный выявленным числом автомобилей каждого типа за 1 ч (L, км), по формуле

$$L_j = N_j \cdot L, \quad (5)$$

где j – обозначение типа автотранспорта; L – длина участка, км; N<sub>j</sub> – число автомобилей каждого типа за 1 ч.

2. Рассчитать количество топлива (Q<sub>j</sub>, л) разного вида, сжигаемого при этом двигателями автомашин, по формуле

$$Q_j = L_j \cdot Y_j, \quad (6)$$

Определить общее количество сожженного топлива каждого вида и занести результаты в таблицу 8.

Таблица 8 – Расход топлива

Тип автомобиля	L <sub>j</sub>	Q <sub>j</sub>	
		Бензин	Дизельное топливо
1. Легковые автомобили (бензиновые, дизельные)			
2. Автобусы дизельные			
3. Автобусы бензиновые			
4. Грузовые автомобили			
5. Газель			
Всего	ΣQ		

3. Рассчитать объем выделившихся загрязняющих веществ в литрах по каждому виду топлива, перемножая соответствующие значения ΣQ и эмпирические коэффициенты К. Занести результат в таблицу 9.

Таблица 9 – Объем выбросов

Вид топлива	ΣQ, л	Количество вредных веществ, л		
		Угарный газ	Углеводороды	Диоксид азота
Бензин				
Дизельное топливо				
Всего	(V), л			

Рассчитать массу выделившихся вредных веществ (m, г) по формуле

$$m = \frac{V \cdot M}{22,4}, \quad (7)$$

где М – молекулярная масса (для СО – 28, для NO<sub>2</sub> – 46, средняя молекулярная масса для углеводородов – 43).

4. Сделать вывод, сравнив фактическую концентрацию выбросов, поступивших в атмосферу и ПДК (табл. 10).

5. Определить среднесуточную концентрацию вредных веществ (С<sub>сс</sub>, мг/ м<sup>3</sup>) в атмосферном воздухе района, с учетом того, что объем используемого воздуха вблизи участка дороги длиной 100 метров составляет примерно 20 000 м<sup>3</sup>. Следует также учитывать большую интенсивность движения автотранспорта в дневное время.

Сопоставить полученные результаты с ПДКСС для каждого из вредных веществ и сделать вывод о степени антропогенного загрязнения атмосферы исследованного района. По результатам работы оценить экологическую ситуацию на данном участке дороги и разработать мероприятия по уменьшению количества выбросов и по защите атмосферного воздуха и человека от их воздействия. Ответить письменно на контрольные вопросы.

Таблица 10 – Схема записи результатов

Вид вредного выброса	Кол-во, л (объем)	Масса, г	Значение ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Среднесуточный ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Угарный газ			3,0	3,0	4
Углеводороды			0,1	1,5	3
Диоксид азота			0,04	0,04	2

#### Контрольные вопросы

1. Какие вещества относятся к загрязнителям воздуха?
2. Какой вклад вносит автотранспорт в загрязнение объектов окружающей среды в городах?
3. Сравните загрязняющие вещества, выделяемые бензиновыми и дизельными двигателями. Какой тип топлива наносит больший вред окружающей среде?
4. Какие прямые критерии оценки состояния атмосферы вы знаете?
5. Как загрязнение воздуха воздействует на жизнедеятельность растительных и животных организмов?
6. Предложите комплекс мер, содействующих решению экологических проблем, связанных с автотранспортом.

### Лабораторная работа 3 Определение уровня шума транспортного средства.

#### **Задания к работе:**

Цель работы: изучение методики контроля уровня шума автомобиля в соответствии с ГОСТ Р 52231-2004; приобретение навыков обращения с контрольно-измерительным оборудованием.

#### **Теоретические сведения**

Шумом называются любые нежелательные для человека звуки, мешающие труду или отдыху, создающие акустический дискомфорт. Основным источником шума в городах является транспорт, и его шумовое воздействие постоянно растет. На уровень шума влияет ряд факторов:

