



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Транспортные системы и технологии»

ТРАНСПОРТНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Лабораторный практикум

**Минск
БНТУ
2017**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Транспортные системы и технологии»

ТРАНСПОРТНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Лабораторный практикум для студентов специальностей
1-44 01 01 «Организация перевозок и управление
на автомобильном и городском транспорте»,
1-44 01 02 «Организация дорожного движения»
и 1-44 01 06 «Эксплуатация интеллектуальных транспортных
систем на автомобильном и городском транспорте»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области транспорта
и транспортной деятельности*

Минск
БНТУ
2017

УДК 656.13:628.5(076.5)

ББК 39я7

Т65

Составители:

С. С. Семченков, Д. В. Капский

Рецензенты:

доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Двигатели

внутреннего сгорания» БНТУ *Г. М. Кухарёнок*;

канд. техн. наук, доцент, директор УП «БАЭС»

Ю. А. Важник

Т65 **Транспортная** экология : лабораторный практикум для студентов специальностей 1-44 01 01 «Организация перевозок и управление на автомобильном и городском транспорте», 1-44 01 02 «Организация дорожного движения» и 1-44 01 06 «Эксплуатация интеллектуальных транспортных систем на автомобильном и городском транспорте» / сост.: С. С. Семченков, Д. В. Капский. – Минск: БНТУ, 2017. – 64 с.

ISBN 978-985-550-648-6.

В лабораторном практикуме приведены задания и методические указания по выполнению студентами лабораторных работ.

УДК 656.13:628.5(076.5)

ББК 39я7

ISBN 978-985-550-648-6

© Белорусский национальный
технический университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

В лабораторном практикуме приводятся задания и методические указания по выполнению студентами специальностей 1-44 01 01 «Организация перевозок и управление на автомобильном и городском транспорте», 1-44 01 02 «Организация дорожного движения» и 1-44 01 06 «Эксплуатация интеллектуальных транспортных систем на автомобильном и городском транспорте» лабораторных работ по изучаемой дисциплине «Транспортная экология».

В результате изучения дисциплины студент, проработав такие вопросы, как взаимодействие транспорта с окружающей средой, загрязнение окружающей среды отработанными газами, пути снижения токсичности отработанных газов, виды топлива, шумовое воздействие транспорта и пути его снижения, другие виды вредного воздействия транспорта, особенности воздействия на окружающую среду различных видов транспорта, технические нормативные правовые акты, регламентирующие экологические нормы, должен:

знать:

- влияние транспорта на окружающую среду;
- действующие экологические нормы;
- меры по снижению воздействия транспорта на окружающую среду;

уметь:

- оценивать влияние транспорта на окружающую среду;
- измерять экологические параметры транспортных средств;
- применять меры по обеспечению экологической безопасности транспортных средств;

владеть:

- методами оценки экологического воздействия транспорта;
- путями снижения вредного воздействия отработанных газов транспортных двигателей;
- методикой расчета экологических потерь при дорожном движении;
- приемами повышения экологичности транспорта.

Лабораторные занятия направлены на закрепление студентами теоретических знаний и приобретение практических умений и навыков по исследованию и повышению экологичности транспорта.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ДВИЖЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Цель работы:

- изучить теоретические основы определения расхода топлива, виды норм топлива и методику расчета расхода топлива по действующим нормативным документам;
- изучить классификацию транспортных средств в соответствии с ТКП 17.08-03–2006;
- произвести расчеты в соответствии с полученным заданием.

Методические указания

Автомобильный транспорт является неотъемлемым звеном многих технологических процессов, удовлетворяя потребности в грузовых и пассажирских перевозках. При этом он является одним из основных источников загрязнения. Количество транспортных средств неуклонно растет, увеличивается интенсивность движения, следовательно, это приводит к увеличению валового выброса вредных веществ.

Основными компонентами отработанных газов являются газообразные вещества, состоящие из продуктов полного и неполного сгорания топлива, избыточный кислород, аэрозоли и различные примеси (как газообразные, так и в виде жидких и твердых частиц).

Важное влияние на выброс вредных веществ оказывают условия эксплуатации автотранспортных средств: климатические, дорожные, сезонные и многие другие.

Большое значение имеют сезонные условия эксплуатации. Например, известно, что в зимний период уменьшается интенсивность движения транспортного потока. Однако за счет большего сопротивления движению автомобиля, снижению пропускной способности дорог увеличивается расход топлива, износ трущихся поверхностей и т. п. В то же время в летний период происходит резкое увеличение интенсивности движения автомобилей, при этом одновременно увеличивается радиус рассеивания тяжелых примесей и т. д.

Факторы условий эксплуатации оказывают влияние на качество протекания рабочих процессов в двигателе и, как следствие, определяют состав и интенсивность поступления тяжелых металлов в окружающую среду. Изменение суммарных выбросов зависит как от состава выбросов вредных веществ, так и от интенсивности поступления их в окружающую среду.

Состав выбросов зависит от типа подвижного состава, количества и качества потребляемого топлива, который может измеряться пробеговыми выбросами вредных веществ с отработанными газами одиночных АТС. Интенсивность поступления вредных веществ характеризуется количеством источников выбросов в единицу времени (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Схема формирования выбросов

Существенное влияние на токсичность отработанных газов оказывают режимы движения автомобиля, которые можно подразделить на установившиеся и неустойчивые. В городских условиях эксплуатации преобладающими являются неустойчивые режимы движения, характеризующиеся постоянным изменением скорости. В общем случае движение автомобиля в городе осуществляется с разгонами, замедлениями, работой двигателя на холостом ходу и движением с относительно установившейся скоростью, причем сочетание этих фаз может быть различным.

Режимы движения, а следовательно, расход топлива и загрязнение воздушного бассейна города определяются геометрическими

характеристиками улично-дорожной сети, типом автомобиля, квалификацией водителя, параметрами транспортного потока и качеством регулирования дорожного движения. Управляя процессом движения автомобиля, можно создавать транспортные потоки, различно воздействующие на окружающую среду.

Большое влияние на загрязнение атмосферы города оказывает интенсивность и скорость движения (рис. 1.2). Разнородность состава транспортного потока (из-за значительных различий тягово-динамических, тормозных, скоростных качеств отдельных транспортных средств) также является причиной частого изменения режимов движения. Так, уменьшение доли грузовых автомобилей в потоке способствует снижению загрязнения атмосферы в районе дороги до 50 %.

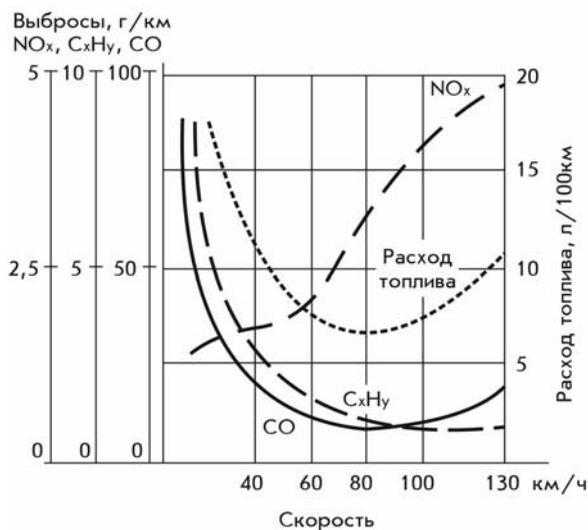
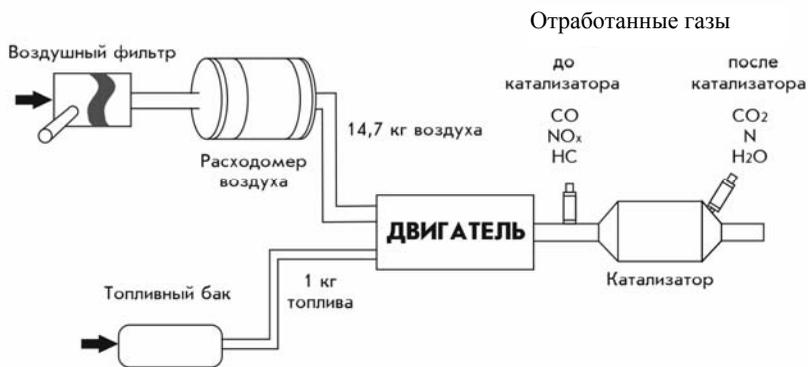


Рис. 1.2. Влияние скорости движения на расход топлива и выбросы вредных веществ

Расход топлива в автомобиле оценивается по его количеству, потраченному на работу двигателя, которое определяется как разность объемов прямого и обратного потоков. Двигатели с искровым зажиганием и электронным дозированием подачи топлива используют расход воздуха (рис. 1.3) в качестве основного управляющего параметра.

Прохождение воздуха



Прохождение топлива

Рис. 1.3. Схема формирования выбросов

Расход воздуха определяется по его прохождению через впускную патрубку двигателя. Соотношение масс воздуха и топлива является важнейшим фактором в химическом процессе сгорания, поэтому фактически производится измерение массы расходуемого воздуха. Оптимальное сгорание 1 кг топлива происходит при использовании 14,7 кг воздуха. Увеличение количества топлива в этой пропорции приведет к содержанию большого количества окиси углерода (CO) и несгоревших углеводородов (HC). Уменьшение количества топлива приведет к содержанию в отработанных газах слишком большого количества оксидов азота (NO_x).

Нормирование расхода топлива стимулирует с точки зрения экологии снижение выбросов вредных веществ, а с точки зрения экономики – снижение затрат на перевозки пассажиров и грузов.

В результате проведения теоретических и экспериментальных работ установлено, что расход топлива можно рассматривать как величину, состоящую из двух частей: одна из них представляет собой постоянные потери энергии в двигателе и затраты ее на передвижение автомобиля, а другая – расход топлива, необходимого для передвижения груза, т. е. для выполнения транспортной работы.

Постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 06.01.2012 № 3 (далее – Постановление № 3) «Об установлении норм расхода топлива в области транспортной

деятельности и признании утратившими силу некоторых нормативно-правовых актов Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь» работа по определению норм расхода топлива поручена единственному сертифицированному для этой цели лицу – Республиканскому унитарному предприятию «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта “Транстехника” (РУП «БелНИИТ “Транстехника”»)).

В Республике Беларусь установлены следующие нормы расхода топлива:

1. Действующие в настоящее время и прошедшие юридическую экспертизу в Министерстве юстиции Республики Беларусь и внесенные в Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь:

1.1. Постоянные: Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 06.01.2012 № 3 «Об установлении норм расхода топлива в области транспортной деятельности и признании утратившими силу некоторых нормативных правовых актов Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь» (в редакции постановлений Минтранса от 02.09.2014 № 31, от 20.01.2016 № 2);

1.2. Рекомендуемые: Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 20.01.2016 № 1 «Об установлении рекомендуемых норм расхода топлива в области транспортной деятельности».

2. Действующие в настоящее время, не прошедшие юридическую экспертизу в Министерстве юстиции Республики Беларусь и не внесенные в Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь: Приказ Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 10.09.2012 № 467-Ц «Об утверждении норм расхода топлива на механические транспортные средства, машины, механизмы и оборудование».

Таким образом, если для автомобиля нет нормы расхода, установленной Постановлением № 3 в последней редакции, то следует воспользоваться Постановлением № 1, затем Приказом № 467-Ц и в случае отсутствия контрольного расхода топлива, установленного заводом-изготовителем, организациям можно установить временную норму расхода топлива с последующим обращением в РУП «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта “Транстехника”».

В общем случае расход топлива определяется:
– для процесса передвижения транспортного средства

$$R = N_{\text{л}} L_{\text{общ}} / 100,$$

где $N_{\text{л}}$ – линейная норма расхода топлива, $\text{л}/100 \text{ км}$ ($\text{куб. м}/100 \text{ км}$);

$L_{\text{общ}}$ – общий плановый пробег автомобиля, км;

– при работе тракторной техники, специального оборудования, в частности отопителей салонов:

$$R = N_{\text{со}} T,$$

где $N_{\text{со}}$ – норма расхода топлива на работу тракторной техники и специального оборудования, л/ч;

T – время работы специального оборудования, ч;

– на выполнение транспортной работы (л/т·км).

Нормы расхода топлива для использования при учете и контроле его расходования механическими транспортными средствами, машинами, механизмами и оборудованием, эксплуатируемыми организациями и индивидуальными предпринимателями, зарегистрированными на территории Республики Беларусь, рассчитываются в соответствии с Инструкцией о порядке применения норм расхода топлива для механических транспортных средств, машин, механизмов и оборудования (Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 31.12.2008 № 141 (в ред. от 27.06.2011) «Об утверждении Инструкции о порядке применения норм расхода топлива для механических транспортных средств, машин, механизмов и оборудования», далее – Инструкция № 141).

