

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

Кафедра автомобильного транспорта

Методические указания к выполнению  
**ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №1** по дисциплине  
«Техническая эксплуатация автомобилей»

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОТРАБОТАВШИХ  
ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ С БЕНЗИНОВЫМИ  
ДВИГАТЕЛЯМИ**

Новополоцк 2015

УДК 629.331(075)

В лабораторной работе рассмотрено устройство, принцип работы и правила пользования прибором «Автотест-01.02» для исследования качества отработавших газов автомобилей с бензиновыми двигателями. А также представлена методика определения качества отработавших газов бензиновых двигателей по средствам этого прибора.

Составитель: В.В. КОСТРИЦКИЙ, ст. преподаватель

УО «Полоцкий государственный университет»

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ С БЕНЗИНОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

#### *Цель работы:*

1. Изучить устройство и принцип действия прибора для проверки качества отработавших газов.
2. Овладеть методикой измерения объёмной доли оксида углерода (CO), углеводородов (СН) в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями, закрепление теоретических знаний.

#### *Оборудование:*

Бензиновый автомобильный двигатель (автомобиль), прибор-газоанализатор «Автотест–01.02».

#### *Содержание работы:*

1. Ознакомиться с устройством прибора «Автотест–01.02».
2. Изучить правила пользования и порядок работы с прибором для исследования качества отработавших газов автомобилей с бензиновыми двигателями.
3. Провести исследование качества отработавших газов автомобиля с бензиновым двигателем.
4. По полученным результатам измерений сделать вывод о качестве отработавших газов.
5. Составить отчёт о проделанной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

### **1. Краткая теория.**

#### **1.1. Состав отработавших газов.**

В настоящее время важнейшим фактором, который определяет уровень загрязнения атмосферы в городах, выступает автомобильный транспорт. Вклад автомобилей с двигателями внутреннего сгорания в загрязнение воздуха составляет до 90 % по окиси углерода (CO) и до 70 % по окиси азота (NO). Автомобили выделяют в окружающую среду с парами топлива, отработавшими и картерными газами свыше 200 наименований различных химических веществ.

Загрязнение воздуха идёт по трём каналам:

1. Отработавшие газы, выбрасываемые через выхлопную трубу – 65 %.

2. Картерные газы – 20 %.

3. Углеводороды в результате испарения топлива из бака и соединений трубопроводов – 15 %.

Основными компонентами отработавших газов бензиновых двигателей являются: азот (74...77 %), кислород (до 8 %), вода (до 5 %), диоксид углерода (5...12 %), оксид углерода (до 10 %), оксиды азота (до 0,8 %), углеводороды (до 0,2 %). Основными токсичными компонентами отработавших газов бензиновых двигателей считаются оксид углерода (СО), углеводороды (СН) и оксиды азота (NO<sub>x</sub>).

Сокращение вредных выбросов двигателями автомобилей можно добиться разными путями и прежде всего поддержанием исправного технического состояния автомобилей. Двигатели должны регулироваться на токсичность и дымность отработавших газов по показателям, установленным ГОСТ Р 52033–2003 (для бензиновых двигателей). Данный стандарт устанавливает нормы предельно допустимого содержания оксида углерода (СО) и углеводородов (С<sub>m</sub>Н<sub>n</sub>) в отработавших газах автомобильных бензиновых двигателей и устанавливает методику определения качества отработавших газов.

## **1.2. Прибор для анализа отработавших газов.**

Содержание компонентов в отработавших газах бензиновых двигателей определяется с помощью газоанализаторов, работающих на использовании метода инфракрасного излучения, являющегося относительно недорогим и достаточно точным.

В таких газоанализаторах анализ содержания оксида, диоксида углерода и углеводородов производится с помощью недисперсионных инфракрасных лучей. Физический смысл процесса заключается в том, что эти газы поглощают инфракрасные лучи с определенной длиной волны. Так, например, оксид углерода поглощает инфракрасные лучи с длиной волны 4,7 мкм, диоксид углерода – 4,3 мкм, а углеводороды – 3,4 мкм. Следовательно, с помощью детектора, чувствительного к инфракрасным лучам с определенной длиной волны, определяется степень их поглощения при прохождении анализируемой пробы, в результате чего становится возможным установление концентрации того или иного компонента. Схема газоанализатора, работающего по принципу инфракрасного излучения, показана на рисунке 1.1.