- интенсивность транспортного потока. Наибольшие уровни шума регистрируются на магистральных улицах больших городов при интенсивности движения 2000-3000 авт/ч;
- скорость транспортного потока (при увеличении скорости транспортных средств происходит возрастание шума двигателей, шума от качения колес по дороге и преодоления сопротивления воздуха);
- состав транспортного потока (грузовой транспорт создает большее шумовое воздействие по сравнению с пассажирским. Поэтому возрастание доли грузового подвижного состава в транспортном потоке приводит к общему возрастанию шума);
- тип двигателя (сравнение двигателей соизмеримой мощности позволяет провести их ранжирование по возрастанию уровня шума - электродвигатель, бензиновый двигатель, дизель, паровой, газотурбинный двигатель);
- тип и качество дорожного покрытия (наименьший шум создает асфальтобетонное покрытие, затем по возрастающей - брусчатое, каменное и гравийное. Неисправное дорожное покрытие любого типа, имеющее выбоины, раскрытые швы и нестыковки поверхностей, а также ямы и проседания создает повышенный шум);
- планировочные решения территорий (продольный профиль и извилистость улиц, наличие разноуровневых транспортных развязок и светофоров влияют на характер работы двигателей, а следовательно, и на создаваемый шум. Высота и плотность застройки определяют дальность распространения шума от магистралей. Так, ширина зон акустического дискомфорта вдоль магистралей в дневные часы может достигать 700 - 1000 м в зависимости от типа прилегающей застройки);
- наличие зеленых насаждений (вдоль магистралей с обеих сторон предусматривают санитарно-защитные зоны, в которых высаживают деревья).

Лесопосадки препятствуют распространению шума на близлежащие территории).

Объективными показателями шумового воздействия являются интенсивность, высота звуков и продолжительность воздействия.

Интенсивность характеризует величину звукового давления, которое оказывают звуковые волны на барабанную перепонку уха человека и измеряется в децибелах (дБА). Оценка интенсивности шума ведется по шкале А стандартного шумомера (имеются также шкалы В и D). Шкала А строится на логарифмах отношений данной величины звука к порогу слышимости.

Шум свыше 80 дБА вреден для человеческого организма. Современные условия жизни в крупных городах создают шум, приближающийся к этому значению. Болевой порог лежит в пределах 120-130 дБА.

Основным источником внешнего шума автомобиля является его двигатель. Так, для грузовых автомобилей с дизелями мощностью 150 кВт он составляет 80 - 90 дБА, для

легковых автомобилей 77 - 81 дБА. При этом наиболее значительную его часть составляет так называемый структурный шум, то есть шум, излучаемый поверхностями двигателя. Хотя уровень шума достигает весьма больших значений (на расстоянии 1 м уровень шума 105 – 120 дБА), акустическая мощность невелика и составляет при работе двигателя на номинальном режиме всего 2 - 3 Вт. Значительна также доля шумов, создаваемых системами выпуска отработавших газов и впуска воздуха.

Для грузовых автомобилей основной составляющей уровня шума является шум, создаваемый двигателем. Для легковых же автомобилей значительное влияние оказывает шум шин катящихся колес, а также аэродинамические шумы. Причем при высоких скоростях движения они могут превышать уровень шума, создаваемый двигателем.

В настоящее время действует ГОСТ Р 52231-2004 «Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерений». В соответствии со стандартом, уровень шума измеряется при неподвижном состоянии автомобиля, при работе двигателя на холостом ходу с переменными скоростными режимами. Однако, как показывает практика, данный параметр фактически при эксплуатации автомобилей не контролируется, хотя и оказывает существенное влияние на человека.

В соответствии с ГОСТ Р 52231-2004 показателем внешнего шума при проверке технического состояния автомобиля считают уровень шума выпускной системы двигателя, измерения проводятся по приведенной ниже методике. При проверке технического состояния автомобиля допустимый уровень шума не должен превышать более чем на 5 дБА контрольное значение уровня шума, измеренное при сертификационных испытаниях.

Если контрольные значения уровня шума не представляется возможным установить, то допустимый уровень шума выпускной системы автомобиля не должен превышать значений, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 - Допустимые уровни шума выпускной системы двигателей автомобилей, находящихся в эксплуатации

Тип автомобиля	Уровень шума, дБА
Автомобили легковые категории М1 и грузопассажирские и грузовые категории N1	96
Автобусы категории М2 и автомобили грузовые категории N2	98
Автобусы категории М3 и автомобили грузовые категории N3	100

Измерение уровня шума проводят на неподвижном автомобиле. Перед измерением двигатель автомобиля должен быть прогрет до рабочей температуры, рекомендованной изготовителем. При отсутствии этих данных температура охлаждающей жидкости (моторного масла) двигателя должна быть не ниже 60 °С. Минимальная частота вращения должна быть в пределах, установленных изготовителем. Площадка для испытаний должна иметь твердое покрытие. Расстояние от микрофона до шумоотражающих объектов должно быть не менее 3 м, наличие снежного покрова на площадке не допускается.