В 2006 году впервые в Беларуси был введен ТКП 17.08-03–2006 «Правила расчета выбросов механическими транспортными средствами в населенных пунктах», который установил правила расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух с целью использования этих правил природоохранными органами и организациями градостроительного, транспортно-дорожного профиля, выполняющих проектные работы.

Классификация автомобильного транспорта согласно ТКП 17.08-03–2006 приведена в табл. 1.1, удельное потребление топлива – в табл. 1.2.

Таблица 1.1

Классификация автомобильного транспорта

Состав транспортных средств	Тип транспортного средства (вид потребляемого топлива)	Принимаемое для ТКП-17.08-03–2006 наименование
Легковые автомобили	Мотоциклы	М
	Легковые автомобили (бензин, газ)	ЛБ
	Легковые автомобили (дизтопливо)	ЛД
Грузовые автомобили	Грузовые автомобили до 3,5 тонн (бензин, газ)	ГАБ
	Грузовые автомобили до 3,5 тонн (дизтопливо)	ГАД
	Грузовые автомобили свыше 3,5 тонн	ГД
Автобусы	Автобусы городские и сочлененные	АГ
	Микроавтобусы (газ, бензин)	МАБ (ГАБ)
	Микроавтобусы (газ, дизтопливо)	МАД (ГАД)
	Автобусы междугородные и дальнего следования	АМ

Таблица 1.2

Удельное потребление топлива

Тип ТС	Удельное потребление топлива по ТКП 17.08-03–2006 в зависимости от скорости движения (км/ч), г/авт · км											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
ЛБ	124,6	83,95	68,37	59,40	53,60	50,66	49,44	49,43	50,57	52,79	56,13	60,72
ЛД	90,66	70,00	58,31	50,98	46,40	43,72	42,70	43,11	44,88	48,00	52,53	58,66
ГАБ	167,27	141,05	118,91	100,85	86,87	76,97	71,16	69,42	71,77	78,20	88,71	103,30
ГАД	1,28	1,12	1,00	0,90	0,84	0,81	0,82	0,85	0,92	1,02	1,15	1,32
ГД	342,23	246,32	203,22	177,30	159,49	145,22	143,96	147,59	156,10	169,50	–	–
АГ	413,48	306,53	257,29	227,24	206,37	190,74	–	–	–	–	–	–
АМ	461,29	317,35	254,99	218,32	193,56	178,70	168,20	165,14	169,53	181,37	200,64	227,37
М	25,44	25,47	25,69	26,12	26,76	27,27	28,58	29,72	30,68	31,47	32,08	–

Индивидуальное задание

Произвести расчет нормы расхода топлива по методике ТКП 17.08-03–2006 для различных скоростей движения для заданных пяти марок автомобилей различного типа и проанализировать полученные результаты, установив зависимость между различными параметрами у сравниваемых автомобилей, а также произвести сравнение полученных данных с нормами, рассчитанными в соответствии с Инструкцией № 141, для заданных условий эксплуатации и проанализировать полученные результаты.

Лабораторная работа № 2

РАСЧЕТ ВЫБРОСА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Цель работы:

- изучить методику определения выбросов вредных веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по магистральным улицам;
- оценить загруженность участка улицы автотранспортом в зависимости от его видов, изучить и сравнить разные улицы по нагрузке на окружающую среду, обусловленную видами автотранспорта и его интенсивностью;
- рассчитать уровень загрязнения воздушной среды.

Методические указания

Основным загрязнителем атмосферного воздуха является автомобильный транспорт. В крупных городах на долю автотранспорта приходится более 70 % всех вредных выбросов в атмосферу. Данная лабораторная работа разработана на основе ТКП 17.08-03–2006, который, в свою очередь, соответствует методологии Европейского Агентства по окружающей среде (European Environment Agency). Требования ТКП 17.08-03–2006 применяют при расчете величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, которые используются:

- при оценке показателей экологического воздействия механических транспортных средств на окружающую среду;
- разработке проектной документации по строительству, реконструкции, расширению, модернизации дорог, паркингов, стоянок;
- обосновании необходимости применения экологически ориентированных мероприятий по организации дорожного движения;
- оценке альтернативных вариантов проектных решений по организации дорожного движения и сравнительной технико-экономической оценке вариантов проектных решений по организации дорожного движения;
- оптимизации управления транспортом и дорожным движением;
- обосновании мероприятий по организации дорожного движения, предусматриваемых для предотвращения или снижения вредного воздействия выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов от механических транспортных средств на атмосферный воздух и на изменение климата;
- оценке уровня воздействия планируемой хозяйственной и иной деятельности при строительстве, реконструкции, расширении, модернизации улиц с учетом анализа перспективного развития транспортной инфраструктуры, улично-дорожной сети в радиусе 2 км от границ улицы;
- разработке моделей и программных средств в сфере экологического мониторинга, организации и управления транспортом и дорожным движением в городе;
- иных мероприятиях по охране атмосферного воздуха.

Удельные показатели выбросов, содержащиеся в ТКП 17.08-03–2006, корректируются не реже одного раза в три года, а также в зависимости от состояния автомобильного парка, системы управления транспортом и дорожным движением по населенным пунктам и по времени расчета на основании экспертных заключений организаций, уполномоченных Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

ТКП-17.08-03–2006 предназначен для использования как природоохранными органами, так и организациями градостроительного и транспортно-дорожного профиля, выполняющими проектирование транспортной инфраструктуры и организации движения на городских магистралях и других элементах улично-дорожной сети населенных пунктов (далее – УДС).

Для целей ТКП-17.08-03–2006 в соответствии со способом расчета вещества выделяются в четыре группы, которые представлены в табл. 2.1–2.4.

Таблица 2.1

Вещества группы 1 (вещества, выбросы которых определяются различными режимами движения МТС)

Наименование вещества	Эквивалент
Углерода оксид	CO
Азота оксиды	NO _x
Твердые частицы	PM
Летучие органические соединения (ЛОС), в том числе:	VOC
Метан	CH ₄
Неметановые летучие органические соединения (НМЛОС)	NMVOС

Таблица 2.2

Вещества группы 2 (вещества, выбросы которых зависят от потребления топлива МТС и определяются как доля потребления топлива)

Наименование вещества	Эквивалент
Углерода диоксид	CO ₂
Серы диоксид	SO ₂
Кадмий	Cd
Хром	Cr
Медь	Cu
Никель	Ni
Селен	Se
Цинк	Zn

Таблица 2.3

Вещества группы 3 (вещества, выбросы которых определяются в зависимости от пробега МТС)

Наименование вещества	Эквивалент
Аммиак	NH_3
Азота закись	N_2O
Полиароматические углеводороды и стойкие органические соединения	Бензо(а)пирен Индено(1, 2, 3- <i>d</i>)пирен Бензо(к)флюорантен Бензо(б)флюорантен Бензо(ghi)перилен Флюорантен
Полихлорированные дибензодоксины и полихлорированные дибензофураны	Диоксины, фураны

Таблица 2.4

Вещества группы 4 (детализированные неметановые летучие органические соединения, которые определяются как доля общего выброса неметановых летучих органических соединений НМЛОС)

Наименование вещества	Эквивалент
Алканы ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$)	Алканы
Алкены (C_nH_{2n})	Алкены
Алкины ($\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$)	Алкины
Альдегиды ($\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$)	Альдегиды
Кетоны ($\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$)	Кетоны
Циклоалканы (C_nH_{2n})	Циклоалканы
Ароматические углеводороды ($\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$)	Ароматические углеводороды

Для целей ТКП 17.08-03–2006 в качестве расчетных типов используются МТС, классифицируемые согласно ГОСТ 31286 и используемому виду топлива, которые представлены в табл. 1.1.

При расчете выбросов загрязняющих веществ используются три градации МТС согласно табл. 2.5–2.7. Градация МТС-1 (см. табл. 2.5) используется при расчете выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов на основе данных натуральных обследований транспортного потока; градация МТС-2 (см. табл. 2.6) используется при расчете выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов на основе данных прогнозируемой транспортной нагрузки; градация МТС-3 (см. табл. 2.7) используется при расчете выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в случае отсутствия данных о структуре транспортного потока либо при автоматизированном сборе данных при помощи детекторов транспорта.

Таблица 2.5

Градация МТС-1 (натурные обследования)

Состав транспортных средств	Доля Δ_m	Расчетная модель
Мотоциклы	100 %	М
Легковые автомобили	80 %	ЛБ
	20 %	ЛД
Грузовые автомобили до 3,5 тонн	40 %	ГАБ
	60 %	ГАД
Грузовые автомобили свыше 3,5 тонн	100 %	ГД
Автобусы городские и сочлененные	100 %	АГ
Автобусы до 5 тонн	40 %	ГАБ
	60 %	ГАД
Автобусы междугородние и дальнего следования	100 %	АМ

Таблица 2.6

Градации МТС-2 (прогнозируемая нагрузка)

Состав транспортных средств	Доля Δ_m	Расчетная модель
Легковые автомобили	1 %	М
	79 %	ЛБ
	20 %	ЛД
Грузовые автомобили	35 %	ГАБ
	55 %	ГАД
	10 %	ГД
Автобусы	40 %	АГ
	25 %	ГАБ
	25 %	ГАД
	10 %	АМ

Таблица 2.7

Градации МТС-3 (детекторы и другие случаи)

Состав транспортных средств	Доля Δ_m	Расчетная модель
Легковые автомобили	1 %	М
	79 %	ЛБ
	20 %	ЛД
Остальные МТС	28 %	ГАБ
	44 %	ГАД
	8 %	ГД
	16 %	АГ
	4 %	АМ

Методика расчета

А) Определение параметров дорожного движения

Для расчетов выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов используются следующие параметры дорожного движения:

- объем движения МТС;
- скорость движения транспортного потока;
- длина участка УДС;
- количество остановок транспортного потока;
- количество задержек транспортного потока.

Определение параметров дорожного движения может производиться любым известным натурным или расчетным способом, при этом применение методик определения этих параметров должно быть обосновано для обеспечения заданной точности и репрезентативности.

Объем движения МТС O_j – определяется как количество МТС j -типа, прошедших заданный участок УДС за расчетный период, по результатам натурных обследований, измерений детекторами транспорта, прогноза расчетными моделями и т. д. с учетом суточной, недельной, сезонной неравномерности либо рассчитывается по формуле

$$O_j = \Delta_m (\Delta_j Q T), \quad (2.1)$$

где Δ_m – доля МТС данной расчетной модели в соответствии с принятой градацией (см. табл. 1.1), % (доли);

Δ_j – доля МТС j -го типа в составе транспортного потока, % (доли);

Q – средняя расчетная интенсивность движения (часовая), авт./ч; при определении максимально разовых выбросов (грамм в секунду) в качестве средней расчетной интенсивности выбирается максимальная интенсивность движения в самый неблагоприятный момент времени;

T – расчетный фонд времени, определяемый как количество часов за расчетный период с условиями транспортной нагрузки, соответствующими средней расчетной интенсивности движения, ч.

Скорость движения V – определяется как скорость сообщения соответствующего транспортного потока на всем протяжении участка УДС.

Длина участка УДС L – определяется по траектории движения соответствующего транспортного потока по геоподоснове, чертежам архитектурно-строительных проектов, проектов ОДД, методами анализа фото- и видеоизображений (фотограммометрии), натурного измерения расстояний.

Удельное количество остановок S – определяется как количество зафиксированных остановок (торможений-разгонов) транспортных средств соответствующего транспортного потока, отнесенное к общему количеству прошедших транспортных средств соответствующего транспортного потока. Количество остановок может быть получено по результатам натурного обследования количества остановок, анализа видеозаписи, анализа очереди и импульса интенсивности, прогноза расчетными моделями и другими методами.

Удельная задержка D – определяется как время нахождения транспортных средств соответствующего транспортного потока в неподвижном состоянии «на холостом ходу», отнесенное к общему количеству прошедших транспортных средств соответствующего транспортного потока. Задержки могут быть получены по результатам натурного измерения времени задержки, анализа видеозаписи, анализа очереди и импульса интенсивности, прогноза расчетными моделями.

Б) Расчет выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов

Выбросы веществ группы 1 E_i^1 – определяются как сумма выбросов: 1) при движении транспортного потока; 2) остановке (торможении-разгоне) и 3) задержке (работе «на холостом ходу») и рассчитываются по формуле

$$E_i^1 = (E_i^m + E_i^s + E_i^d) K_1 K_2 K_3, \quad (2.2)$$

где E_i^m – выбросы i -го вещества в атмосферный воздух при движении транспортного потока, г;

E_i^s – выбросы i -го вещества в атмосферный воздух при остановке (торможении-разгоне), г;

E_i^d – выбросы i -го вещества в атмосферный воздух при задержке движения (работе «на холостом ходу»), г;

K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий долю в транспортном потоке МТС расчетных моделей ЛБ и ЛД с холодным (не разогретым) двигателем, определяется по табл. А1;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий продольный уклон проезжей части (табл. А8);

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние покрытия проезжей части.

