

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

Кафедра автомобильного транспорта

Методические указания к выполнению
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №2 по дисциплине
«Техническая эксплуатация автомобилей»

**ИЗМЕРЕНИЕ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ
ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ**

Новополоцк 2015

УДК 629.331(075)

В лабораторной работе рассмотрено устройство, принцип работы и правила пользования дымомером «Мета-01 МП0.1». А также представлена методика определения дымности отработавших газов автомобилей по средствам этого прибора.

Составитель: В.В. КОСТРИЦКИЙ, ст. преподаватель

УО «Полоцкий государственный университет»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ИЗМЕРЕНИЕ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Цель работы:

1. Ознакомление с составом отработавших газов дизельных автомобилей.
2. Ознакомление с устройством и принципом действия дымомера.
3. Овладение методикой измерения дымности отработавших газов дизельных двигателей автомобилей.

Оборудование:

Дизельный автомобильный двигатель (автомобиль), дымомер «Мета–01 МПО.1».

Содержание работы:

1. Ознакомиться с устройством прибора «Мета–01 МПО.1».
2. Изучить правила пользования и порядок работы с прибором для измерения дымности отработавших газов дизельных двигателей автомобилей.
3. Провести исследование дымности отработавших газов дизельных двигателей автомобилей.
4. По полученным результатам измерений сделать вывод о качестве отработавших газов.
5. Составить отчет о проделанной работе.
6. Ответить на контрольные вопросы.

1. Краткая теория.

1.1. Отработавшие газы дизельных автомобилей.

Следствием особенностей смесеобразования и сгорания в дизельных автомобилях является сравнительно большой выброс сажи и дыма (таблица 2.1).

Таблица 2.1. Ориентировочный состав основных компонентов отработавших газов автомобилей с дизельными двигателями.

Компоненты	Размерность	Пределы концентраций компонентов дизельных двигателей
Азот, N	% объема	76 – 78
Кислород, O ₂		2,0 – 18,0

Пары воды, H ₂ O		0,5 – 10,5
Диоксид углерода, CO ₂		1,0 – 12,0
Углеводороды (суммарно), CH		0,01 – 0,50
Оксид углерода, CO		0,01 – 0,30
Оксид азота, NO _x		0,005 – 0,200
Альдегиды		0,0 – 0,06
Оксиды серы (суммарно), SO ₂		мг/м ³
Сажа	0,0 – 20000	
Бензапепен	0,0 – 10,0	
Соединения свинца	–	

Дымность (дым) – оптическая непрозрачность ОГ, которая вызвана наличием в них мельчайших частиц сажи, механических частиц, находящихся во взвешенном состоянии, несгоревших паров и капель топлива, масла и других аэрозолей.

Дымы – аэрозоли с размерами твердых частиц 0,1-10 мкм. Имеют различную окраску, которая зависит от компонентов, входящих в состав ОГ. Дым бывает белого, голубого (синего) и черного цветов.

Белый и голубой дымы – это топливо в капельной форме при одновременном наличии небольшого количества водяного тумана, являющегося продуктом конденсации и сгорания.

Белый дым появляется при холодном запуске двигателя в виде белого облака, выбрасываемого из выхлопной трубы после начала работы двигателя. Затем он исчезает по мере прогрева двигателя (по мере увеличения числа оборотов и при переходе к полной нагрузке).

Белый дым отличается от голубого размерами капель, причем если диаметр капель превышает длину волны голубого цвета, то капельки кажутся для глаза белыми. Белый и голубой дымы в зависимости от плотности имеют на просвет окраску от серой до коричневой, которая является прежде всего свойством капель (размеров капель) и не зависит от случайных оптических, физических или химических различий. Также в рабочем процессе двигателя принимает участие и смазочное масло, которое способствует образованию голубого дыма. Иногда такой дым называют «масляным дымом».

Образование белого и голубого дымов в значительной степени определяется температурным режимом двигателя, а также может зависеть от способа образования смеси и характеристики топлива. Образование дыма от топлива всегда указывает на то, что топливо не получает в камере сгорания достаточного подвода тепла и поэтому не может полностью сгореть. Следовательно, выброс дыма от топлива будет тем больше, чем ниже температура в камере сгорания и в выхлопной трубе, в которой часть дыма образуется из-за того, что несгоревшее

топливо, особенно перед пуском двигателя, попадает в нее, конденсируется там и после запуска двигателя превращается в дымный туман.

Черный дым состоит в основном из сажи и невидимых невооруженным глазом полиароматических углеводородов. Он представляет собой смесь несгоревших веществ, полученных в результате крекинга.

Повышенная дымность ОГ отрицательно воздействует на организм человека, растительный мир, здания и сооружения, ухудшает видимость, что отрицательно влияет на безопасность дорожного движения.