Допускается проведение предварительных измерений в закрытом помещении при расстоянии от микрофона до крупных шумоотражающих объектов не менее 1,5 м. В

случае превышения измеренных в помещении значений допустимого уровня шума испытания повторяют на открытой площадке.

Фон шумовых помех (окружающий шум, шум ветра) должен быть не менее чем на 10 дБА ниже уровня измеряемого шума.

Перед началом измерения проводят визуальный осмотр основных элементов автомобиля, влияющих на уровень шума. Автомобиль с неисправностями системы спуска и системы выпуска измерениям не подвергают.

Размещают автомобиль на испытательной площадке в соответствии с рисунком 1, выключают двигатель, затормаживают автомобиль с помощью стояночной тормозной системы, подкладывают противооткатные упоры под колеса ведущих мостов (с общей массой для автобусов более 5 т и грузовых автомобилей более 3,5 т). Устанавливают тахометр на автомобиль в соответствии с инструкцией по эксплуатации (возможно использование штатного тахометра автомобиля). Устанавливают микрофон в соответствии с рисунком 1. Подготавливают шумомер к работе в соответствии с инструкцией по эксплуатации шумомера и измеряют фоновый шум. Устанавливают рычаг переключения передач (для автомобилей с автоматической коробкой передач - избиратель передач) в нейтральное положение. Запускают двигатель.

Устанавливают микрофон над поверхностью площадки на высоте расположения выпускной трубы глушителя, но не ниже 0,2 м (позиция 7 на рисунке 1). Микрофон размещают на расстоянии  $(0,5 \pm 0,05)$  м от среза выпускной трубы, при этом главная ось микрофона должна быть параллельна поверхности площадки с отклонением не более  $\pm 15^\circ$  и составлять угол  $45^\circ \pm 15^\circ$  с вертикальной плоскостью, проходящей через ось потока отработавших газов, выходящих из выпускной трубы глушителя (позиции 1-5 на рисунке 1).

Для автомобиля с двумя или более выпускными трубами, расстояние между которыми не более 0,3 м, микрофон устанавливают у выпускной трубы, расположенной ближе к боковой стороне автомобиля или в более высокой точке над поверхностью площадки (позиция 2 на рисунке 1).

Для автомобиля с двумя или более выпускными трубами, расстояние между которыми более 0,3 м, микрофон устанавливают у каждой выпускной трубы (позиция 3 на рисунке 1).

Для автомобиля с вертикальным расположением выпускной трубы микрофон устанавливают на высоте среза выпускной трубы на расстоянии  $(0,5 \pm 0,05)$  м в направлении к ближайшей стороне автомобиля. Ось микрофона направляют вертикально, мембрану ориентируют вверх (позиция 6 на рисунке 1).

При работе двигателя в режиме холостого хода с минимальной частотой вращения нажимают на педаль управления подачей топлива и устанавливают повышенную частоту вращения с отклонением не более  $\pm 100$  мин<sup>-1</sup> (повышенная частота  $n_{ном}$  составляет 0,75 от номинальной частоты вращения коленвала  $n_{ном}$ , указанной в технической характеристике автомобиля). После работы двигателя в течение 5-7 с с повышенной частотой вращения, снимают усилие с педали до установления минимальной частоты вращения.

Данный испытательный цикл повторяют с интервалом 8-10 с не менее трех раз. Измеряют максимальное значение уровня шума в каждом испытательном цикле. Измеренные значения уровня шума округляют до целого числа и считают достоверными при разнице в показаниях не более 2 дБА.

При большей разнице показаний измерения повторяют. Результатом измерения считают максимальное показание шумомера, зафиксированное при выполнении испытательных циклов, которое сравнивают с допустимым уровнем шума. Измерения

считают действительными, если фоновый шум не менее чем на 10 дБА ниже уровня измеренного шума.