Выбросы i -го вещества E_i^m в атмосферный воздух при движении транспортного потока рассчитываются по формуле

$$E_i^m = \sum_{j=1}^n q_{ij}^m LO_j, \quad (2.3)$$

где q_{ij}^m – удельные выбросы i -го вещества при движении j -го типа МТС в зависимости от скорости движения V , г/авт · км (грамм на один автомобиль на один километр); определяются по табл. А2;

V – скорость транспортного потока, км/ч;

L – длина участка УДС, км;

O_j – объем движения j -го типа МТС, авт.;

n – количество типов МТС, определяемое по табл. 1.1.

Выбросы i -го вещества E_i^s в атмосферный воздух при остановке (торможении-разгоне) транспортного потока, рассчитываются по формуле

$$E_i^s = \sum_{j=1}^n q_{ij}^s SKO_j, \quad (2.4)$$

где q_{ij}^s – удельные выбросы i -го вещества при остановке (торможении-разгоне) j -го типа МТС, г/ост. (грамм на одну остановку); определяются по табл. А3;

S – удельное количество остановок транспортного потока, ост./авт. (остановок на один автомобиль);

K – коэффициент коррекции выбросов в зависимости от скорости движения транспортного потока; определяется по табл. А4;

O_j – объем движения j -го типа МТС, авт.;

n – количество типов МТС, определяемое по табл. 1.1.

Выбросы i -го вещества E_i^d в атмосферный воздух при задержке движения (работе «на холостом ходу») рассчитываются по формуле

$$E_i^d = \sum_{j=1}^n q_{ij}^d DO_j, \quad (2.5)$$

где q_{ij}^d – удельные выбросы i -го вещества при задержке j -го типа МТС, г/мин; определяются по табл. А5;

D – удельная задержка транспортного потока, мин/авт. (минут на один автомобиль);

O – объем движения j -го типа МТС, авт.;

n – количество типов МТС, определяемое по табл. 1.1.

Выбросы неметановых летучих органических соединений (НМЛОС) определяются как разница между выбросами летучих органических соединений (ЛОС) и выбросами метана по формуле

$$E_{\text{NMVOC}}^1 = E_{\text{VOC}}^1 - E_{\text{CH}_4}^1,$$

где E_{VOC}^1 – выбросы летучих органических соединений (ЛОС);

$E_{\text{CH}_4}^1$ – выбросы метана, рассчитанные в соответствии с формулой (2.2), г.

Выбросы веществ группы 2 E_i^2 определяются как доля от потребленного топлива при движении транспортного потока, при остановке (торможении-разгоне) и задержке (работе «на холостом ходу») и рассчитываются по формуле

$$E_i^2 = 10^{-3} \sum_{j=1}^n q_{ij}^2 F_j,$$

где q_{ij}^2 – удельное содержание i -го вещества группы 2 в продуктах сгорания топлива, г/кг (грамм на килограмм топлива); определяется по табл. Б1;

n – количество типов МТС, определяемое по табл. 1.1;

F_j – потребленное топливо МТС j -го типа в зависимости от скорости движения V (г), определяемое по формуле

$$F_j = (F_j^m + F_j^s + F_j^d) K_1 K_2 K_3,$$

где $F_j^m = \sum_{i=1}^n q_{ij}^m LO_j$ – потребленное топливо при движении транс-

портного потока, г (q_{ij}^m – удельное потребление топлива при движении j -го типа МТС в зависимости от скорости движения V , г/авт · км; определяется по табл. А2;

$F_j^s = \sum_{i=1}^n q_{ij}^s SKO_j$ – потребленное топливо при остановке (тормо-

жении-разгоне) транспортного потока, г (q_{ij}^s – удельное потребление топлива при остановке (торможении-разгоне) j -го типа транспортного средства, г/ост; определяется по табл. А3);

$F_j^d = \sum_{i=1}^n q_{ij}^d DO_j$ – потребленное топливо при задержке (работе

«на холостом ходу») транспортного потока, г (q_{ij}^d – удельное потребление топлива при задержке (работе «на холостом ходу») j -го типа МТС г/мин; определяется по табл. А5).

L, O_j, D, S, K, n – то же, что в формулах (2.3–2.5).

Выбросы веществ группы 3 E_i^3 определяются в зависимости от пробега МТС и рассчитываются по формуле

$$E_i^3 = \sum_{j=1}^n q_{ij}^3 LO_j,$$

где q_{ij}^3 – удельные выбросы i -го вещества группы 3 при пробеге j -го типа МТС, г/авт · км; определяются по табл. Б2;

L – длина участка УДС, км;

O_j – объем движения j -го типа транспортного средства, авт.; определяется в соответствии с формулой (2.1);

n – количество типов МТС, определяемое по табл. 1.1.

Выбросы веществ группы 4 E_i^4 определяются как доли от рассчитанных в соответствии с формулой (2.1) выбросов неметановых летучих органических соединений (НМЛОС – E_{NMVOC}^1) по формуле

$$E_i^4 = E_{\text{NMVOC}}^1 \Delta_i^4 + E_{\text{ev}} \Delta_{\text{ev}},$$

где Δ_i^4 – доля i -го вещества группы 4 в НМЛОС, %; определяется по табл. Б3;

E_{ev} – выброс летучих органических соединений (ЛОС) только для расчетной модели ЛБ при испарении из топливной системы вне процесса сгорания, г; определяется по формуле

$$E_{\text{ev}} = q_v LO_j + N_p q_p T + N_o q_o T,$$

где q_v – выброс летучих органических соединений (ЛОС) при испарении из топливной системы при движении МТС, г/авт · км; определяется по табл. А7;

L – длина участка УДС, км;

O_j – объем движения j -го типа транспортного средства, авт.;

N_p – среднее количество МТС на стоянке (загрузка стоянки), авт. (принимается $N_p = 0,1$ ЛБ);

q_p – удельный выброс летучих органических соединений (ЛОС) при испарении из топливного бака при стоянке МТС из-за суточного колебания температур, г/(сут · авт.) (грамм в сутки на один автомобиль); определяется по табл. А7;

N_o – среднее количество постановок на стоянку МТС, авт. (принимается $N_o = 3$);

q_o – удельный выброс летучих органических соединений (ЛОС) при остывании МТС, г/(сут · авт.); определяется по табл. А7;

T – продолжительность расчетного периода, сут;

Δ_{ev} – доля i -го вещества группы 4 в НМЛОС, испаряющегося из топливной системы, %; определяется по табл. Б4.

ТКП 17.08-03–2006 позволяет произвести оценку воздействия на атмосферный воздух выбросов загрязняющих веществ и на изменение климата выбросов парниковых газов.

Дополнительно с основными обязанностями предприятий при эксплуатации мобильных источников выбросов можно ознакомиться в прил. В.

Индивидуальное задание

Рассчитать объем движения автотранспорта на участке за T часов на дату и суммарный выброс веществ от всех механических транспортных средств (МТС), если средняя расчетная интенсивность движения автомобилей на участке Q (место проведения наблюдений и время проведения определяется преподавателем). Средняя скорость на участке – V , соотношение МТС в транспортном потоке – Л/Г/А, % (доля Δ_j), длина участка – L , среднее количество остановок на участке – S , среднее время задержки на один автомобиль – D .

Градация МТС, продольный уклон, состояние покрытия и условия движения – по заданному условию задания. Средний пробег МТС всех типов – X . По результатам расчета графически отобразить суммарный выброс загрязняющих веществ каждой группы за расчетный период, а также проанализировать в разрезе веществ: оксид углерода, оксиды азота, летучие органические соединения, метан, твердые частицы, НМЛОС.

Лабораторная работа № 3

НОРМЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ С ДИЗЕЛЯМИ

Цель работы:

- изучить СТБ 2169–2011 «Транспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия, дымность отработанных газов, нормы и методы измерения»;
- ознакомиться с нормами и методами измерения дымности отработанных газов в режиме свободного ускорения для механических транспортных средств;
- изучить требования безопасности при проведении измерений.

Методические указания

В связи с отменой на территории Республики Беларусь ГОСТ 21393–75 разработан и введен в действие с 01.01.2012 *СТБ 2169–2011 «Транспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия, дымность отработанных газов, нормы и методы измерения»*. Данный документ устанавливает нормы и методы измерения дымности отработанных газов в режиме свободного ускорения (режим увеличения частоты вращения коленчатого вала двигателя транспортного средства от минимальной до максимальной частоты вращения в режиме холостого хода при перемещении педали до упора) для механических транспортных средств и распространяется на находящиеся в эксплуатации транспортные средства категорий М и N, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия, работающие на дизельном топливе. Структура выбросов вредных веществ транспортными средствами, оснащенными дизельными двигателями приведена на рис. 3.1.

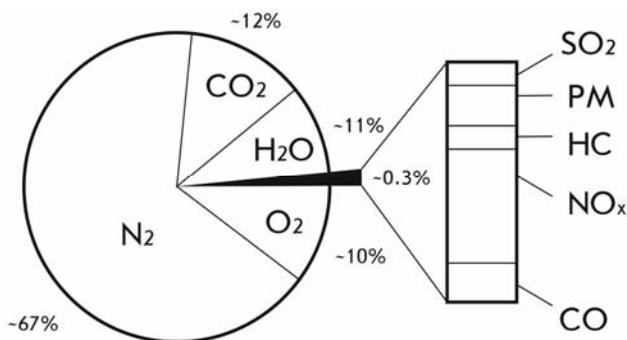


Рис. 3.1. Состав выбросов отработанных газов транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия

Методика, установленная стандартом, применяется для измерения дымности в следующих случаях:

- при контроле технического состояния находящихся в эксплуатации ТС в установленном порядке специально уполномоченными органами;

- на предприятиях, эксплуатирующих и обслуживающих ТС, при техническом обслуживании, ремонте и регулировке агрегатов, узлов и систем, влияющих на дымность отработанных газов;

- на предприятиях, осуществляющих капитальный ремонт ТС.

Дымность – это выброс видимых загрязняющих веществ отработанных газов транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия, характеризующийся коэффициентом поглощения света k . Для измерения коэффициента поглощения света k используется прибор дымомер. Системы, агрегаты, сборочные единицы и детали ТС, влияющие на дымность, должны быть сконструированы, изготовлены и установлены таким образом, чтобы дымность ТС не превышала установленных норм в период всего срока эксплуатации ТС при условии соблюдения правил эксплуатации и технического обслуживания, указанных в прилагаемом к ТС руководстве (инструкции) по эксплуатации.

Нормируемым параметром дымности является коэффициент поглощения света k . Коэффициент поглощения света k (m^{-1}) – это величина, обратная толщине слоя отработанных газов, проходя который поток излучения от источника света дымомера ослабляется в e раз. Дымность ТС не должна превышать величину предельно

допустимого значения коэффициента поглощения K_L (м^{-1}) (табл. 3.1), которое может быть установлено изготовителем или указано:

- в сообщении об официальном утверждении типа двигателя;
- знаке официального утверждения, нанесенном на двигатель или ТС в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 24 или Директивой 72/306/ЕЕС;
- сертификате соответствия двигателя или его эксплуатационной документации.

Таблица 3.1

Предельно допустимый коэффициент поглощения
для автомобилей различных классов

Экологический класс ТС по СТЬ 1848	Дымность по предельно допустимому коэффициенту поглощения K_L , м^{-1} не более	Пункт требований Правил ЕЭК ООН № 49
1 и ниже *	2,5(3,0) **	–
2	1,2(1,6) **	–
3	0,8	5.2.1, табл. 1, строка А
4	0,5	5.2.1, табл. 1, строка В1
5	0,5	5.2.1, табл. 1, строка В2
6	0,15	5.2.1, табл. 1, строка С

* ТС, для которых экологический класс не установлен.

** Значения в скобках приведены для двигателей с наддувом.

Для ТС экологических классов 3–6 при достижении пробега 150 000 км и более значения могут быть увеличены на 20 %.

В случае отсутствия информации о значении предельно допустимого коэффициента поглощения K_L для конкретного двигателя или ТС дымность не должна превышать значения, приведенные в табл. 3.1. Дымность ТС, которые работают на двух видах топлива (дизельном и газовом), проверяют при работе на дизельном топливе. Дымность ТС, которые работают на газовом топливе, но имеют работающую на дизельном топливе систему, предназначенную только для целей запуска двигателя (объем бака для дизельного топлива не более 15 л), не проверяют. Дымность гибридных электромобилей проверяют в порядке, указанном в руководстве по эксплуатации ТС.

Методика измерений

Измерения дымности отработанных газов проводятся в соответствии с изложенной в СТБ 2169–2011 методикой.

Для проведения измерений должны быть выполнены нижеприведенные условия.

1. Температура окружающего воздуха, атмосферное давление, относительная влажность в месте расположения дымомера и другие условия его использования должны соответствовать требованиям, указанным в руководстве по эксплуатации конкретного прибора.

2. Система выпуска, включая систему очистки отработанных газов от загрязняющих веществ, должна быть полностью укомплектована, герметична и не иметь повреждения.

3. Для измерения k следует применять дымомер с пределом допускаемой абсолютной погрешности не более $0,025 \text{ м}^{-1}$ при коэффициенте поглощения света $1,7 \text{ м}^{-1}$.

4. Для измерения температуры масла в поддоне картера двигателя следует применять термометр с диапазоном от $0 \text{ }^\circ\text{C}$ до $150 \text{ }^\circ\text{C}$ и погрешностью измерений не более $\pm 5 \%$ верхнего значения диапазона измерений.

5. Для измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя следует применять тахометр с диапазоном от 0 до $10\,000 \text{ мин}^{-1}$ и погрешностью измерений не более $\pm 5 \%$ верхнего значения диапазона измерений.

6. Применяемые средства измерений должны быть проверены в установленном порядке и иметь действующие свидетельства о поверке.

7. Для подвода отработанных газов из выпускной трубы ТС в измерительную камеру дымомера следует использовать пробоотборную систему, обеспечивающую отсутствие утечек газов и подсоса воздуха. Пробоотборная система должна соответствовать требованиям Правил ЕЭК ООН № 24.

8. Дымомер должен быть подготовлен к измерениям в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации. При необходимости устанавливают датчики температуры масла и частоты вращения.

9. Запускают и прогревают двигатель до рабочей температуры моторного масла. Температура должна быть в пределах, установлен-

ных изготовителем ТС. Если требования изготовителя к диапазону температур отсутствуют, то температура должна быть не ниже 80 °С.

Если из-за конструкции ТС невозможно измерить температуру моторного масла, то определение достижения двигателем рабочей температуры может быть произведено другими методами, например, по работе системы охлаждения двигателя (по показаниям указателя температуры охлаждающей жидкости на панели приборов ТС или по включению вентилятора системы охлаждения двигателя).

10. Измеряют значения n_{\min} и n_{\max} , которые должны быть в пределах, установленных изготовителем ТС.

Измерение дымности отработанных газов конкретного транспортного средства начинают с выполнения следующих подготовительных операций:

- на ТС останавливают двигатель (при его работе);
- отключают устройство запуска холодного двигателя на ТС;
- ТС затормаживают стояночной тормозной системой;
- устанавливают противооткатные упоры под колеса ведущих мостов (для ТС категорий М2, М3, N2 и N3);
- устанавливают зонд для отбора отработанных газов из выпускной трубы в дымомер;
- рычаг переключения передач для ТС с механической коробкой передач устанавливают в нейтральное положение, избиратель скорости для ТС с автоматической коробкой передач – в положение «Р» (парковка, стоянка).

Непосредственное измерение дымности в режиме свободного ускорения проводят в следующей последовательности:

- запускают двигатель;
- при работе двигателя в режиме «холостого хода» на n_{\min} равномерно быстрым (не более 1 с), но не резким нажатием перемещают педаль подачи топлива до упора. Держат педаль в этом положении до достижения установившейся работы на n_{\max} (не менее 1 с). Отпускают педаль и через 10 с приступают к выполнению следующего цикла свободного ускорения;
- циклы свободного ускорения повторяют не менее шести раз (три цикла для продувки системы выпуска отработанных газов, три цикла для измерения коэффициента поглощения);
- измеряют значение k на последних трех циклах свободного ускорения по максимальному показанию дымомера;

- измеренные значения k считают достоверными, если три последовательных значения располагаются в зоне шириной $0,25 \text{ м}^{-1}$;
- определяют среднеарифметическое значение k_{cp} трех последних измерений, которое принимают за результат измерения.

График зависимости частоты вращения n и дымности по коэффициенту поглощения света k от времени t в процессе одного цикла свободного ускорения приведен на рис. 3.2.

Примечание. Дымность ТС с отдельной выпускной системой измеряют в каждой выпускной трубе. За результат измерения принимают максимальное среднеарифметическое значение k_{cp} , полученное в одной из выпускных труб, при условии, что результаты измерения дымности каждой выпускной трубы не превышают предельно допустимое значение дымности.

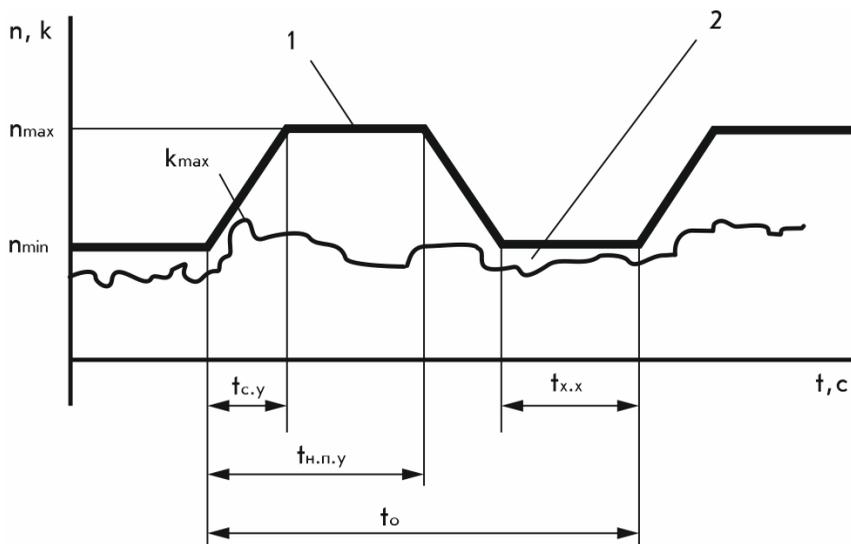


Рис. 3.2. Характерные формы графиков зависимости частоты вращения n и дымности k от времени t за один цикл свободного ускорения:

- 1 – график изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- 2 – график изменения дымности отработанных газов по коэффициенту поглощения; n_{min} – минимальная частота вращения, 1/мин; n_{max} – максимальная частота вращения, 1/мин; $t_о$ – общее время одного цикла свободного ускорения, с; $t_{\text{с.у}}$ – время свободного ускорения (не менее 1 с), с; $t_{\text{н.п.у}}$ – время нажатой педали (не менее 2 с), с; $t_{\text{х.х}}$ – время работы на «холостом ходу» (не менее 10 с), с; k_{max} – максимальное значение дымности в режиме свободного ускорения

Для двигателей, оборудованных связанной или механически соединенной с двигателем системой наддува нагнетаемого воздуха, которая может отключаться, проводят два полных этапа измерения (по шесть циклов режима свободного ускорения), причем в первом случае система наддува включается, а в другом – отключается. За результат измерения принимают наибольшее из двух полученных значений.

Требования к безопасности. Места, предназначенные для измерения дымности отработанных газов ТС, должны быть оборудованы принудительной или естественной вентиляцией, обеспечивающей санитарно-гигиенические требования к воздуху в зоне измерений по ГОСТ 12.1.005. Уровень шума в зоне проведения измерений – по ГОСТ 12.1.003. При проведении измерений должны быть приняты меры, исключающие самопроизвольное движение автомобиля (применение стояночной тормозной системы и противооткатных упоров).

Индивидуальное задание

Для заданных марок автомобилей рассчитать выбросы вредных веществ на участке 1 км для одного автомобиля, используя данные табл. А2, CO, NO_x, VOC, CH₄ для скоростей движения 20, 40, 60, 80, 100 км/ч, представить графические зависимости полученных величин и проанализировать их.

Для одного из заданных автомобилей разработать порядок измерений выбросов вредных веществ, используя методику СТБ 2169–2011. Отчет о лабораторной работе может быть оформлен и представлен к защите в виде презентации.

Лабораторная работа № 4

НОРМЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ СОСТАВА ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ С БЕНЗИНОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Цель работы:

- изучить СТБ 2170–2011 «Транспортные средства, оснащенные двигателями с принудительным зажиганием. Выбросы загрязняющих веществ в отработанных газах»;
- ознакомиться с нормами и методами измерения содержания оксида углерода и углеводородов в отработанных газах в режиме «холостого хода» для механических транспортных средств;
- изучить требования безопасности при проведении измерений.

Методические указания

В связи с отменой на территории Республики Беларусь ГОСТ 17.2.2.03–87 разработан и впервые введен в действие с 01.01.2012 СТБ 2170–2011 «Транспортные средства, оснащенные двигателями с принудительным зажиганием. Выбросы загрязняющих веществ в отработанных газах». Данный стандарт устанавливает нормы и методы измерения содержания оксида углерода и углеводородов в отработанных газах в режиме «холостого хода» для механических транспортных средств и распространяется на находящиеся в эксплуатации механические транспортные средства (далее – ТС) категорий М и N, оснащенные двигателями внутреннего сгорания с принудительным зажиганием, работающими на бензине, газовом топливе или бензине и газовом топливе, и не относится к транспортным средствам, полная масса которых составляет менее 400 кг или их максимальная скорость не превышает 50 км/ч. Структура выбросов вредных веществ транспортными средствами с бензиновыми двигателями приведена на рис. 4.1. К газовому топливу в данном стандарте относятся сжиженный углеводородный (нефтяной) газ (далее – СНГ) или компримированный (сжатый) природный газ (далее – СПГ). СТБ 2170–2011 применяется для измерения содержания оксида углерода и углеводородов:

– при контроле технического состояния находящихся в эксплуатации ТС в установленном порядке специально уполномоченными органами;

– на предприятиях, эксплуатирующих и обслуживающих ТС, при техническом обслуживании, ремонте и регулировке агрегатов, узлов и систем, влияющих на выбросы загрязняющих веществ в отработанных газах;

– на предприятиях, осуществляющих капитальный ремонт ТС.

Нормы содержания загрязняющих веществ

Для оценки выбросов загрязняющих веществ в отработанных газах транспортных средств, работающих на бензине или газовом топливе, измеряют содержание оксида углерода и углеводородов в отработанных газах. Содержание оксида углерода и углеводородов в отработанных газах измеряют при работе двигателя в режиме «холодного хода» на минимальной (n_{\min}) и повышенной ($n_{\text{пов}}$) частотах вращения коленчатого вала двигателя, установленных изготовителем ТС. При отсутствии данных изготовителя ТС:

а) значение n_{\min} не должно превышать:

– 1100 мин⁻¹ для ТС категорий М1 и N1;

– 900 мин⁻¹ для ТС остальных категорий;

б) значение $n_{\text{пов}}$ устанавливают в пределах:

– 2000–3500 мин⁻¹ для ТС категорий М1 и N1;

– 2000–2800 мин⁻¹ для ТС остальных категорий.

Содержание оксида углерода и углеводородов (объемные доли) должно быть в пределах данных, установленных изготовителем ТС. Если эти данные отсутствуют, то содержание оксида углерода и углеводородов в отработанных газах ТС, работающих на бензине, не должно превышать значения, указанные в табл. 4.1.

Для ТС с пробегом до 3000 км значения оксида углерода и углеводорода установлены в руководстве (инструкции) по эксплуатации ТС. Системы, агрегаты, сборочные единицы и детали ТС, влияющие на выброс загрязняющих веществ, должны быть сконструированы, изготовлены и установлены таким образом, чтобы выбросы ТС не превышали установленных норм в период всего срока эксплуатации ТС при условии соблюдения правил эксплуатации и технического обслуживания, указанных в прилагаемом к ТС руководстве

(инструкции) по эксплуатации. При наличии у ТС отдельной системы выпуска отработанных газов измерения следует проводить в каждой из выпускных труб. При выявлении повышенного содержания оксида углерода или углеводородов в отработанных газах хотя бы в одной выпускной трубе ТС считается технически неисправным.

Таблица 4.1

Нормы содержания оксида углерода и углеводородов
в отработанных газах ТС

Экологический класс ТС	Категория ТС	Частота вращения	Оксид углерода (CO), объемная доля, %	Углеводороды (CH), объемная доля, млн ⁻¹
1 и ниже *	M1, N1	n_{\min}	3,5	1200
		$n_{\text{пов}}$	2,0	600
	M2, M3, N2, N3	n_{\min}	3,5	2500
		$n_{\text{пов}}$	2,0	1000
2	M1, N1	n_{\min}	1,0	400
		$n_{\text{пов}}$	0,6	200
	M2, M3, N2, N3	n_{\min}	1,0	600
		$n_{\text{пов}}$	0,6	300
3	M1, N1	n_{\min}	0,5	100
		$n_{\text{пов}}$	0,3	
	M2, M3, N2, N3	n_{\min}	0,5	200
		$n_{\text{пов}}$	0,3	
4	M1–M3, N1–N3	n_{\min}	0,3	100
		$n_{\text{пов}}$	0,2	
5	M1–M3, N1–N3	n_{\min}	0,15	100
		$n_{\text{пов}}$	0,1	

* ТС, для которых экологический класс не установлен.

Для ТС экологических классов 3–5 при достижении пробега 150 000 км и более значения могут быть увеличены на 20 %.

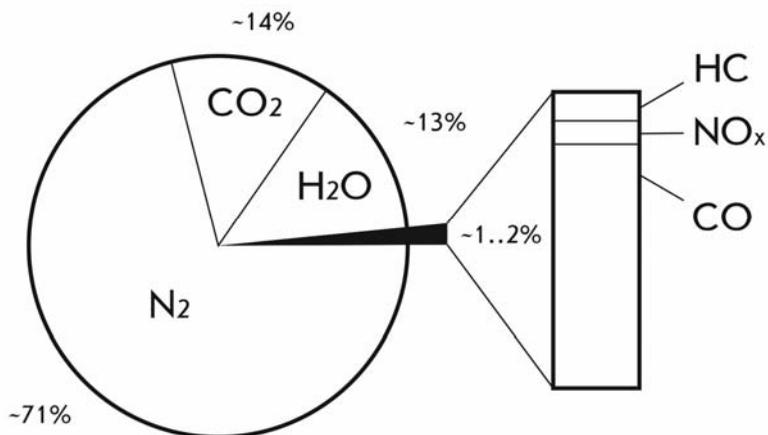


Рис. 4.1. Состав выбросов отработанных газов транспортных средств, оснащенных бензиновыми двигателями

Методы измерений

Условия проведения измерений (температура окружающей среды, атмосферное давление, относительная влажность и др.) должны соответствовать условиям применения средств измерения для получения результатов измерений с требуемой точностью. Для измерения содержания оксида углерода и углеводородов следует применять газоанализаторы с относительной погрешностью измерения не более 5 % верхнего значения диапазона измерений и постоянной времени отклика не более 30 с. Для измерения температуры масла в поддоне картера двигателя следует применять термометр с диапазоном 0°–150 °С и погрешностью измерений не более 5 % верхнего значения диапазона измерений. Для измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя следует применять тахометр с диапазоном 0–10 000 мин⁻¹ и погрешностью измерений не более 5 % верхнего значения диапазона измерений. Применяемые средства измерений должны соответствовать требованиям законодательства Республики Беларусь в области обеспечения единства измерений.

Требования безопасности. Места, предназначенные для измерения содержания оксида углерода и углеводородов в отработанных газах ТС, должны быть оборудованы принудительной или есте-

ственной вентиляцией, обеспечивающей санитарно-гигиенические требования к воздуху в зоне измерений по ГОСТ 12.1.005.

При проведении измерений в закрытом помещении газоотвод, надеваемый на выпускную трубу ТС, должен иметь закрывающееся отверстие для введения пробоотборного зонда газоанализатора. При проведении измерений должны быть приняты меры, исключающие самопроизвольное движение ТС (применение стояночной тормозной системы и противооткатных упоров).

Подготовка к измерениям.

1. Внешним осмотром проверяют наличие на ТС систем и устройств, обеспечивающих снижение выбросов, и их комплектацию. В случае несоответствия комплектации ТС, установленной изготовителем, измерения не проводят и ТС считается неисправным.

2. Устанавливают датчики температуры масла и частоты вращения.

3. Запускают и прогревают двигатель до рабочей температуры моторного масла. Она должна быть в пределах, установленных изготовителем ТС. Если требования изготовителя к диапазону температур отсутствуют, то она должна быть не ниже 80 °С. Если из-за конструкции ТС невозможно измерить температуру моторного масла, то определение достижения двигателем рабочей температуры может быть произведено другими методами, например, по работе системы охлаждения двигателя (по показаниям указателя температуры охлаждающей жидкости на панели приборов ТС или по включению вентилятора системы охлаждения двигателя).

4. Подготовку к измерению выбросов на неподвижно стоящем ТС проводят в следующей последовательности:

- останавливают двигатель (при его работе);
- рычаг переключения передач для ТС с механической коробкой передач устанавливают в нейтральное положение или избиратель скорости для ТС с автоматической коробкой передач устанавливают в положение «Р» (парковка, стоянка);
- затормаживают ТС стояночной тормозной системой;
- устанавливают противооткатные упоры под колеса ведущих мостов (для ТС категорий М2, М3, N2 и N3);
- устанавливают пробоотборный зонд газоанализатора в выпускную трубу ТС на глубину не менее 300 мм от среза (при косом срезе выпускной трубы глубину отсчитывают от короткой кромки среза);

– полностью открывают воздушную заслонку карбюратора (при его наличии).

Порядок измерений выбросов транспортных средств.

1. Перед проведением измерений проверяют и устанавливают нулевые показания газоанализатора на шкалах измерения оксида углерода и углеводородов.

2. Измерение выбросов проводят в следующей последовательности (для ТС, неоснащенных системами нейтрализации отработанных газов):

- запускают двигатель;
- нажимая на педаль, увеличивают частоту вращения коленчатого вала до $n_{\text{пов}}$ и работают в этом режиме не менее 15 с;
- отпускают педаль, устанавливая минимальную частоту вращения вала двигателя, и не ранее чем через 30 с измеряют содержание оксида углерода и углеводородов при частоте n_{min} ;
- устанавливают повышенную частоту вращения вала двигателя и не ранее чем через 30 с измеряют содержание оксида углерода и углеводородов при частоте $n_{\text{пов}}$.

3. На ТС, оснащенных двухкомпонентными или трехкомпонентными системами нейтрализации отработанных газов, измерения выбросов проводят в следующем порядке:

- запускают двигатель;
- нажимая на педаль, увеличивают частоту вращения коленчатого вала двигателя до $n_{\text{пов}}$ и работают в этом режиме не менее 2 мин (при температуре окружающего воздуха ниже 0 °С не менее 4 мин) и после стабилизации показаний измеряют содержание оксида углерода и углеводородов и фиксируют значение коэффициента избытка воздуха, значение которого у ТС, оборудованных трехкомпонентной системой нейтрализации отработанных газов, должно быть в пределах данных, установленных изготовителем ТС. В случае отсутствия указанных данных это значение должно быть 0,97–1,03;
- устанавливают минимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя n_{min} и не ранее чем через 30 с измеряют содержание оксида углерода и углеводородов.

4. На ТС, оснащенных трехкомпонентной системой нейтрализации отработанных газов и БДС, перед измерением содержания оксида углерода и углеводородов проверяют работоспособность

двигателя и системы нейтрализации по показаниям индикатора неисправностей, расположенного на приборной панели:

– при включении зажигания перед пуском двигателя индикатор неисправностей должен быть включен или включаться на короткий промежуток времени; при отсутствии соответствующего сигнала индикатора неисправностей после включения зажигания измерения не проводят и ТС считается неисправным;

– после пуска двигателя индикатор неисправностей должен выключиться; если он при работе двигателя остается во включенном состоянии, измерения не проводят и ТС считается неисправным.

5. При наличии отдельных систем выпуска отработанных газов ТС измерения следует проводить в каждой из выпускных труб. За результат измерения принимают максимальные значения содержания оксида углерода и углеводородов в отработанных газах в одной из выпускных труб.

6. Выбросы гибридных ТС проверяют в порядке, указанном в руководстве по эксплуатации ТС.

Индивидуальное задание

Для заданных марок автомобилей рассчитать выбросы вредных веществ на участке 1 км для одного автомобиля, используя данные табл. А2, CO, NO_x, VOC, CH₄ для скоростей движения 20, 40, 60, 80, 100 км/ч, представить графические зависимости полученных величин и проанализировать их.

Для одного из заданных автомобилей разработать порядок измерений выбросов вредных веществ, используя методику СТБ 2170–2011. Отчет о лабораторной работе может быть оформлен и представлен к защите в виде презентации.

Лабораторная работа № 5

ПРИНЦИПЫ И ПОРЯДОК РАБОТЫ ПРИБОРОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Цель работы:

- изучить принципы и порядок работы приборов по определению токсичности отработанных газов двигателей внутреннего сгорания;
- ознакомиться с конструкцией приборов для определения содержания вредных веществ в отработанных газах автомобиля.

Методические указания

Для проведения измерений выбросов вредных веществ в соответствии с методиками, подробно описанными в лабораторных работах № 3 и № 4, могут быть использованы следующие измерительные приборы:

- газоанализаторы DGA-1500, газоанализаторы MGT-5;
- многокомпонентные газоанализаторы «Автотест-01.02М», «Автотест-01.03М», универсальный «Автотест-01.04М»;
- газоанализатор универсальный «Infralight-11P»;
- газоанализатор ГАИ-1 (АПИ2.840.024);
- дымомер СМОГ-1М (ИБЯЛ.413314.003);
- дымомер АВГ-1Д (ВЕКМ.415311.009);
- дымомер Инфракар Д (ВЕКМ.415311.007);
- дымомер «МЕТА-01МПО.1», «МЕТА-02МПО.2».

В дымомерах используется метод просвечивания столба отработанных газов источником света и его поглощение. Дымомер состоит из оптического блока, пульта управления и пробоотборного устройства. Длина траектории лучей света называется эффективной оптической базой L (для дымомера Инфракар $L = 0,43$ м). Источник света и фотоприемник имеют спектральную характеристику, соответствующую кривой человеческого глаза в диапазоне 430–680 нм. На рис. 5.1 приведена оптическая схема дымомера.

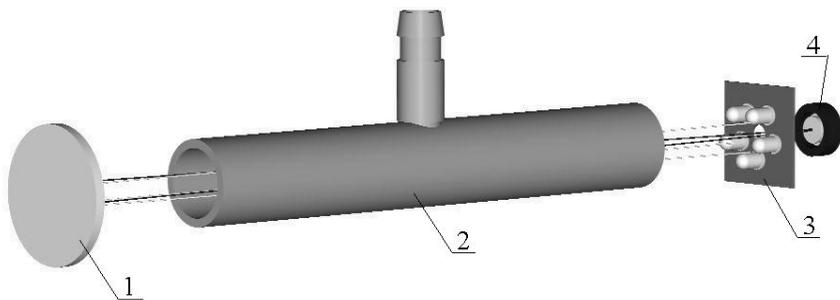


Рис. 5.1. Оптическая схема дымомера

Излучение источника света 3 проходит кювету 2, отражается отражателем 1, направляется в кювету 2 и попадает на фотоприемник 4. Сигнал фотоприемника, пропорциональный степени поглощения однородного по плотности дыма, обрабатывается контроллером и отображается на дисплее в виде коэффициента поглощения светового потока K (м^{-1}) и коэффициента ослабления светового потока N (%). Оптическая система защищена от возможных загрязнений принудительным обдувом. Вентилятор обеспечивает внутри первичного преобразователя избыточное давление воздуха. Выход нагнетенного воздуха происходит через щелевые держатели измерительной камеры и тем самым обеспечивается защита оптики от сажи отработанного газа.

Конструктивно оптический блок выполнен в виде прямоугольного каркаса с защитным кожухом, связанным кабелем связи с переносным пультом управления. Газовый тракт состоит из газозаборного зонда (рис. 5.2) с пробоотборным шлангом, входного штуцера, переключающего клапана и вентилятора. Для правильного измерения дымности входное отверстие зонда следует располагать по направлению оси выпускной трубы, где распределение отработанных газов является наиболее равномерным.

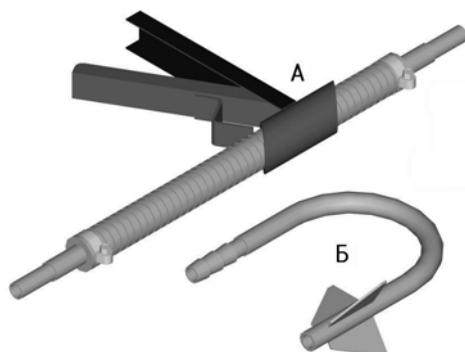


Рис. 5.2. Газозаборные зонды:
А – зонд для нормально расположенной выпускной системы;
Б – зонд для вертикально расположенной выпускной системы

В основу принципа измерения газоанализаторов типа «ГАИ-1» положен оптико-абсорбционный метод, основанный на измерении поглощения инфракрасной (ИК) энергии излучения анализируемым компонентом. Способностью поглощать ИК-излучение обладают газы, молекулы которых содержат, по крайней мере, два типа атомов. Каждому газу присуща своя область поглощения, что обуславливает возможность проведения избирательного анализа газов. Степень поглощения энергии ИК-излучения зависит от концентрации анализируемого компонента в газовой смеси.

Сущность метода заключается в том, что если газ, способный поглощать ИК-излучение, заключить в замкнутый объем и подвергнуть воздействию потока ИК-радиации, то за определенный промежуток времени он нагреется до некоторой температуры и его давление возрастет. Сравнительная камера заполняется 100 % концентрацией измеряемого газа, а рабочая – анализируемыми отработанными газами. Поскольку концентрация окиси углерода в рабочей и сравнительной камерах различна, то степень поглощения ИК-энергии, а следовательно, температура и давление, будут различны по обе стороны диафрагмы и датчик будет преобразовывать ее деформацию в электрический сигнал. Через усилитель этот сигнал подается на измерительный прибор, стрелка которого отклоняется на величину, пропорционально содержанию СО в отработанных газах.

Принцип действия прибора «Infralight-11P» основан на измерении величин поглощения инфракрасного излучения углеводородами,

окисью углерода и двуокисью углерода в индивидуальных областях спектра (3,4; 4,25 и 4,7 мкм соответственно) излучения. Анализируемый газ поступает в термостатированную кювету бездисперсионного ИК-модуля измерительного. Когда кювета наполняется газом, ИК-детектор измеряет уменьшение интенсивности ИК-излучения в диапазонах волн, соответствующих каждому из измеряемых газов. Затем с помощью электронной схемы определяется соотношение i/i_0 , где i_0 – опорный сигнал, а i – ослабленный после прохождения через газовую смесь сигнал. На основе этих данных, сигналов с датчиков измерения температуры и давления, а также известных коэффициентов поглощения для каждого газа, определяется значение концентраций каждого из газов в смеси.

Измерение концентрации кислорода и окислов азота производится электрохимическим методом. В датчике кислорода содержатся измерительный и сравнительный электроды, находящиеся в электролите и отделенные от анализируемого газа полимерной мембраной. На измерительном электроде кислород, продифундировавший через мембрану, электрохимически восстанавливается, и во внешней цепи возникает электрический ток, сила которого пропорциональна парциальному давлению кислорода в газе над мембраной.

Пневматическая схема прибора приведена на рис. 5.3.

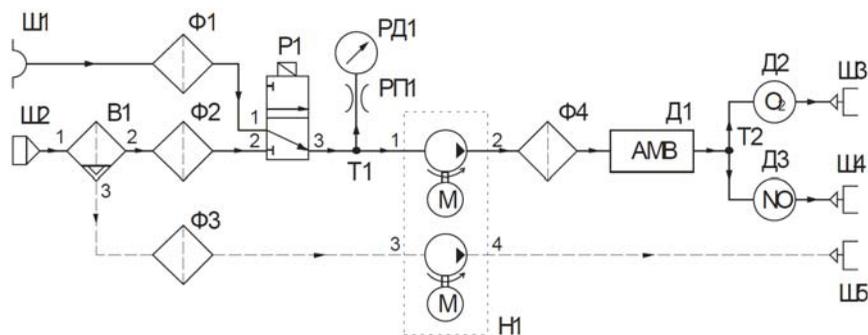


Рис. 5.3. Схема пневматическая принципиальная газоанализатора:
 Ш1 – штуцер забора атмосферного воздуха; Ш2 – штуцер заборный; Ш3, Ш4 – штуцера сброса газа; Ш5 – штуцер сброса влаги; В1 – влагоотделитель с автоматическим отводом влаги; Р1 – распределитель потока; РД1 – реле давления; РП1 – регулятор потока (капилляр); Н1 – насос; Д1 – оптический датчик газа (ИК); Д2 – датчик кислорода, Д3 – датчик NO; Т1, Т2 – тройники; Ф1 – фильтр SDN-A; Ф2, Ф3 – фильтры GB-202; Ф4 – фильтр IDN-6F

Прибор конструктивно состоит из системы пробоотбора, пробоподготовки и собственно анализатора (измерительного блока). Система пробоотбора и пробоподготовки включает пробоотборный зонд, пробоотборный шланг, фильтр предварительной очистки, фильтр-влагоотделитель, трехходовой клапан, фильтр 4 мкм, фильтр угольный. Измерительный блок включает в себя побудитель расхода (насос), бездисперсионный инфракрасный измерительный модуль с термостатируемой кюветой, электрохимический датчик кислорода, электрохимический датчик NO_x , микропроцессорную схему управления, датчики давления и температуры, аналогово-цифровой преобразователь, блок контроля и управления, имеющий жидкокристаллический дисплей и клавиатуру управления.

Современные дымомеры и газоанализаторы также оснащаются датчиками частоты вращения коленчатого вала и температуры масла.

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.

Рабочая температура моторного масла двигателя измеряется датчиком на основе преобразователя температуры.

Отчет об измерениях в современных приборах выводится на печать, при этом чаще всего дублируются все показания прибора, отображаемые на дисплее. Распечатка (рис. 5.4), как правило, содержит следующие реквизиты: заголовок, содержащий наименование прибора и его серийный номер, поле для записи оператором марки проверяемого автомобиля, поле для записи регистрационного номера испытуемого автомобиля, поле с результатами измерений, место подписи проверяющего, место штампа, поле даты и времени проведения испытаний.

Измерительные приборы подлежат периодической проверке.

~~~~~  
 ПРОТОКОЛ  
 КОНТРОЛЯ ДЫМНОСТИ  
 ДАТА: 27.03.05 14:50  
 МОДЕЛЬ Т/С.....  
 ГОС. НОМЕР... XXX.....  
 ДЫМОМЕР  
 МЕТА-01МПх.х нр XXXXX  
 ~~~~~  
 РЕЖИМ СВОБ. УСКОРЕНИЯ.

 К1 = XX,XX 1/М
 N1 = XX,XX %

 К2 = XX,XX 1/М
 N2 = XX,XX %

 К3 = XX,XX 1/М
 N3 = XX,XX %

 К4 = XX,XX 1/М
 N4 = XX,XX %

 СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ:

 К* = XX,XX 1/М
 N* = XX,XX %
 ~~~~~  
 ОПЕРАТОР.....  
 ~~~~~

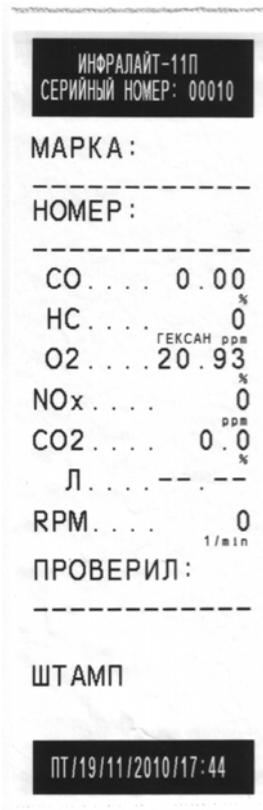


Рис. 5.4. Внешний вид отчетов об измерениях

Также известна испытательная методика измерения выбросов вредных веществ в отработанных газах автомобиля, которая предусматривает установку автомобиля на роликовый тормозной стенд и подсоединение к автомобилю стандартизованной измерительной системы. Далее на тормозном стенде воспроизводится испытательный ездовой цикл, в процессе которого берутся пробы отработанных газов двигателя, которые пропускаются через измерительную систему для определения их состава. Принцип действия измерительной системы (рис. 5.5):

а) испытательный ездовой цикл воспроизводится на роликовом стенде;

б) при проведении измерений к отработанным газам подмешивается отфильтрованный воздух, и полученная таким образом смесь забирается главным вентилятором. Он забирает постоянное количество смеси газов с воздухом, поэтому при увеличении выброса отработанных газов (например, при имитации разгона) подается меньшее количество дополнительного воздуха, а при снижении выброса отработанных газов количество дополнительного воздуха увеличивается;

в) из этой газовой смеси отбирается постоянное количество газа, которое нагнетается в один или несколько сборников для проб газа;

г) отобранные компоненты отработанных газов измеряются, а результат в граммах относится к общей протяженности «пробега».

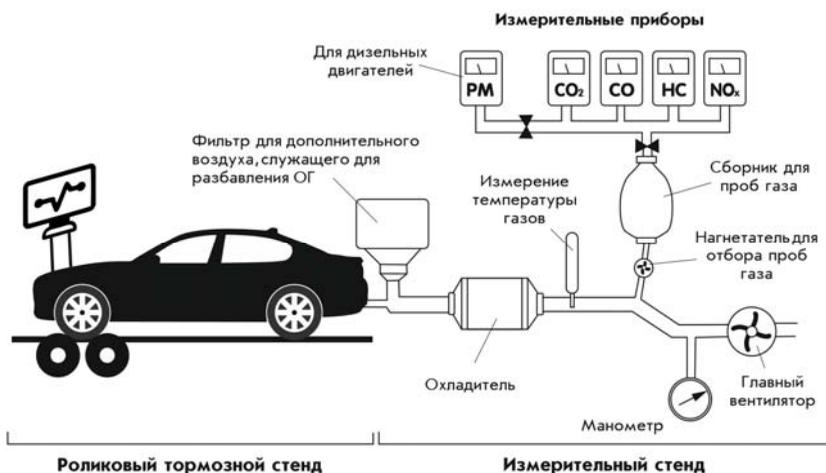


Рис. 5.5. Принцип действия измерительной системы

Меры безопасности. К работе с измерительными приборами допускаются лица, ознакомленные с руководствами по эксплуатации приборов. При работе с прибором должны быть соблюдены правила и требования безопасной работы с электрооборудованием. Запрещается сброс анализируемой пробы или поверочных газовых смесей в закрытых помещениях, не оборудованных вентиляцией.

Методика измерений

Измерения производятся в соответствии с требованиями безопасности, требованиями руководств по эксплуатации приборов и требованиями СТБ 2169–2011 для автомобилей с дизельными двигателями, требованиями СТБ 2170–2011 – для автомобилей с бензиновыми двигателями. До начала измерений прибор должен быть подготовлен к работе, затем в соответствии с требованиями безопасности, руководств по эксплуатации и СТБ 2169–2011, СТБ 2170–2011 производятся измерения, прибор отключается, а полученные результаты измерений анализируются и сравниваются с установленными СТБ 2169–2011, СТБ 2170–2011 нормами и оформляются необходимым образом.

Индивидуальное задание

Изучить принцип действия измерительных систем и схем работы дымомеров и газоанализаторов, произвести измерения в соответствии с методиками и порядком работы, произвести проверку соответствия результатов замеров СТБ 2169–2011, СТБ 2170–2011. Отчет о лабораторной работе может быть оформлен и представлен к защите в виде презентации.

Лабораторная работа № 6

ШУМ И ВИБРАЦИЯ. КОНТРОЛЬ И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы:

- изучить методику оценки уровня шума в автотранспортном потоке;
- изучить способы эмпирического определения уровня шума в автотранспортном потоке в зависимости от интенсивности потока, доли грузовых транспортных средств и автобусов, средней скорости потока;
- произвести измерение внешнего шума автомобиля.

Методические указания

Внешний шум нормируется в соответствии с Правилами № 51 ЕЭК ООН. В настоящее время действуют поправки серии 02, принятые 18.04.1995. Автомобильные транспортные средства (АТС), представленные на официальное утверждение, испытывают двумя методами:

- измерение шума при разгоне АТС;
- измерение шума на неподвижном АТС.

Кроме того, АТС с пневматическим приводом тормозов должны дополнительно подвергаться испытанию на измерение уровня шума, производимого сжатым воздухом, в неподвижном состоянии. Для измерения уровня шума АТС при разгоне специально подготавливают и размечают, как показано на рис. 6.1, испытательную площадку. К ней предъявляют жесткие требования, так как от ее характеристик зависит измеряемый уровень шума. Площадка должна быть горизонтальной, со специальным оговоренным в Правилах покрытием. На расстоянии 50 м от центральной части площадки не должно быть крупных звукоотражающих предметов. Фоновый уровень шума должен быть по меньшей мере на 10 дБ(А) ниже измеряемого уровня шума от АТС. Испытания должны проводиться при определенных метеоусловиях.

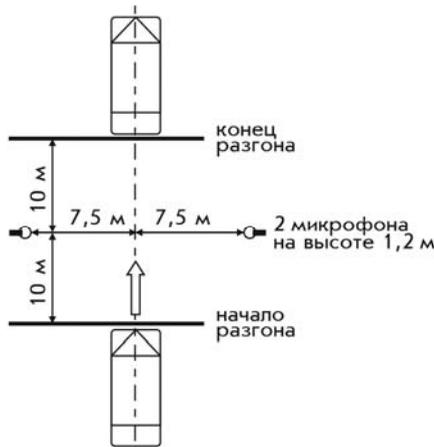


Рис. 6.1. Схема измерения уровня шума при разгоне АТС

Испытанию подвергается отрегулированный и прогретый до рабочих температур автомобиль в снаряженном состоянии, с шинами обычного типа, накаченными до установленных заводом-изготовителем значений.

Процедура испытания заключается в следующем:

- автомобиль подъезжает с определенной скоростью (50 км/ч) на определенной передаче (второй) к линии начала разгона;

- когда передняя часть АТС пересекает линию, то полностью нажимают педаль газа, которая остается в таком положении до тех пор, пока задняя часть АТС не пересечет линию конца разгона;

- максимальный уровень шума, выраженный в децибелах по кривой *A* (дБ(A)), измеряется в тот момент, когда АТС проходит между микрофонами. ТС считается прошедшим испытания, если не превышены уровни шума, приведенные в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Допустимые уровни внешнего шума автомобилей, дБ(A)

Тип АТС	Правила № 51/01	Правила № 51/02
Пассажирыские менее 9 мест	77	74
Пассажирыские ≥ 9 мест полной массой $> 3,5$ т		
С двигателем мощностью до 150 кВт	80	78
С двигателем мощностью 150 кВт и выше	83	80
Пассажирыские ≥ 9 мест и грузовой		
Полной массой менее 2 т	78	76
Полной массой 2 т и выше и не более 3,5 т	79	77
Грузовые полной массой более 3,5 т		
С мощностью двигателя менее 75 кВт	81	77
С мощностью двигателя от 75 до 150 кВт	83	78
С мощностью двигателя 150 кВт и выше	84	80

Для АТС высокой проходимости полной массой более 2 т нормы увеличиваются:

- на 1 дБ(A), если имеют двигатель мощностью менее 150 кВт;

- 2 дБ(A), если имеют двигатель мощностью менее или равно 150 кВт.

Для целей облегчения последующих проверок находящихся в эксплуатации АТС измеряется уровень шума на неподвижном автомобиле.

Движение АТС в составе плотных транспортных потоков на дорожной сети отличается от движения одиночного АТС при отсутствии помех движению, которое имеет место при проведении испытаний по оценке токсичности и топливной экономичности. Связанное с этим изменение условий движения (скоростей, ускорений) влечет к изменению нагрузочно-скоростных режимов работы двигателей, значений выбросов вредных веществ, шума, расходов топлива АТС.

Уровень шума транспортного потока определяется интенсивностью, составом потока и, прежде всего, долей грузовых автомобилей в потоке. Увеличение средней скорости транспортного потока однозначно приводит к повышению уровня шума. Эквивалентный уровень шума может быть снижен на 2–3,5 дБА, если шум одиночных легковых АТС в составе потока снизить с 78 до 75 дБА, а грузовых с 85 до 80 дБА (доля грузовых АТС в потоке 10–30 %).

Резкое изменение режима движения автотранспорта (разгон, торможение, обгон, остановка) влияют на уровень шума в пределах 2–3 дБА. При пересечении в разных уровнях, слиянии потоков одинаковой интенсивности и состава, на перекрестках с регулируемым движением средний уровень шума увеличивается на 3 дБА.

Расчетное значение эквивалентного уровня шума (дБА) в точке на расстоянии 7,5 м от оси крайней полосы движения на высоте 1,5 м от уровня проезжей части определяется по формуле

$$L_{\text{экв.р}} = 10 \lg n_a + 13,3 \lg v + 8,4 \lg s_{ra} + 9,5,$$

где n_a – расчетная интенсивность движения, авт/час;

v – средняя скорость движения автомобилей, км/ч;

s_{ra} – доля грузовых автомобилей и общественного транспорта в составе транспортного потока, %.

Индивидуальное задание

1. Выбрать не менее трех постов наблюдений с незначительным и наиболее интенсивным движением транспорта (место проведения наблюдений и время проведения определяется преподавателем).

2. Замерить на постах интенсивность движения (авт./ч), среднюю скорость движения автомобилей (км/ч), долю грузовых автомобилей и общественного транспорта в составе транспортного потока (%). Провести три серии замеров, продолжительностью 5 мин каждый. Показания занести в сводную таблицу (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Сводная таблица

Наименование улицы	Интенсивность движения, авт./ч	Доля грузовых автомобилей и общественного транспорта, %	Средняя скорость движения потока, км/ч	Расчетное значение эквивалентного уровня шума, дБА

4. Построить графическую зависимость эквивалентного уровня шума в функции от интенсивности движения $L_{\text{ЭКВ}} = f(n_a)$ с учетом средней скорости автотранспортного потока и доли грузовых АТС и автобусов (s_{2a}).

5. При наличии возможности измерить уровень шума по методике в соответствии с требованиями Правил № 51 ЕЭК ООН:

а) разметить измерительный участок согласно схеме (см. рис. 6.1);

б) установить микрофон шумомера как показано на рис. 6.1;

в) приготовить измерительный прибор к работе в соответствии с руководством по эксплуатации (далее – РЭ) прибора (в приборе ИШВ-1 для этого следует установить переключатель «Род работы» в положение «Контр. питания», при этом сигнальная лампа мигает, а стрелка находится в секторе «Батарея»);

г) произвести электрическую калибровку прибора в соответствии с РЭ прибора (в приборе ИШВ-1 с применением эквивалента капсюля предусилитель соединить с эквивалентом капсюля, вставить штекер в эквивалент капсюля, установить предусилитель с эквивалентом капсюля в гнездо «Калибр», установить «Делитель 1» – в положение «40», «Делитель 2» – в положение «40», «Род измерения» – в положение «Лин», «Род работы» – «Быстро», тумблер «Звук-вибрация» – в положение «Звук»; переменным резистором, выведенным на переднюю панель под шлиц с надписью «Звук», добиться совмещением стрелки прибора с оцифрованной риску «7» на его шкале);

д) произвести измерения в соответствии с описанной в Правилах ЕЭК ООН № 51 процедурой;

е) оценить соответствие произведенных измерений требованиям табл. 6.1.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1

Поправочные коэффициенты, учитывающие зависимость выбросов и потребление топлива от наличия в потоке легковых автомобилей с неразогретыми (холодными) двигателями

Рачет- ная мо- дель	Наименование вещества и потре- бление топлива	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Ср. за год
ЛБ	СО	2,13	1,90	1,69	1,37	1,26	1,21	1,21	1,13	1,34	1,51	1,69	1,90	1,45
	NO _x	1,06	1,05	1,03	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,01	1,02	1,03	1,05	1,02
	VOC	1,75	1,60	1,46	1,25	1,17	1,14	1,14	1,09	1,23	1,34	1,46	1,60	1,30
	CH ₄	1,75	1,60	1,46	1,25	1,17	1,14	1,14	1,09	1,23	1,34	1,46	1,60	1,30
	Потр. топл.	1,18	1,16	1,13	1,09	1,07	1,07	1,07	1,06	1,09	1,11	1,13	1,16	1,10
ЛД	СО	1,38	1,30	1,23	1,12	1,09	1,07	1,07	1,04	1,11	1,17	1,23	1,30	1,15
	NO _x	1,13	1,10	1,07	1,03	1,02	1,01	1,01	1,00	1,03	1,05	1,07	1,10	1,04
	VOC	1,91	1,70	1,51	1,22	1,12	1,07	1,07	1,01	1,19	1,34	1,51	1,70	1,29
	CH ₄	1,91	1,70	1,51	1,22	1,12	1,07	1,07	1,01	1,19	1,34	1,51	1,70	1,29
	PM	1,93	1,70	1,49	1,18	1,07	1,02	1,02	0,96	1,15	1,31	1,49	1,70	1,26
	Потр. топл.	1,14	1,11	1,09	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,06	1,07	1,09	1,11	1,07

Удельные выбросы веществ группы I и потребление топлива в зависимости от скорости движения транспортного потока, г/авт · км

Расчетная модель	Наименование вещества и потребление топлива	Скорость, км/ч											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
ЛБ	CO	28,97	15,49	11,11	8,70	7,09	5,93	5,23	4,77	4,50	4,40	4,50	4,7
	NO _x	1,14	1,24	1,36	1,49	1,62	1,77	1,93	2,10	2,28	2,47	2,68	2,89
	VOC	3,52	2,17	1,63	1,34	1,14	0,93	0,81	0,73	0,68	0,65	0,66	0,68
	CH ₄	0,14	0,11	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04
	Потр. топл.	124,6	83,95	68,37	59,40	53,60	50,66	49,44	49,43	50,57	52,79	56,13	60,72
ЛД	CO	1,13	0,76	0,60	0,51	0,45	0,40	0,37	0,34	0,32	0,30	0,28	0,270
	NO _x	1,09	0,80	0,66	0,58	0,53	0,51	0,51	0,52	0,56	0,61	0,68	0,79
	VOC	0,47	0,24	0,17	0,13	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05
	CH ₄	0,006	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,01	0,01	0,01	0,010	0,013
	PM	0,23	0,19	0,16	0,13	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,16	0,20	0,24
ГАБ	Потр. топл.	90,66	70,00	58,31	50,98	46,40	43,72	42,70	43,11	44,88	48,00	52,53	58,66
	CO	31,51	23,00	16,08	10,75	7,01	4,85	4,29	5,32	7,94	12,15	17,95	25,33
	NO _x	1,92	2,09	2,25	2,41	2,57	2,73	2,89	3,05	3,22	3,38	3,54	3,70
	VOC	3,56	2,77	2,09	1,53	1,07	0,72	0,49	0,36	0,35	0,44	0,65	0,96
	CH ₄	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09
	Потр. топл.	167,27	141,05	118,91	100,85	86,87	76,97	71,16	69,42	71,77	78,20	88,71	103,30

Расчетная модель	Наименование вещества и потребности топлива	Скорость, км/ч											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
ГАД	CO	1,28	1,12	1,00	0,90	0,84	0,81	0,82	0,85	0,92	1,02	1,15	1,32
	NO _x	3,96	3,03	2,26	1,65	1,20	0,91	0,79	0,82	1,02	1,37	1,89	2,57
	VOC	0,17	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14
	CH ₄	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
	PM	0,24	0,22	0,20	0,19	0,18	0,19	0,20	0,22	0,25	0,28	0,33	0,38
	Потр. топл.	1,28	1,12	1,00	0,90	0,84	0,81	0,82	0,85	0,92	1,02	1,15	1,32
ГД	CO	5,85	3,62	2,73	2,24	1,91	1,69	1,52	1,38	1,27	1,18	—	—
	NO _x	15,37	10,10	7,90	6,64	5,80	5,19	4,73	4,36	4,06	3,81	—	—
	VOC	4,66	2,54	1,78	1,38	1,13	0,97	0,84	0,75	0,68	0,62	—	—
	CH ₄	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	—	—
	PM	1,54	0,94	0,71	0,58	0,49	0,43	0,39	0,35	0,32	0,30	—	—
	Потр. топл.	342,23	246,32	203,22	177,30	159,49	145,22	143,96	147,59	156,10	169,50	—	—
АГ	CO	8,14	3,74	2,76	2,23	1,89	1,65	—	—	—	—	—	—
	NO _x	25,68	17,92	14,53	12,51	11,15	10,14	—	—	—	—	—	—
	VOC	3,67	1,80	1,18	0,88	0,70	0,58	—	—	—	—	—	—
	CH ₄	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	—	—	—	—	—	—
	PM	0,89	0,53	0,40	0,32	0,27	0,24	—	—	—	—	—	—
	Потр. топл.	413,48	306,53	257,29	227,24	206,37	190,74	—	—	—	—	—	—

Расчет- ная мо- дель	Наименование вещества и по- требление топлива	Скорость, км/ч											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
АМ	СО	7,90	4,41	3,14	2,47	2,05	1,76	1,54	1,38	1,25	1,14	1,06	0,98
	NO _x	26,15	16,60	12,72	10,53	9,10	7,78	7,49	7,38	7,47	7,75	8,21	8,86
	VOC	4,78	2,58	1,80	1,40	1,15	0,97	0,85	0,76	0,68	0,62	0,57	0,53
	CH ₄	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	PM	1,36	0,82	0,61	0,49	0,42	0,36	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22
	Потр. топл.	461,29	317,35	254,99	218,32	193,56	178,70	168,20	165,14	169,53	181,37	200,64	227,37
М	СО	7,01	12,48	16,70	19,65	21,35	21,39	22,17	22,74	23,10	29,10	23,21	–
	NO _x	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,13	–
	VOC	4,94	3,48	2,39	1,66	1,30	1,21	1,35	1,71	2,31	3,13	4,18	–
	CH ₄	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	–
	Потр. топл.	25,44	25,47	25,69	26,12	26,76	27,27	28,58	29,72	30,68	31,47	32,08	–

Таблица А3

Удельные выбросы загрязняющих веществ при остановке
(торможении-разгоне) транспортных средств, г/ост.

Расчетная модель	СО	NO _x	VOC	PM	Топливо
М	1,2	0,2	0,2	–	12
ЛБ	3,4	0,5	0,7	–	28
ЛД	1,0	0,25	0,35	0,1	25
ГАБ	18	4,0	1,3	–	40
ГАД	2,4	2,6	0,6	0,2	35
ГД	3,3	3,6	0,8	0,25	70
АГ	3,6	3,9	1,5	0,3	80
АМ	3,5	3,7	1,5	0,3	75

Таблица А4

Поправочные коэффициенты, учитывающие зависимость
выбросов веществ при остановке МТС от скорости
движения транспортного потока

	Изменение скорости движения при торможении-разгоне, км/ч									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Поправочный коэффициент	0,21	0,43	0,64	0,85	1,06	1,28	1,49	1,70	1,91	2,13

Таблица А5

Удельные выбросы загрязняющих веществ при задержке
движения (работе на «холостом ходу»), г/мин

Расчетная модель	СО	NO _x	VOC	PM	Топливо
М	4,2	0,02	0,35	–	14
ЛБ	2,8	0,05	0,85	–	28
ЛД	1,2	0,30	0,25	0,01	20
ГАБ	4,5	0,05	2,3	–	35

Окончание табл. А5

Расчетная модель	СО	NO _x	VOC	PM	Топливо
ГАД	1,5	0,45	0,12	0,01	30
ГД	2,9	0,93	0,3	0,035	60
АГ	4,6	0,60	0,5	0,03	70
АМ	4,6	0,60	0,5	0,03	70

Таблица А6

Коэффициенты коррекции средней расчетной интенсивности движения при расчете максимальных выбросов

Средняя расчетная интенсивность, авт./ч	До 50 включ.	Св. 50 до 100 включ.	« 200 «	« 300 «	« 400 «	« 400 «	« 500 «	« 500 «	« 600 «	« 600 «	« 700 «	« 700 «	« 800 «	« 800 «	« 900 «	« 900 «	« 1000 «	« 1000 «	« 1100 «	« 1100 «	« 1200 «	« 1200 «	« 1300 «	« 1300 «	« 1400 «	« 1400 «	« 1500 «	« 1500 «
Коэффициент коррекции	1,37	1,29	1,21	1,17	1,14	1,12	1,11	1,09	1,08	1,07	1,06	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03												

Таблица А7

Выбросы летучих органических соединений (ЛОС) при испарении из топливной системы МТС, г/(сут.-авт) и г/авт · км

Коэффициенты $q_p/q_0/q_v$	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Ср. за год
Испарение из бака из-за суточного колебания температур, г/(сут.-авт.)	1,40	1,40	1,86	2,48	3,30	4,40	4,40	4,40	3,30	2,48	1,40	1,40	2,96
Испарение после движения, г/(сут.-авт.)	13,4	13,4	19,4	24,9	29,7	31,3	31,3	31,3	29,7	22,6	16,4	13,4	24,9
Испарение при движении, г/авт · км	0,005	0,005	0,013	0,03	0,08	0,19	0,19	0,19	0,08	0,03	0,005	0,005	0,083

Таблица А8

Поправочные коэффициенты, учитывающие зависимость выбросов от продольного уклона проезжей части

	Продольный уклон проезжей части, %										
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
NO _x	0,64	0,70	0,74	0,80	0,88	1,0	1,18	1,43	1,77	2,21	2,78
Другие вещества группы 1 и потребление топлива	0,83	0,84	0,85	0,88	0,93	1,0	1,09	1,21	1,35	1,53	1,74

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1

Удельное содержание веществ группы 2 в продуктах сгорания топлива, г/кг

Наименование вещества	Удельное содержание, г/кг	Топливо
Углерода диоксид (CO ₂)	3170	Бензин, газ
	3130	Дизельное топливо
Серы диоксид (SO ₂)	1	Бензин, газ
	0,7	Дизельное топливо
Кадмий (Cd)	$0,01 \cdot 10^{-3}$	Любое
Хром (Cr)	$0,05 \cdot 10^{-3}$	Любое
Медь (Cu)	0,0017	Любое
Никель (Ni)	$0,07 \cdot 10^{-3}$	Любое
Селен (Se)	$0,01 \cdot 10^{-3}$	Любое
Цинк (Zn)	0,001	Любое

Таблица Б2

Удельные выбросы группы 3, зависящие от пробега МТС, г/авт · км

Расчетн. модель	NH ₃	N ₂ O	Индекс(1,2,3-сд)пирен	Бензо(к)-флюорантген	Бензо(б)-флюорантген	Бензо(ghi)пирен	Флюорантен	Бензо(а)пирен	Дioxины	Фураны
М	0,002	0,002	—	—	—	—	—	—	—	—
ЛБ	0,07	0,053	$1,03 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \cdot 10^{-6}$	$0,88 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$18,22 \cdot 10^{-6}$	$0,48 \cdot 10^{-6}$	$10,3 \cdot 10^{-9}$	$21,2 \cdot 10^{-9}$
ЛД	0,001	0,027	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$0,19 \cdot 10^{-6}$	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,95 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$	$0,63 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$
ГАБ	0,07	0,053	$1,03 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \cdot 10^{-6}$	$0,88 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$18,22 \cdot 10^{-6}$	$0,48 \cdot 10^{-6}$	$10,3 \cdot 10^{-9}$	$21,2 \cdot 10^{-9}$
ГАД	0,001	0,017	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$0,19 \cdot 10^{-6}$	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,95 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$	$0,63 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$
ГД	0,003	0,03	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$6,09 \cdot 10^{-6}$	$5,45 \cdot 10^{-6}$	$0,77 \cdot 10^{-6}$	$21,39 \cdot 10^{-6}$	$0,9 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$	$7,9 \cdot 10^{-9}$
АГ	0,003	0,03	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$6,09 \cdot 10^{-6}$	$5,45 \cdot 10^{-6}$	$0,77 \cdot 10^{-6}$	$21,39 \cdot 10^{-6}$	$0,9 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$	$7,9 \cdot 10^{-9}$
АМ	0,003	0,03	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$6,09 \cdot 10^{-6}$	$5,45 \cdot 10^{-6}$	$0,77 \cdot 10^{-6}$	$21,39 \cdot 10^{-6}$	$0,9 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$	$7,9 \cdot 10^{-9}$

Таблица Б3

Процентные доли загрязняющих веществ группы 4 в неметановых летучих органических соединениях, %

Расчетная модель	Алканы	Алкены	Алкины	Альдегиды	Кетоны	Циклоалканы	Ароматические углеводороды
М	17,29	21,3	6,31	4,32	0,32	0,88	49,56
ЛБ	24,53	17,17	2,34	31,1	4,14	0,65	19,49

Расчетная модель	Алканы	Алкены	Алкины	Альдегиды	Кетоны	Циклоалканы	Ароматические углеводороды
ЛД	17,29	21,3	6,31	4,32	0,32	0,88	49,56
ГАБ	24,53	17,17	2,34	31,1	4,14	0,65	19,49
ГАД	31,53	13,33	1,05	24,47	0	1,16	25,17
ГД	31,53	13,33	1,05	24,47	0	1,16	25,17
АГ	31,53	13,33	1,05	24,47	0	1,16	25,17

Таблица Б4

Процентные доли неметановых летучих органических соединений, испаряющихся из топливной системы

Алканы	Алкены	Ароматические углеводороды
88 %	9,5 %	2,5 %

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ОСНОВНЫЕ ОБЯЗАННОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ

Мобильные источники выбросов – транспортные средства и самоходные машины, оснащенные двигателями, эксплуатация которых влечет за собой выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Мобильные источники выбросов подразделяются:

- на механические транспортные средства (за исключением приводимых в движение электродвигателями);
- железнодорожные транспортные средства (за исключением приводимых в движение электродвигателями);
- воздушные суда;
- морские суда, суда внутреннего плавания, суда смешанного (река–море) плавания, маломерные суда;
- самоходные машины.

Обязанности природопользователей в области охраны атмосферного воздуха определяются Законом Республики Беларусь от 16.12.2008 № 2-3 «Об охране атмосферного воздуха» (далее – Закон).

Природопользователи, осуществляющие хозяйственную и иную деятельность, связанную с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух, обязаны (ст. 21 Закона):

- выполнять требования, установленные Законом и иными актами законодательства об охране атмосферного воздуха, окружающей среды, в том числе обязательные для соблюдения требования технических нормативных правовых актов;
- разрабатывать и выполнять мероприятия, направленные на предупреждение загрязнения атмосферного воздуха, в том числе при авариях;
- не допускать превышения установленных нормативов в области охраны атмосферного воздуха, а в случае превышения таких нормативов принимать меры для ликвидации причин и последствий сверхнормативных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и немедленно информировать территориальные органы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды

Республики Беларусь (далее – Минприроды) о таких фактах с момента их обнаружения, а в случае угрозы возникновения ситуаций чрезвычайного характера – органы и подразделения Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь;

- приостанавливать до устранения выявленных нарушений или полностью прекращать эксплуатацию источников выбросов при невозможности соблюдения нормативов в области охраны атмосферного воздуха;

- разрабатывать мероприятия по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на период неблагоприятных метеорологических условий и обеспечивать их выполнение;

- предоставлять в соответствии с законодательством об охране окружающей среды экологическую информацию;

- обеспечивать подготовку (обучение), инструктаж, проверку знаний, повышение квалификации работников, занятых охраной атмосферного воздуха.

Природопользователи, производящие двигатели, которыми оснащаются мобильные источники выбросов, а также мобильных источников выбросов, обязаны устанавливать технологические нормативы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух согласно обязательным для соблюдения требованиям технических нормативных правовых актов, обязательств по международным договорам Республики Беларусь.

Природопользователи, эксплуатирующие мобильные источники выбросов, помимо обязанностей, также должны:

- 1) соблюдать правила эксплуатации систем обезвреживания загрязняющих веществ, содержащихся в отработанных газах мобильных источников выбросов, установленные изготовителем этих систем;

- 2) обеспечивать соблюдение нормативов содержания загрязняющих веществ в отработанных газах мобильных источников выбросов.

Граждане, эксплуатирующие механические транспортные средства, обязаны обеспечивать соблюдение нормативов содержания загрязняющих веществ в отработанных газах мобильных источников выбросов.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух мобильными источниками выбросов подлежат проверке юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями, осуществляющими производство, эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт

мобильных источников выбросов, с использованием инструментальных методов на соответствие фактического содержания загрязняющих веществ нормативам содержания загрязняющих веществ в отработанных газах мобильных источников выбросов:

- при производстве мобильных источников выбросов;
- допуске механических транспортных средств к участию в дорожном движении;
- после технического обслуживания и ремонта узлов и агрегатов мобильных источников выбросов, влияющих на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

То есть основная обязанность – соблюдение нормативов содержания загрязняющих веществ, содержащихся в отработанных газах.

Мобильные источники выбросов учитываются в табл. Л1 экологического паспорта предприятия, разрабатываемого и ведущегося в соответствии с СТБ 17.01.00-01–2012 «Охрана окружающей среды и природопользование. Экологический паспорт предприятия. Основные положения». Табл. Л1 заполняется один раз в три года (при этом предыдущая таблица сохраняется) и включает данные по количеству и типу источников, году выпуска, нахождению в эксплуатации, расходу топлива, экологическому классу.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Лабораторная работа № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ДВИЖЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	4
Лабораторная работа № 2. РАСЧЕТ ВЫБРОСА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ.....	11
Лабораторная работа № 3. НОРМЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ С ДИЗЕЛЯМИ	24
Лабораторная работа № 4. НОРМЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ СОСТАВА ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ С БЕНЗИНОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ.....	31
Лабораторная работа № 5. ПРИНЦИПЫ И ПОРЯДОК РАБОТЫ ПРИБОРОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.....	38
Лабораторная работа № 6. ШУМ И ВИБРАЦИЯ. КОНТРОЛЬ И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ.....	45
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	51

Учебное издание

ТРАНСПОРТНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Лабораторный практикум для студентов специальностей
1-44 01 01 «Организация перевозок и управление
на автомобильном и городском транспорте»,
1-44 01 02 «Организация дорожного движения»
и 1-44 01 06 «Эксплуатация интеллектуальных транспортных
систем на автомобильном и городском транспорте»

Составители:

СЕМЧЕНКОВ Сергей Сергеевич

КАПСКИЙ Денис Васильевич

Редактор *Т. В. Грищенкова*

Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 20.10.2017. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 2,91. Тираж 120. Заказ 930.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.