Сажа – твердый углеродный продукт (содержит свыше 90 % углерода).

В ОГ дизелей сажа находится в виде частиц разнообразной неправильной формы с линейными размерами 0,3-100 мкм. Большая часть сажевых образований имеет размер 0,4-5 мкм.

Образование сажи представляет собой процесс термического разложения (пиролиза) углеводородов в газовой фазе в условиях сильного недостатка (отсутствия) кислорода. Начало образования сажи зависит от многих факторов: температуры и давления в камере сгорания, вида топлива, состава топливоздушную смеси (коэффициента избытка воздуха), конструктивных особенностей и др. Количество образовавшейся сажи в значительной степени зависит от температуры в зоне горения. С ростом температуры и давления это количество резко увеличивается. На образование сажи оказывают влияние также и свойства топлива. Чем выше отношение углерод/водород (С/Н) в топливе, тем больше выделяется сажи.

Сажа засоряет дыхательные пути, вызывает хронические заболевания носоглотки и легких (частицы размером 0,5–2 мкм задерживаются в легких). Сажа загрязняет воздух, ухудшает видимость на дорогах, и самое главное, частицы сажи адсорбируют на своей поверхности канцерогенные вещества, которыми являются полициклические ароматические углеводороды.

1.2. Нормируемые параметры дымности.

Для автомобилей с дизельными двигателями, находящимися в эксплуатации, применяется ГОСТ 21393-75 «Автомобили с дизелями. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений. Требования безопасности» с изменением № 2. Стандарт распространяется также на автобусы с дизельными двигателями.

Основным нормируемым параметром дымности является натуральный показатель светового потока (коэффициент поглощения) K (м^{-1}), а вспомогательным – коэффициент ослабления светового потока N (%).

Натуральный показатель светового потока K – величина, обратная толщине отработавших газов, проходя через который поток излучения от

источника света ослабляется в «e» раз ($e = 2,718$ – основание натуральных логарифмов).

Коэффициент ослабления светового потока N представляет собой степень ослабления светового потока вследствие поглощения и рассеивания света отработавшими газами при прохождении ими рабочей трубы дымомера.

Измерения проводятся на неподвижно стоящем автомобиле с исправной системой выпуска отработавших газов и после подготовки дымомера к работе.

Принцип работы дымомера основан на измерении величины поглощения светового потока и температуры анализируемого газа в мерном объеме и преобразовании аналитических сигналов к единицам коэффициента поглощения согласно выражению (1).

$$K = -\frac{273 + t}{373 \cdot L} \cdot \ln(T); \quad (1)$$

где K – коэффициент поглощения, m^{-1} ; L – эффективная фотометрическая база измерительного канала, м; T – коэффициент пропускания поглощающего слоя в измерительном канале, $\%/100$; t – температура отработавших газов, $^{\circ}C$.

Единицы измерения дымности связаны выражением (2):

$$N = 100 \cdot (1 - e^{-KL}); \quad (2)$$

Соотношение единиц измерения дымности K и N , а также массовой концентрации сажи в отработавших газах приведено в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Соотношения единиц измерения дымности: коэффициента ослабления [%], коэффициента поглощения [m^{-1}] и массовой концентрации сажи [$г/м^3$].

Коэффициент ослабления [%]	коэффициент поглощения [m^{-1}]	массовая концентрация сажи [$г/м^3$]	Коэффициент ослабления [%]	коэффициент поглощения [m^{-1}]	массовая концентрация сажи [$г/м^3$]
10	0,25	0,033	30	0,83	0,131
11	0,27	0,038	31	0,86	0,133
12	0,30	0,042	32	0,90	0,138
13	0,32	0,047	33	0,93	0,144
14	0,35	0,052	34	0,97	0,150
15	0,38	0,057	35	1,00	0,156
16	0,41	0,062	36	1,04	0,162
17	0,43	0,066	37	1,07	0,168
18	0,46	0,071	38	1,11	0,174
19	0,49	0,076	39	1,15	0,187
20	0,52	0,081	40	1,19	0,193
21	0,55	0,086	41	1,23	0,199
22	0,58	0,091	42	1,27	0,206

23	0,61	0,096	43	1,31	0,213
24	0,64	0,101	44	1,35	0,220
25	0,67	0,106	45	1,35	0,227
26	0,70	0,111	46	1,39	0,234
27	0,73	0,117	47	1,43	0,241
28	0,76	0,122	48	1,48	0,248
29	0,80	0,127	49	1,52	0,256

2. Устройство и принцип действия дымомера Мета–01 МП 0.1.

2.1. Принцип действия дымомера Мета–01 МП 0.1.

Функциональная схема прибора, поясняющая принцип действия приведена на рисунке 2.1.

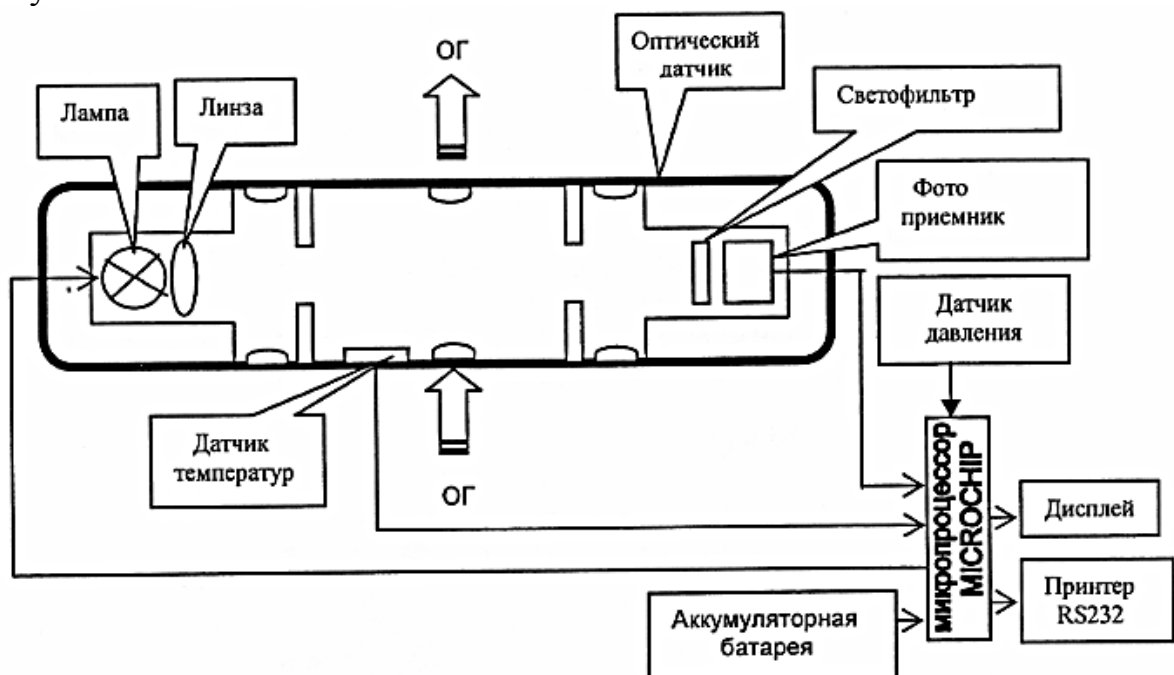


Рисунок 2.1. Функциональная схема прибора.

Световой поток лампы накаливания фокусируется линзой и пересекает полость измерительного канала, которая ограничена диафрагмами с центральными отверстиями. Отработавшие газы (ОГ) автомобиля, содержащие непрозрачные частицы, поступают через пробозаборное устройство в измерительный канал и вызывают ослабление светового потока, которое регистрируется фотоприемником. Светофильтр формирует необходимую спектральную характеристику оптической пары в соответствии с кривой чувствительности глаза.

Сигналы датчика температуры ОГ, датчика давления и сигналы фотоприемника поступают на аналоговые входы микропроцессора, где выполняется обработка и преобразование сигналов в соответствии с программой,

записанной в ПЗУ. Результаты измерений и сопроводительная информация отображается на буквенно-цифровом дисплее.

Алгоритм функционирования прибора предусматривает измерение исходного светового потока Φ_0 , измерение светового потока Φ_x , ослабленного слоем газа, заключенного в мерном объеме измерительного канала с концентрацией непрозрачных частиц x , вычисление оптического пропускания $T = \Phi_x / \Phi_0$, измерение температуры газа, вычисление коэффициента поглощения K_x путем логарифмирования исходных сигналов $K_x = \ln \Phi_x / \Phi_0$ с учетом коэффициента теплового расширения газа $f = (273+t)/373$.

2.2. Устройство прибора Мета-01 МП 0.1.

Прибор Мета-01 МП 0.1 предназначен для экспрессного измерения дымности отработавших газов автомобилей, тракторов, а также других транспортных средств и стационарных установок, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия. Результат измерений представляется в единицах коэффициента поглощения (натурального показателя ослабления, m^{-1}) и в единицах коэффициента ослабления (%) по ГОСТ 52160-2003 и ГОСТ Р 41.24-2003 (правила ЕЭК ООН №24).

Прибор выполнен в виде переносного прибора, состоящего из приборного блока, оптического датчика и пробозаборника (рисунок 2.2).

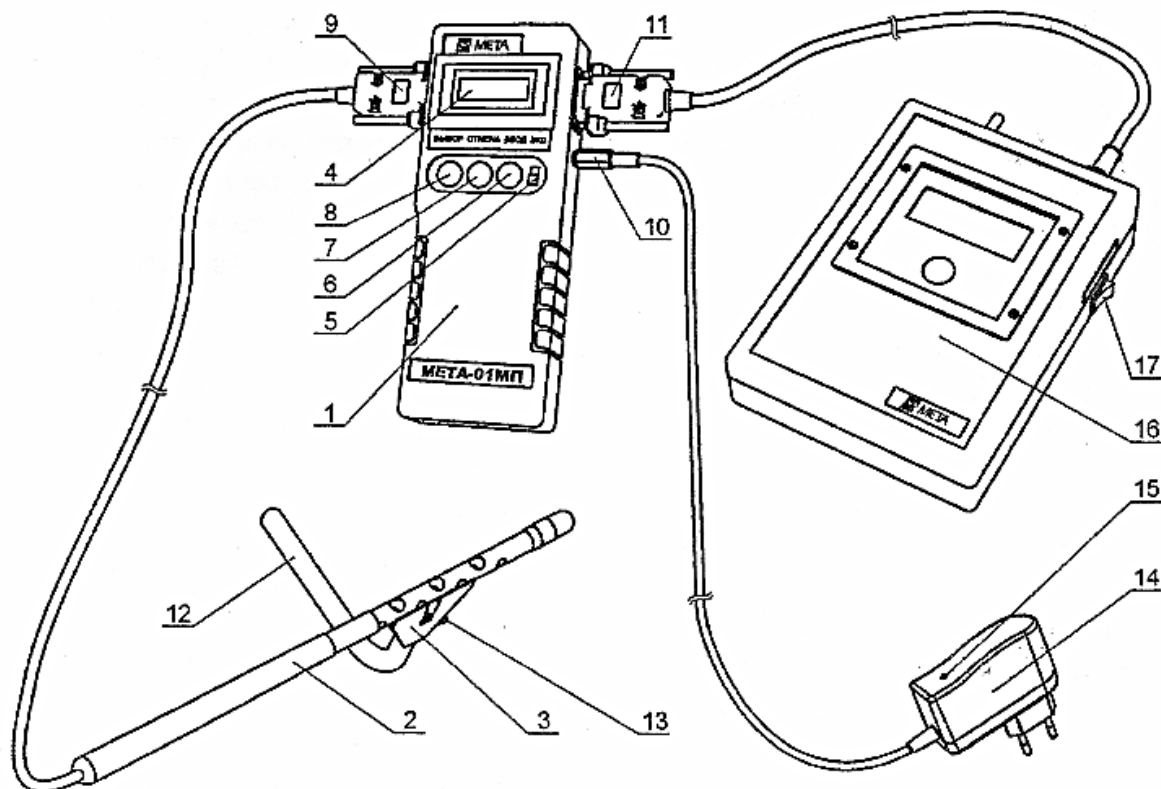


Рисунок 2.2. Внешний вид прибора.

1 – Приборный блок; 2 – Оптический датчик; 3 – Рассекатель пробозаборника; 4 – Буквенно-цифровой дисплей; 5 – Тумблер включения питания; 6 – Кнопка ВВОД; 7 – Кнопка ОТМЕНА; 8 – Кнопка ВЫБОР; 9 – Разъем для подключения оптического датчика; 10 – Разъем для подключения зарядного устройства; 11 – Разъем для подключения принтера; 12 – Изогнутая трубка пробозаборника; 13 – Винт; 14 – Зарядное устройство; 15 – Индикатор контроля зарядки; 16 – Принтер; 17 – Тумблер включения питания принтера.

Конструктивно приборный блок выполнен в пластмассовом корпусе из ударопрочного полистирола. На лицевой панели расположены буквенно-цифровой дисплей 4 и органы управления (см. рисунок 2.2): включатель питания ВКЛ 5, кнопка ВВОД 6, кнопка ОТМЕНА 7, кнопка ВЫБОР 8. На боковых панелях прибора расположены: разъем для подключения принтера 11, разъем для подключения зарядного устройства 10, разъем для подключения оптического датчика 9.

Внутри приборного блока расположены плата управления и аккумуляторная батарея. Оптический датчик снабжен телескопической рукояткой, раздвигающейся до размеров 1,5 м и позволяющей выполнять измерения дымности с безопасного для оператора расстояния.

Оптический датчик (рисунок 2.3) содержит соосно расположенные излучатель 19 (миниатюрная лампа накаливания с цветовой температурой 2800...3250 °К) и фотоприемник 6 (фотодиод) по обе стороны от измерительной камеры 23, выполненной в виде перфорированного отверстиями патрубка, ограниченного диафрагмами 15 с центральными отверстиями. В измерительной камере расположен термодатчик 16 (термопара), который служит для измерения температуры отработавших газов. Линза 18 формирует поток излучения лампы 19, а свето-фильтр 8 обеспечивает спектральные свойства оптической пары, аналогичные кривой дневного зрения человеческого глаза, по требованиям ГОСТ Р 52160-2003 в диапазоне 430 – 680 нм с максимальным пропусканием на длине волны $\lambda_{max} = (560 \pm 10)$ нм. Диафрагмы 15, патрубки 13, 17 и дополнительные отверстия 14 буферных камер 22 образуют систему защиты оптических элементов от загрязнений компонентами отработавших газов, при этом обеспечивая стабильность эффективной фотометрической базы и однородность поглощающего слоя анализируемого газа.

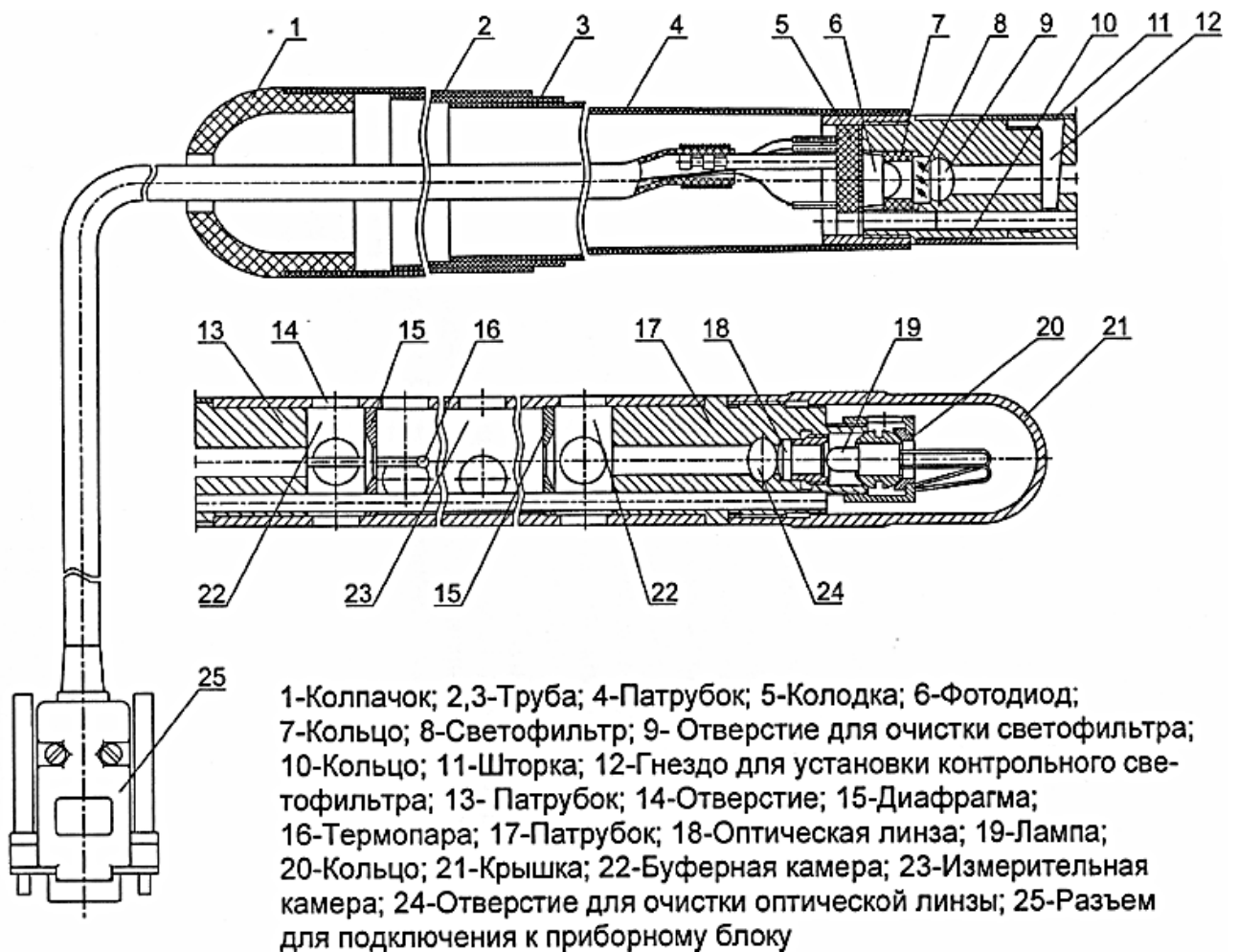


Рисунок 2.3. Оптический датчик

Оптический датчик снабжен телескопической рукояткой, состоящей из трех звеньев. Через отверстие 9 производят очистку светофильтра, через отверстие 24 – очистку оптической линзы. Гнездо 12 служит для установки контрольного светофильтра.

В рабочем положении гнездо контрольного светофильтра закрыто шторкой 11, отверстие фотоприемника - кольцом 10, отверстие для очистки линзы – защитной крышкой 21. Перфорированный отверстиями патрубок измерительной камеры снабжен направляющим пазом для установки пробозаборника. Пробозаборник устанавливается на оптическом датчике и служит для доставки отработавших газов от выпускной системы дизеля до измерительного канала датчика.

Пробозаборник 3 (см. рисунок 2.2) состоит из рассекателя и изогнутого патрубка. На корпусе пробозаборника имеется направляющий выступ, который совмещается с пазом, расположенным на перфорированной трубке оптического датчика. Изогнутая трубка закрепляется в корпусе при помощи винта в необходимом положении.

3. Определение дымности отработавших газов автомобилей, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия.

3.1. Проверка работоспособности прибора.

1. Индикация условий измерения.

В приборе предусмотрено измерение и индикация атмосферных условий в месте испытаний. Для просмотра этих параметров необходимо:

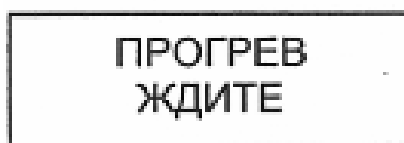
- включить питание прибора, удерживая в нажатом положении кнопку ВВОД. На дисплее поочередно через 3 секунды отображаются атмосферное давление (кПа и мм.рт.ст.), а также окружающая температура (°C и °K):



- выключить питание прибора.

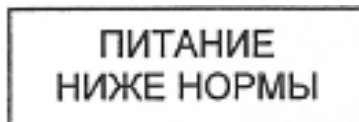
2. Указания по включению и опробованию работы.

1) Включить питание прибора кнопкой ВКЛ. На дисплее отображается реклама, а затем сообщение:



при нормальном напряжении питания.

При разряде аккумуляторной батареи появится сообщение:



В этом случае выключить питание прибора и зарядить аккумуляторную батарею

2) Через 30 секунд на дисплее отображается меню режимов:



Кнопкой ВЫБОР выбрать необходимый режим, установив курсор на соответствующую надпись:

- "УСКОР" – измерение пиковых значений дымности в режиме свободного ускорения двигателя с возможностью вывода результатов во внешние устройства (компьютер или печатающее устройство) и сохранения в памяти данных прибора;

- "ТЕК" – дополнительный режим измерения текущих значений дымности при испытании двигателя в режиме максимального числа оборотов вала без фиксации результата измерения;

- "ВРМ" – режим коррекции времени;
- "ПАМ" – работа с результатами измерений, сохраненных в памяти данных прибора.

При необходимости включить подсветку дисплея кнопкой ОТМЕНА. Отключение подсветки производится повторным нажатием кнопки ОТМЕНА.

При отклонении на $\pm 3\%$ и более от установленного значения прибор сообщает о необходимости коррекции нуля. Для продолжения работы прибора нажать кнопку ОТМЕНА.

3) Кнопкой ВЫБОР выбрать режим "ТЕК" и запустить его нажатием кнопки ВВОД. На дисплее автоматически на две секунды индицируется остаток заряда аккумуляторной батареи в % (БАТ ХХХ%), затем непрерывно выводятся показатели дымности, при этом мигает двоеточие. При отсутствии дыма в оптическом датчике сообщение на дисплее выглядит следующим образом:

K: = 0,00 1/м
N: = 00,0 %

4) Поворотом шторки 11, (рисунок 2.3) оптического датчика обнажить гнездо контрольного светофильтра 12. Установить контрольный светофильтр в гнездо 12, дождаться установки показаний (рисунок 2.4).

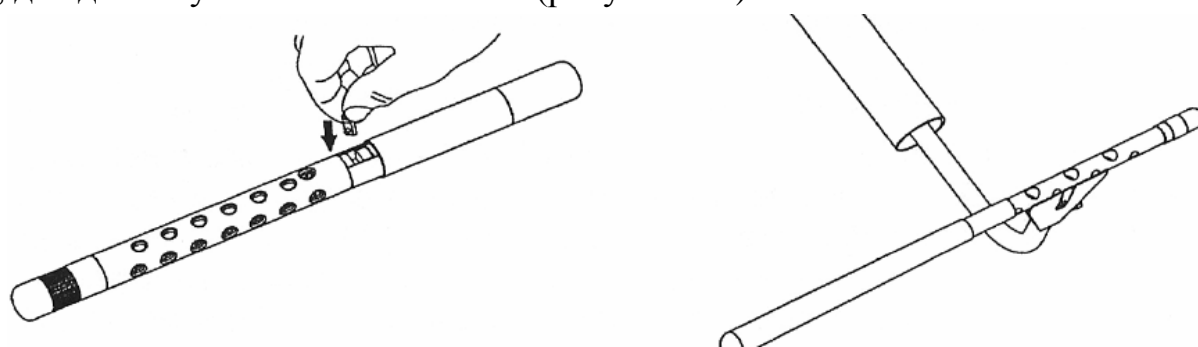


Рисунок 2.4. Установка контрольного светофильтра

5) При этом на дисплее отобразится измеренное значение коэффициента поглощения контрольного светофильтра. Показания на дисплее прибора должны соответствовать данным, нанесенным на светофильтре в пределах $\pm 0,05 \text{ м}^{-1}$ от указанного значения при температуре окружающего воздуха $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$. Если показания прибора не соответствуют значению контрольного светофильтра, вынуть свето-фильтр из гнезда, закрыть шторку и повторить операции. Для выхода в меню нажать кнопку ОТМЕНА.

6) Привести пробозаборник в рабочее состояние. Соединить рассекатель с трубкой пробозаборника и зафиксировать в рабочем положении при помощи винта (рисунок 2.5).

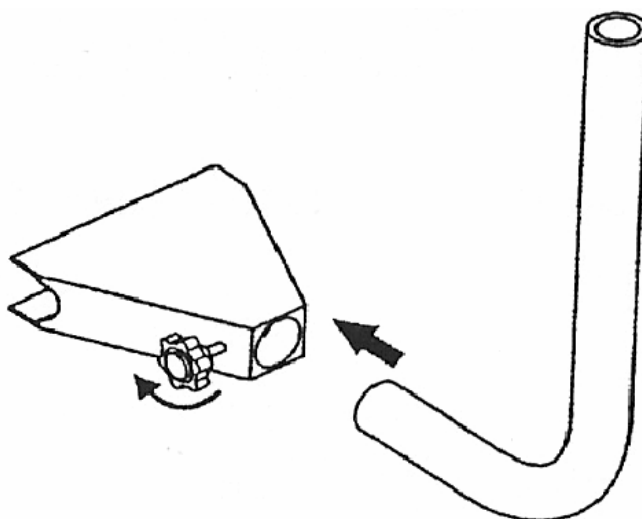


Рисунок 2.5. Сборка пробозаборника

Присоединить рассекатель к оптическому датчику симметрично относительно отверстий измерительной камеры оптического датчика. При этом направляющий паз оптического датчика необходимо совместить с направляющим выступом рассекателя (рисунок 2.6).

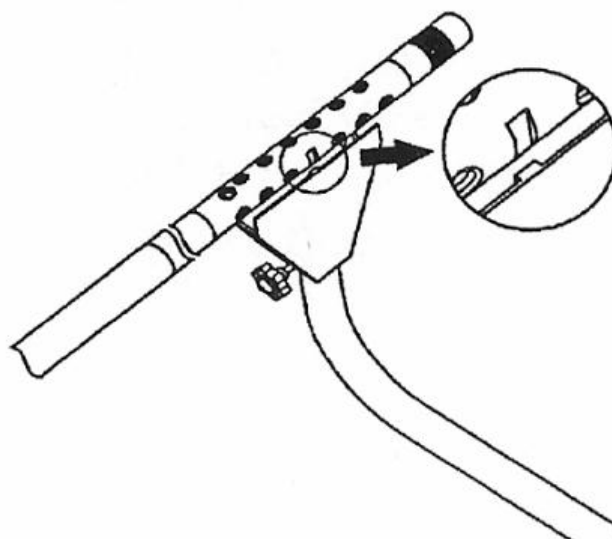


Рисунок 2.6. Соединение пробозаборника с оптическим датчиком

3.2. Методика определения дымности отработавших газов автомобилей.

1. Измерения дымности ОГ в режиме свободного ускорения.

Для измерения дымности ОГ в режиме свободного ускорения использовать режим измерения пиковых значений дымности.

1.1. Для этого кнопкой ВЫБОР установить курсор на "УСКОР" и нажать кнопку ВВОД. Не следует проводить запуск рабочих режимов при наличии отработавших газов в измерительном канале оптического датчика. Это приводит к искажению результатов измерений

1.2. Дать команду водителю автомобиля разогнать двигатель от холостых оборотов до максимальных перемещением педали подачи топлива за 0,5 - 1,0 сек

до упора, удерживать ее в этом положении 2 - 3 сек, затем отпустить. Повторить операцию несколько раз для очистки выпускной системы автомобиля.

1.3. Приступить к измерениям дымности сразу после подготовительных операций. Для этого установить изогнутую пробозаборную трубку в выпускную систему автомобиля и разогнать двигатель аналогично шесть раз подряд с интервалом 8 – 10 секунд.

В паузах между ускорениями на дисплее в течение двух секунд отображается результат пикового значения дымности в виде:

$KX = X,XX \text{ 1/м}$ $NX = XX,X \%$

1.4. После завершения шести ускорений нажать кнопку ОТМЕНА и отпустить ее после появления надписи ПРОСМОТР РЕЗУЛЬТАТОВ. При этом прибор вычисляет среднее арифметическое значение из четырех последних измеренных результатов, которое при просмотре отображается в виде:

$K^* = X,XX \text{ 1/м}$ $N^* = XX,X \%$

Если Вы произвели большее число ускорений, то после 10 ускорений прибор производит вычисление среднего значения автоматически.

1.5. Результаты четырех последних измерений пиковых значений дымности и их среднее значение можно просмотреть на дисплее нажатием кнопки ВЫБОР.

Для выхода в меню режимов нажать кнопку ОТМЕНА. При этом результаты измерений теряются.

1.6. Дымность ОГ автомобилей с отдельной выпускной системой измеряют в каждой выпускной трубе. За результат измерения принимают максимальное среднеарифметическое значение, полученное в одной из выпускных труб.

1.7. Контроль базового отсчета и коррекцию нуля прибора производить после выноса оптического датчика из зоны действия отработавших газов с выдержкой паузы 60 секунд для естественной вентиляции измерительного канала от остатков отработавших газов.

При необходимости цикл ускорений дизеля может быть сокращен до любого числа, но не менее четырех. Допускается вводить пробозаборник прибора и измерять дымность при четырех последних разгонах двигателя.

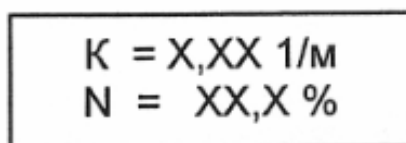
1.8. При одиночном измерении пикового значения дымности после индикации результата нажать кнопку ОТМЕНА и отпустить ее после появления надписи "ПРОСМОТР РЕЗУЛЬТАТОВ".

Для выхода в меню режимов нажать кнопку ОТМЕНА.

1.9. Контроль базового отсчета и коррекцию нуля прибора производить после выноса оптического датчика из зоны действия отработавших газов с выдержкой паузы 60 секунд для естественной вентиляции измерительного канала от остатков отработавших газов.

2. Измерение дымности отработавших газов в режиме максимального числа оборотов вала двигателя.

2.1. Установить курсор в меню режимов в положение "ТЕК" и нажать кнопку ВВОД. Автоматически выполняется коррекция нуля, на дисплее на две секунды индицируется остаток заряда аккумуляторной батареи в % (БАТ XXX%), затем прибор непрерывно измеряет и отображает текущее значение дымности, при этом мигает двоеточие.



2.2. Дать команду водителю автомобиля нажать педаль подачи топлива до упора и разогнать двигатель до максимального числа оборотов. Через 15 секунд ввести трубку пробозаборника в выхлопную трубу.

2.3. Для выхода в меню режимов нажать кнопку ОТМЕНА. При этом результаты измерений теряются.

После проведения измерений дымности в двух режимах, результаты следует занести в таблицу 2.3 и сделать выводы о качестве отработавших газов.

Таблица 2.3. Результаты измерений и регулировок.

№ п/п	Измеряемый параметр	Технические условия		Величина измерения параметра или состояние системы
		Предельно допустимое значение показателя $K_{\text{доп}}, \text{м}^{-1}$	Предельно допустимое значение показателя $N_{\text{доп}}, \%$	
1	Дымность ОГ в режиме свободного ускорения для автомобилей с дизелями: - без наддува - с наддувом	1,2	40	
		1,6	50	
2	Дымность ОГ в режиме максимальной частоты вращения	0,4	15	
3	Состояние системы питания			
4	Состояние системы выпуска			

Содержание отчёта

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

Контрольные вопросы

1. Расскажите о назначении прибора МЕНА–01 МП 0.1.
2. Каков принцип действия прибора для измерения дымности отработавших газов?
3. Опишите методику исследования дымности отработавших газов.
4. Как подготовить автомобиль для проверки дымности отработавших газов?

Лабораторная работа №2 «Измерение дымности отработавших газов дизельных двигателей автомобилей» 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