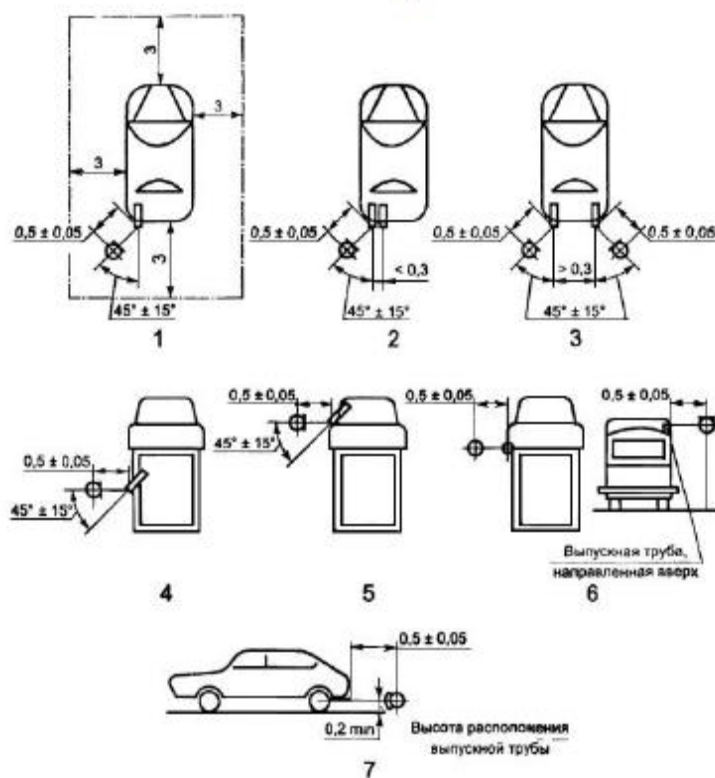


Рисунок 1 - Схемы установки микрофонов при различном расположении выпускных труб.  
 1-5 - установка микрофонов относительно выпускной трубы в горизонтальной плоскости;  
 6 - установка микрофонов относительно вертикально расположенной выпускной трубы;  
 7 - установка микрофонов относительно выпускной трубы в вертикальной плоскости.

Для измерения уровня шума выпускной системы используют следующие приборы:

- шумомер первого (второго) класса. Обслуживание и подготовку к работе шумомера проводят в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Шумомер должен быть включен в Госреестр, поверен и иметь действующее свидетельство о поверке. Измерения шума проводят при включенной частотной коррекции, соответствующей шкале А. При измерении уровня шума выпускной системы автомобиля включают постоянную времени усреднения "Быстро" ("Fast");
- тахометр для измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя в диапазоне от 0 до 6000 об/мин с приведенной погрешностью измерений не более  $\pm 2,5\%$  наибольшего значения по шкале. При отсутствии возможности подключения тахометра допускается использовать штатный прибор автомобиля, измеряющий частоту вращения коленчатого вала двигателя;
- термометр для измерения температуры окружающего воздуха от минус  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  до плюс  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  с абсолютной погрешностью измерения не более  $\pm 2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- рулетка с абсолютной погрешностью измерения  $\pm 1\text{ мм}$ ;
- секундомер с абсолютной погрешностью измерения  $\pm 0,1\text{ с}$ ;
- угломер с абсолютной погрешностью измерения  $\pm 2^{\circ}$ .

#### Аппаратура и материалы

- легковой (грузовой) автомобиль;

- шумомер;
- рулетка;
- угломер;
- термометр;
- тахометр электронный.

### **Указания по технике безопасности**

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

- Перед проведением испытаний автомобиль должен быть заторможен стояночным тормозом, включена нейтральная передача;
- в помещении лаборатории запрещено пользоваться открытым огнем;
- при проведении испытаний должна быть включена приточно-вытяжная вентиляция в лаборатории;
- запуск двигателя производить после установки микрофона шумомера и только с разрешения ведущего преподавателя или учебного мастера.

### ***Ход работы***

1. Изучить устройство и принцип действия шумомера, включить прибор, произвести его тарировку.
2. Установить автомобиль в лаборатории (на открытой площадке). Расстояние от микрофона до крупных шумоотражающих объектов должно быть не менее 1,5 м (на открытой площадке не менее 3 м).
3. Установить шумомер согласно рисунку 5.1.
4. Произвести измерение фонового шума.
5. Запустить двигатель, прогреть до рабочей температуры охлаждающей жидкости.
6. Произвести измерение уровня шума, для чего повысить частоту вращения коленвала от минимальной до повышенной, после работы двигателя в течение 5-7 с с повышенной частотой вращения, установить минимальную частоту вращения. Зафиксировать максимальное значение уровня шума за цикл. Данный испытательный цикл повторить с интервалом 8-10 с не менее трех раз.
7. Результат измерений (максимальное показание шумомера, зафиксированное при выполнении испытательных циклов) сравнить с допустимым значением уровня шума (таблица 1). Измерения считают действительными, если фоновый шум не менее чем на 10 дБА ниже уровня измеренного шума.
8. Двигатель заглушить, шумомер отключить.
9. Сделать выводы о соответствии автомобиля требованиям ГОСТ Р 52231-2004, возможности эксплуатации автомобиля.