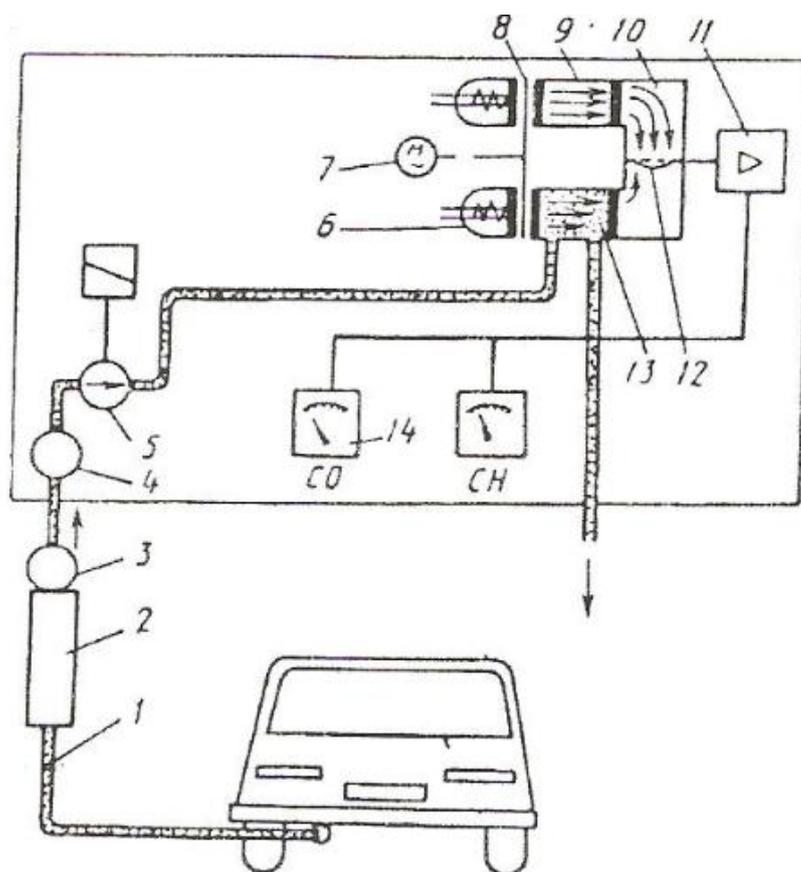


Рисунок 1.1. Схема газоанализатора для определения содержания СО и СН.  
 1 – газозаборный зонд; 2 – отделитель конденсата; 3 – фильтр тонкой очистки; 4 – защитный фильтр; 5 – мембранный насос; 6 – источник инфракрасного излучения; 7 – синхронный электродвигатель; 8 – обтюратор; 9 – камера сравнения; 10 – лучеприемник инфракрасного излучения; 11 – усилитель; 12 – мембранный конденсатор; 13 – измерительная камера; 14 – индикаторный прибор.

Отработавшие газы с помощью мембранного насоса 5 через газозаборный зонд поступают в отделитель конденсата, где оседает вода. Затем происходит очистка отработавших газов от твердых примесей в фильтрах 3 и 4, после чего газы поступают в рабочую камеру измерительной кюветы. Камера сравнения 9 заполнена инертным газом (N) и закрыта. Источником инфракрасного излучения являются два нихромовых нагревателя 6, которые нагреваются до температуры около 700 °С. Отражаясь от параболических зеркал, поток инфракрасного излучения, периодически прерываемый обтюратором, приводимым во вращение от синхронного электродвигателя, проходит через рабочую и сравнительную камеры. Обтюратор необходим для обеспечения ритмичного прерывания инфракрасного излучения сравнительной и измерительной камер. В рабочей камере происходит поглощение инфракрасного излучения определенного компонента отработавших газов (в данном случае СО и СН) в зависимости от его концентрации. В сравнительной же камере этого не происходит из-за поглощения

определенной части инфракрасных лучей в лучеприемнике, поэтому возникает разница температур и давлений в обеих камерах. Вследствие этого расположенный между камерами лучеприемника мембранный конденсатор 12 изменяет свою емкость. Сигнал с конденсатора подается на усилитель 11 и далее на регистрирующий прибор.

В современных газоанализаторах кроме измерения оксида и диоксида углерода и углеводородов может определяться содержание  $O_2$  и  $NO_x$ . Однако молекулы газа с одинаковым количеством атомов (подобные  $H_2/N_2/O_2$ ) не вызывают абсорбцию в инфракрасном диапазоне спектра, поэтому для их измерения метод инфракрасного излучения неприемлем. Определение содержания кислорода и  $NO_x$  в газоанализаторах осуществляется химическим датчиком, посылающим электрический сигнал, который пропорционален содержанию измеряемых компонентов.

## 2. Устройство и принцип работы газоанализатора «АВТОТЕСТ-01.02».

### 2.1. Устройство газоанализатора «АВТОТЕСТ-01.02».

Конструктивно прибор состоит из системы пробоотбора и пробоподготовки, блока преобразования и индикации, датчика температуры масла и пробозаборной системы дымомера (рисунок 1.2).

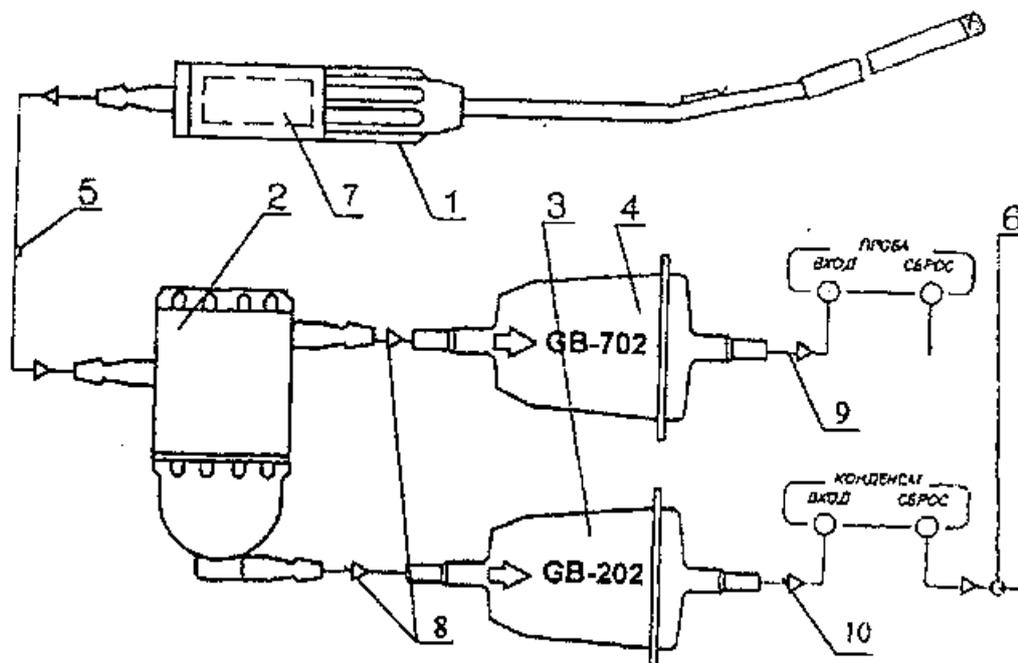


Рисунок 1.2. Схема отбора и подготовки пробы прибора

1 – Пробозаборник; 2 – Каплеуловитель; 3 – Фильтр очистки конденсата (СВ-202); 4 – Фильтр тонкой очистки пробы (СВ-702); 5 – Пробозаборная трубка; 6 – Трубка сброса конденсата (0,5 м); 7 – Фильтр грубой очистки; 8 – Трубка Т1 (30 мм); 9 – Трубка Т2 (150 мм); 10 – Трубка Т3 (210 мм).

Система пробозабора и пробоподготовки включает пробозаборник 1, каплеуловитель 2, фильтры тонкой очистки 3, 4 конденсата и пробы газа соответственно, трубку доставки пробы 5, трубку сброса конденсата 6. Фильтр грубой очистки 7 располагается в рукоятке пробозаборника.

В блоке преобразования размещается: компрессор пробы газа, компрессор эвакуации конденсата, оптический блок, включающий термостатированную кювету, излучатель, модулятор, и термостатированный фотоприемный узел.

На лицевой панели прибора (рисунок 1.3) «АВТОГЕСТ-01.02» размещены: жидкокристаллический буквенно-цифровой индикатор с подсветкой – 1, отображающий величину концентрации углеводородов, оксида углерода, диоксида углерода, кислорода в отработавших газах автомобиля и число оборотов вала двигателя; кнопка включения питания ВКЛ – 2; кнопка РАБОТА/ПАУЗА – 3; кнопка коррекции нуля КОР. О – 4; кнопка ПЕЧАТЬ – 5.

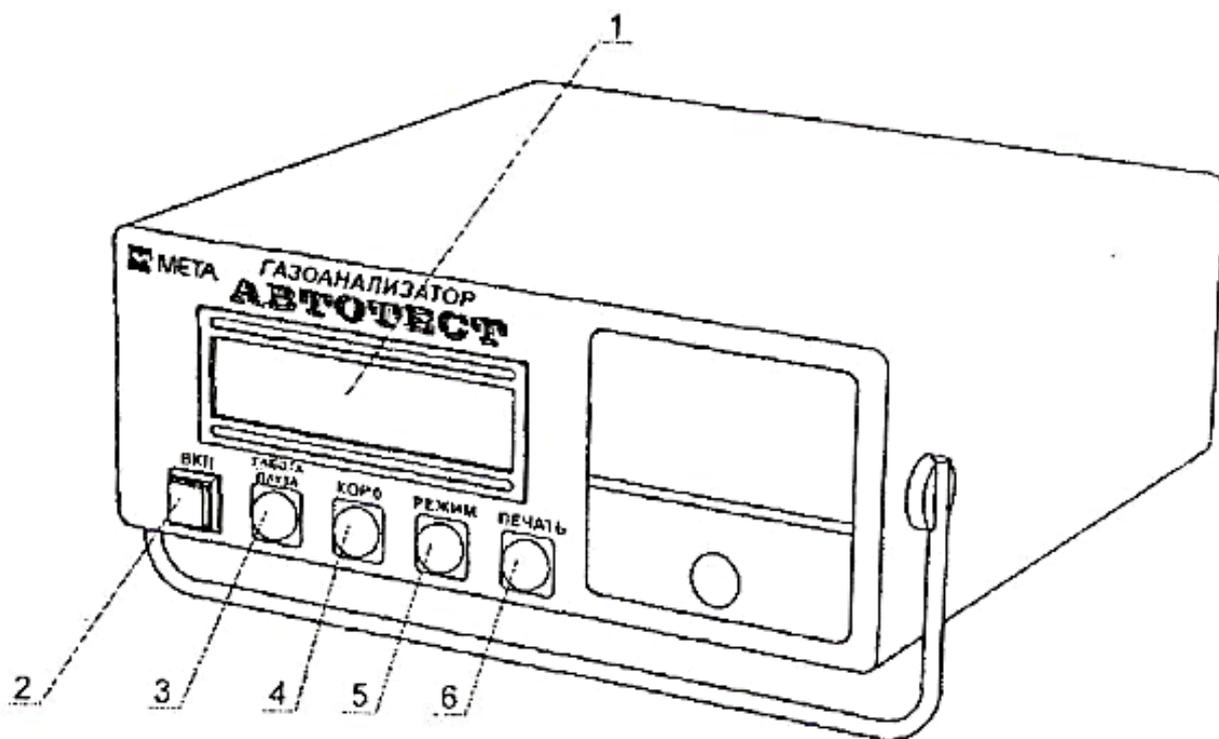
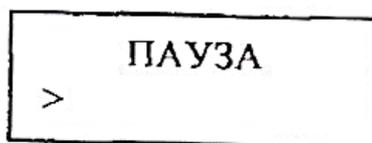


Рисунок 1.3. Внешний вид прибора (передняя панель).

1 – Жидкокристаллический алфавитно-цифровой индикатор; 2 – Кнопка ВКЛ; 3 – Кнопка РАБОТА/ПАУЗА; 4 – Кнопка КОР. О; 5 – Кнопка РЕЖИМ; 6 – Кнопка ПЕЧАТЬ.

Кнопка РАБОТА/ПАУЗА – переводит прибор из режима непрерывного измерения в режим "Пауза", отключает компрессоры, прибор находится в "горячем" резерве. При нажатии кнопки на индикаторе прибора появится сообщение:



Через 4 секунды происходит отключение компрессоров прибора. Для продолжения работы повторно нажать кнопку РАБОТА/ПАУЗА после этого прибор автоматически производит коррекцию нуля и переходит в режим измерения (если прибор находился в режиме "Пауза" менее 10 минут, то коррекция нуля не производится).

Кнопка КОР 0 – переводит прибор в режим коррекции нулевых показаний. Коррекция выполняется автоматически по чистому воздуху.

Кнопка ПЕЧАТЬ предназначена для распечатки протокола текущего измерения на встроенном принтере прибора.

Кнопка РЕЖИМ – переключение режимов индикации измерений (при нажатии кнопки или комбинации кнопок необходимо удерживать их до погашения индикатора).

Комбинация кнопок 1

КОР 0 + ПЕЧАТЬ – переключает отображения результатов измерения по каналу СН в единицах пропана  $C_3H_8$  или гексана  $C_6H_{14}$ . По умолчанию показания канала СН отображаются в единицах гексана. При отображении показаний в единицах пропана после значения СН отображается буква "Pг".

Комбинация кнопок 2

РАБОТА/ПАУЗА + КОР 0 – переключение режимов индикации измерений.

Комбинация кнопок 3

Нажать кнопки ПЕЧАТЬ + РЕЖИМ и не отпуская их включить питание прибора. При этом автоматически производится продувка кюветы и коррекция нулевых показаний (отключение компрессоров используется только при поверке и калибровке прибора).

Комбинация кнопок 4

РАБОТА/ПАУЗА + ПЕЧАТЬ – включает компрессоры прибора для принудительной продувки кюветы в необходимых случаях.

На задней панели прибора (рисунок 1.4) размещены: штуцер для подачи пробы газа в прибор ВХОД 1, штуцер для сброса пробы газа из прибора ВЫХОД 2, штуцер отбора конденсата ВХОД 8, штуцер вывода конденсата ВЫХОД 9, направляющие планки для крепления каплеуловителя 5, держатель предохранителя 3, гнездо для подключения кабеля питания 4, гнездо для подключения кабеля тахометра 6, разъем для подключения кабеля связи с персональным компьютером.

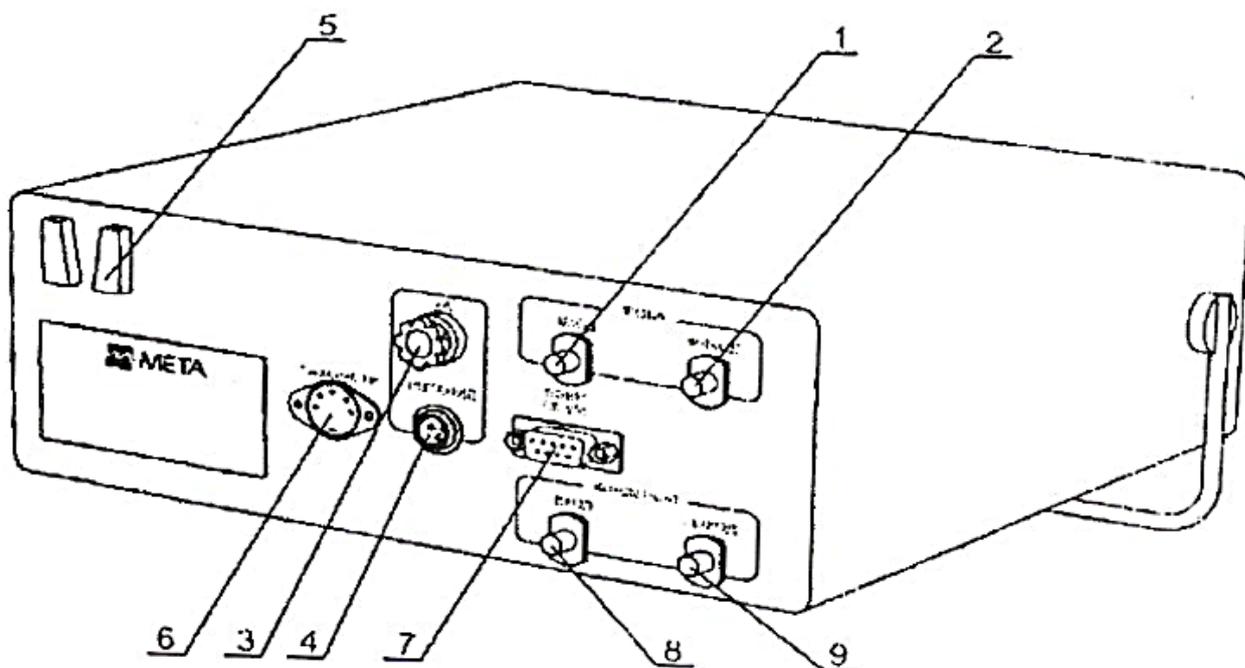


Рисунок 1.4. Внешний вид прибора (задняя панель)

1 – Штуцер подачи газа ВХОД; 2 – Штуцер вывода газа ВЫХОД; 3 – Держатель предохранителя; 4 – Разъем питания; 5 – Крепление фильтра тонкой очистки; 6 – Разъем тахометра; 7 – Разъем для подключения ПЭВМ; 8 – Штуцер подачи конденсата ВХОД; 9 – Штуцер вывода конденсата ВЫХОД.

В процессе эксплуатации прибора необходимо соблюдать порядок включения и выключения прибора, своевременно производить замену фильтрующих элементов системы пробоподготовки.

Запрещается сброс анализируемой пробы или поверочных газовых смесей в помещении. Перед проведением измерений на штуцер СБРОС наденьте резиновую или полиэтиленовую трубку с внутренним диаметром не менее 5 мм, а второй конец трубки выведите за пределы помещения. Длина отводящей трубки не должна превышать 5 м.

При анализе отработавших газов автомобиля примите меры безопасности, исключающие его самопроизвольное движение.

## 2.2. Принцип работы газоанализатора «АВТОТЕСТ-01.02».

Газоанализатор предназначен для работы в следующих условиях эксплуатации:

- температура окружающей среды - от 0 до 40 °С;
- атмосферное давление - от 86,6 кПа до 106,7 кПа (от 650 до 800 мм рт. ст.);
- относительная влажность окружающего воздуха – до 95 % при температуре 30 °С и более низких температурах без конденсации влаги;

- рабочее положение прибора - горизонтальное с допусаемым отклонением  $\pm 20$  градусов;
- питание прибора от сети постоянного тока напряжением  $(12,6 \pm 2)$  В при сети переменного тока 220В, 50Гц выносного блока питания;
- температура анализируемой смеси на штуцере ВХОД не более  $50^{\circ}\text{C}$ ;
- температура анализируемой смеси на входе в пробозаборник не более  $200^{\circ}\text{C}$ ;
- расход анализируемой смеси не менее 60 л/ч;
- допусаемое время работы газоанализатора без корректировки чувствительности - 8 часов. Время прогрева прибора – 30 мин.

Проба анализируемого газа отбирается из выхлопной трубы автомобиля пробозаборным зондом. В рукоятке зонда размещается фильтр грубой очистки, где происходит предварительная очистка газа от частиц сажи и аэрозолей. Далее проба газа направляется к прибору по трубке доставки.

Дальнейшая обработка пробы газа происходит в каплеуловителе, совмещенном с фильтром тонкой очистки пробы. В каплеуловителе из пробы отделяется конденсат, который собирается в нижней части фильтра и эвакуируется компрессором конденсата через штуцер ВЫХОД КОНДЕНСАТА. В фильтре сверхтонкой очистки типа GB 702 производится окончательная очистка пробы газа от мешающих компонентов, которая затем поступает в оптическую кювету узлов. Одновременная работа двух компрессоров обеспечивает скоростную доставку пробы газа от источника до оптической кюветы, а также непрерывную эвакуацию конденсата из пробы.

Инфракрасное излучение аналитических областей спектра определения оксида углерода (4,7 мкм), диоксида углерода (4,25 мкм) и углеводородов (3,4 мкм), а также опорного канала (3,9 мкм), поочередно выделяется соответствующими интерференционными фильтрами, установленными на вращающемся диске модулятора, и формирует на выходе пироэлектрического фотоприемника последовательности электрических импульсов. Амплитуда сигналов несет информацию о концентрации определяемых компонентов газа. По амплитуде сигнала опорного канала автоматически корректируется чувствительность спектрометрического тракта прибора и поддерживается постоянный коэффициент преобразования аналитических сигналов в течение всего срока эксплуатации прибора. Аналитические сигналы каналов измерения концентрации оксида углерода, диоксида углерода и углеводородов преобразуются, линеаризуются, нормируются и проходят статистическую обработку в микропроцессоре PIC 16F877.

Результаты измерения и служебная информация для пользователя отображается на буквенно-цифровом жидкокристаллическом индикаторе. Для

удобства работы с прибором в ночное время предусмотрена подсветка индикатора.

Источником сигнала частоты вращения коленчатого вала двигателя автомобиля служит высоковольтный датчик индуктивного типа, устанавливаемый на один из высоковольтных проводов системы зажигания. Частота следования импульсов искрообразователя свечи одного из цилиндров двигателя измеряется и преобразуется микропроцессором в частоту вращения коленчатого вала независимо от числа цилиндров.

### **3. Методика определения качества отработавших газов.**

1. Установить прибор на горизонтальной поверхности.
2. Собрать систему пробоподготовки согласно схеме на рисунке 1.2:
  - 2.1. Установить каплеуловитель в гнездо на задней панели прибора;
  - 2.2. Подключить короткими трубками фильтры тонкой очистки ОВ702 и СВ202 к штуцерам каплеуловителя ВЫХОД пробы и ВЫХОД конденсата (нижний штуцер), а также к штуцерам ВХОД пробы и ВХОД конденсата соответственно. При этом соблюдать направление подключения фильтров тонкой очистки в соответствии с указанными на корпусе фильтра стрелками.

3. Если в воздухе помещения, где используется прибор, могут содержаться пары бензина или оксиды углерода, рекомендуется подключить к штуцеру "Чистый воздух" ("ОКУ А1К") трубку 04x1,5мм или 5x1,5мм достаточной длины и вывести ее за пределы рабочего помещения.

4. Подключить короткую трубку из состава ЗИП к штуцеру ВЫХОД конденсата и отвести свободный конец трубки в направлении отвода конденсата.

5. Подключить кабель питания К1 из комплекта принадлежностей к гнезду "Питание" прибора. Ответные провода электрического кабеля питания К1 подключаются к автомобилю следующим образом:

- красный зажим - к клемме аккумулятора +12 В;
- черный зажим - к клемме аккумулятора -12 В;

Допускается в качестве источника питания использовать другие источники постоянного тока (сетевые или аккумуляторные), обеспечивающие на выходе постоянное напряжение (12+2) В при токе не менее 3 А при размахе пульсаций не более 100 мВ. В этом случае красный и черный зажимы кабеля питания К1 подключаются к альтернативному источнику питания.

6. К гнезду "Тахометр" подключить кабель датчика тахометра К2, зажим которого закрепить на высоковольтном проводе одного из цилиндров. При этом следует, чтобы зажим не касался корпусных деталей двигателя.

7. К штуцеру ВХОД каплеуловителя подключить пробозаборный шланг с пробозаборником.

8. Установить рычаг переключения передач (переключатель скорости для автомобилей с автоматической коробкой передач) в нейтральное положение.

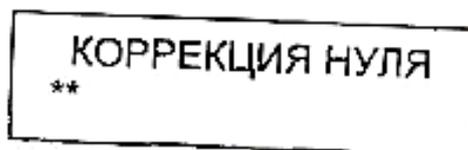
9. Затормозить автомобиль стояночным тормозом.

10. Заглушить двигатель (при его работе). Выпускная система автомобиля должна быть исправна(определяется внешним осмотром).

11. Перед измерением двигатель должен быть прогрет не ниже рабочей температуры охлаждающей жидкости (или моторного масла для двигателей с воздушным охлаждением), указанной в руководстве по эксплуатации автомобиля.

После подключения прибора выполнить следующие действия:

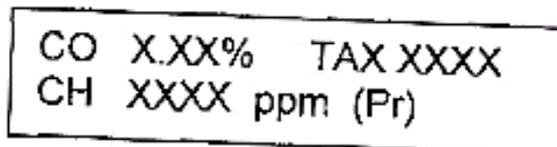
1. Включить кнопку ВКЛ на передней панели прибора. На индикаторе в течение 1 минуты появится сообщение:



КОРРЕКЦИЯ НУЛЯ  
\*\*

В нижней строке отображается индикатор процесса коррекции нуля.

2. На индикаторе прибора появится режим индикации измерений оксида углерода, углеводородов и частоты вращения двигателя:



CO X.XX% TACH XXXX  
CH XXXX ppm (Pr)

3. Установить пробозаборник прибора в выпускную трубу автомобиля на глубину не менее 300 мм от среза (до упора) и зафиксировать его зажимом.

4. Запустить двигатель. Увеличить частоту вращения вала двигателя до максимальной и проработать в этом режиме не менее 15 с.

5. Установить минимальную частоту вращения вала двигателя и проработать в этом режиме не менее 20 с. При подключении датчика тахометра играет роль его положение относительно высоковольтного провода зажигания автомобиля. При нестабильных показаниях следует перевернуть датчик тахометра на 180°.

6. Считать показания на индикаторе передней панели прибора измеренных концентраций измеряемых компонентов и при необходимости распечатать их.

7. Установить повышенную частоту вращения вала в пределах ( $n_{пов} = n_{ном} \times 0,8$ ) или 3000 об/мин, если  $n_{ном}$  не указано в паспорте автомобиля. Произвести повторное измерение концентраций анализируемых газов на повышенных оборотах двигателя.

Содержание оксида углерода и углеводородов в отработавших газах автомобиля должно быть в пределах значений, установленных предприятием–изготовителем автомобиля, но не выше, приведенных в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Предельные значения содержания оксида углерода и углеводородов в отработавших газах автомобиля.

Частота вращения (устанавливается в технической доку- ментации на автомобиль)	Предельно- допустимое содержание оксида углерода, % об.	Предельно-допустимое содержание углеводородов, объемная доля, млн <sup>-1</sup> (ppm) для двигателей с числом цилиндров	
		до 4-х	Более 4-х
<b>Автомобили, не оснащенные каталитическими нейтрализаторами</b>			
n (min)	3,5	1200	3000
n (пов)	2,0	600	1000
<b>Автомобили, оснащенные каталитическими нейтрализаторами</b>			
n (min)	1,0	400	600
n (пов)	0,7	200	300

8. Полученные данные о содержании токсичных элементов в составе отработавших газов занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2. Результаты измерений содержания токсичных элементов в составе отработавших газов.

Марка автомобиля / двигателя	Результаты измерений		
	СО	СН	n, об/мин

9. Сделать выводы о качестве отработавших газов.

### Содержание отчёта

1. Название и номер лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Краткая теория.
4. Порядок выполнения задания.
5. Результаты замеров представить в виде таблице.
6. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Расскажите о назначении прибора Автотест–01.02.
2. Каков принцип действия прибора для измерения компонентов отработавших газов?
3. Опишите методику исследования качества отработавших газов.
4. Как подготовить автомобиль для проверки качества отработавших газов?
5. Как влияет техническое состояние системы питания на мощность и расход топлива двигателя?

Лабораторная работа №1 «Исследование качества отработавших газов автомобилей с бензиновым двигателем» представлена во 2-ой части лабораторного практикума по дисциплине «Техническая эксплуатация автомобилей» и разработана для студентов специальностей 1-37 01 06 Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям) и 1-37 01 07 Автосервис очной и заочной форм обучения.

Составитель: Кострицкий Виталий Владимирович  
тел: +375295104179; e-mail: kostritsky.vitaly@yandex.by