### **Контрольные вопросы**

1. В каких единицах измеряется уровень шума, что понимается под логарифмической шкалой?
2. Какие узлы и системы автомобиля в наибольшей степени влияют на уровень шума?
3. Какие приборы используются для контроля уровня шума?
4. Какие требования предъявляются к помещению и измерительным приборам при контроле уровня шума автомобиля?
5. Поясните последовательность измерения уровня шума в соответствии с ГОСТ Р 52231-2004.

## Приложение (А)

(обязательное)

Классификация автотранспортных средств (по ГОСТ Р 51709-2001)

Таблица А1 – Классификация автотранспортных средств

Категория АТС	Разрешенная максимальная масса <sup>1)</sup> , т	Характеристика АТС
M1	-	АТС для перевозки пассажиров, имеющие не более восьми мест для сидения, кроме водителя
M2	До 5 <sup>2)</sup>	То же (АТС, имеющие более восьми мест для сидения, кроме места водителя)
M3	Св. 5 <sup>2)</sup>	
N1	До 3,5 <sup>3)</sup>	
N2	Св. 3,5 до 12,0 <sup>3)</sup>	АТС для перевозки грузов
N3	Св. 12,0 <sup>3)</sup>	
O1	До 0,75	Буксируемые АТС — прицепы
O2	Св. 0,75 до 3,5	Буксируемые АТС — прицепы и полуприцепы
O3	От 3,5 до 10 <sup>4)</sup>	Буксируемые АТС — прицепы и полуприцепы <sup>3)</sup>
O4	Более 10 <sup>4)</sup>	

Примечания:

- 1) Специальное оборудование, устанавливаемое на специальных АТС, рассматривают как эквивалент груза.
- 2) Сочлененный автобус состоит из двух или более нераздельно скрепленных секций, в которых размещены пассажирские салоны, связанные между собой проходом для свободного перемещения пассажиров; нераздельные секции постоянно скреплены друг с другом и могут быть разделены только с помощью специального оборудования, имеющегося обычно только в мастерских. Сочлененный автобус, состоящий из двух или более нераздельных, но сочлененных секций, рассматривают как одно транспортное средство.
- 3) для седельных тягачей, предназначенных для буксирования полуприцепов, в качестве разрешенной максимальной массы рассматривают сумму массы тягача в снаряженном состоянии и массы, соответствующей максимальной статической вертикальной нагрузке, передаваемой тягачу от полуприцепа через седельно-сцепное устройство, а также, в случае необходимости, максимальной массы груза тягача.
- 4) для полуприцепов, сцепленных с тягачом, или прицепов с центральной осью в качестве разрешенной максимальной массы рассматривают массу, соответствующую максимальной статической вертикальной нагрузке на опорную поверхность от оси (ей), когда полуприцеп или прицеп с центральной осью присоединен к тягачу и максимально загружен.

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ лабораторных (практических) работ:**

«5» (отлично): выполнены все задания лабораторной (практической) работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной (практической) работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной (практической) работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной (практической) работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аринин, И. Н. Техническая эксплуатация автомобилей: управление технической готовностью подвижного состава : учеб. пособие для вузов / И.Н. Аринин, С. И. Коновалов, Ю. В. Баженов. - Изд. 2-е. - Ростов н/Д : Феникс, 2007. - 314 [6] с. - (Высшее образование)
2. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Экологическое воздействие автомобильных двигателей на окружающую среду. Итоги науки и техники, ВИНТИ. Сер. Автомобильный и городской транспорт. Том 17, 1993. С. 1 — 136.
3. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.
4. Михайлов, В.А. Экология и экологическая безопасность автомобилей/ В.А. Михайлов. - М.: Форум, 2009. - 320 с.
5. Небел Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир: В 2-х т. Пер. с англ. - М.: Мир, 1993.
6. Трофименко Ю.В., Шелмаков С.В. Оценка токсичности и топливной экономичности автотранспортных средств в ездовых циклах!! Транспорт: Наука, техника, управление. — 1994. - 33. — С. 56 — 63.
7. Якубовский Юзеф. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды. — М.: Транспорт, 1979. — 198 с.
8. ГОСТ Р 52231-2004. Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерений.