

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОТРАНСПОРТА МЕТОДОМ ХРОМАТОГРАФИИ

В данной работе разработана методика определения вредных веществ, которые выбрасываются с выхлопными газами в атмосферу, методом хроматографии. Определены вредные выбросы двигателей внутреннего сгорания и их концентрации. Опасными выбросами автотранспорта в атмосферу являются оксиды углерода и оксиды азота. Разработаны основные направления работ в области защиты атмосферы от загрязнения выбросами автотранспорта.

Ключевые слова: автомобили, выхлопные газы, вредные вещества, газовая хроматография.

Постановка проблемы. Автомобильный транспорт занимает важное место в единой транспортной системе страны. Он перевозит более 80% народнохозяйственных грузов, что обусловлено высокой маневренностью автомобильного транспорта, возможностью доставки грузов «от двери до двери» без дополнительных перегрузок в пути, а, следовательно, высокой скоростью доставки и сохранностью грузов. Высокая мобильность, способность оперативно реагировать на изменения пассажиропотоков ставят автомобильный транспорт «вне конкуренции» при организации местных перевозок пассажиров. На его долю приходится почти половина пассажирооборота.

Автомобили перемещаются с помощью силового агрегата – двигателя внутреннего сгорания. При работе двигатель сжигает топливо. В зависимости от вида сжигаемого топлива, коэффициента расхода воздуха и типа двигателя горение топлива может происходить с образованием продуктов полного и неполного сгорания.

При полном горении топлива продукты сгорания состоят из следующих компонентов: двуокиси углерода CO_2 , водяных паров H_2O , избыточного кислорода O_2 и азота N_2 . Если в топливе есть соединения серы, то продукты горения содержат окислы серы SO_2 и SO_3 , которые относятся к числу вредных выбросов. Из окислов азота в выхлопных газах обычно присутствуют окись азота NO и двуокись азота NO_2 , которые также являются вредными для окружающей среды [1].

При неполном горении в продуктах сгорания топлива могут появиться горючие газы: окись углерода CO , водород H_2 , метан CH_4 , а иногда и углеводороды C_mH_n .

Для правильной работы двигателя необходимо контролировать коэффициент расхода воздуха по составу продуктов горения, а также определять химическую неполноту горения по присутствию горючих газов в продуктах сгорания.

В последние годы все большее значение приобретает проблема охраны окружающей среды. С целью поиска путей для снижения загрязнения воздушного бассейна производится большое количество комплексных исследований. Успех проведения таких исследований во многом зависит от возможностей газового анализа при определении концентрации различных вредных выбросов в продуктах сгорания и промышленных выбросах.

Наилучшим методом для определения состава газообразного топлива и продуктов неполного сгорания является газовая хроматография.

Современные хроматографы позволяют с высокой точностью в течение нескольких минут определить состав продуктов неполного сгорания: H_2 , CO , CH_4 , при этом погрешность прибора составляет 0,005% по объему.

Целью работы является разработка методики газового анализа выхлопных газов автотранспорта хроматографическим методом, определить опасные выбросы двигателей внутреннего сгорания и их концентрацию.

Основная часть. Хроматография является физико-химическим методом разделения, в процессе которого разделяемые компоненты фильтруются через неподвижный слой с большой поверхностью и разделяются последовательно. При этом происходит многократное повторение элементарных явлений сорбции и десорбции.

Основным вариантом хроматографии для анализа газовой смеси является проявительная газоадсорбционная хроматография (рис. 1) [2].

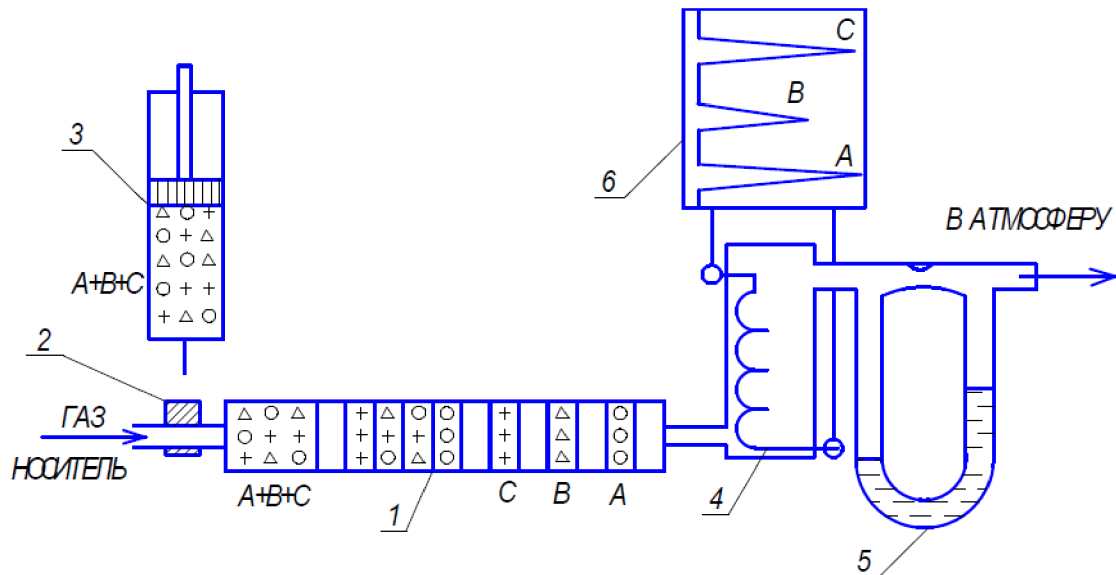


Рис. 1. Схема проявительного метода газоадсорбционной установки:

- 1 – разделительная колонка; 2 – дозирующее устройство; 3 – дозатор; 4 – детектор; 5 – реометр; 6 – хроматограмма.

На рис. 1 схематично показан процесс анализа газовой смеси этим методом. Поток газаносителя непрерывно с постоянной скоростью, контролируемой реометром 5, пропускается через разделительную колонку 1, содержащую неподвижный слой активированного угля. Проба 6 исследуемой смеси, в которой содержатся определяемые компоненты А, В и С, в какой-то момент времени через устройство для ввода пробы дозатором 3 вводится в поток газаносителя. Различие в физико-химических свойствах отдельных газов, входящих в состав пробы, вызывает различие в скоростях их передвижения через разделительную колонку.

Первоначально зоны, занятые компонентами А, В и С, взаимно перекрываются. Затем по мере их продвижения процесс завершается разделением компонентов на ряд полос, состоящих из бинарной смеси каждого компонента с газом-носителем и разделенных между собой зонами чистого газаносителя. Первым покидает колонку газ, имеющий наименьшие сорбционные способности, последним – газ, наиболее хорошо сорбирующийся в данном неподвижном слое.

Физические свойства разделенного газового потока фиксируются чувствительным малоинерционным детектором 4. Сигнал детектора регистрируется прибором, включенным в измерительную схему.

Кривая зависимости сигнала детектора от времени и объема соответствующего компонента, вышедшего из разделительной колонки, называется хроматограммой. Выход компонентов фиксируется на хроматограмме в виде пиков, расположенных на нулевой линии, регистрируемой сигналом детектора во время выхода из колонки чистого газаносителя. Такая хроматограмма является источником и количественной и качественной информацией об анализируемой смеси.

Методика эксперимента. Для проведения экспериментальных исследований был выбран хроматограф «Газохром-3101» - лабораторный переносной прибор.

Принципиальная схема хроматографа показана на рис. 2.

Газ-носитель (воздух) подается в разделительную колонку 1 с помощью микрокомпрессора мембранного типа 10 и попадает в рабочую камеру детектора 7 с расположенным в ней чувствительным элементом, в котором платиновая нить «замурована» в слой алюмогеля (Al_2O_3), выполненного в виде шарика [3].

Другой газ-носитель (аргон) омывает соединенные последовательно разделительные колонки 2 и 3 и попадает в рабочую камеру детектора 8, в которой также расположен чувствительный элемент. Расход газаносителей, поступающих в прибор одновременно, контролируется с помощью реометров 9. Чувствительные элементы включены в схему измерительного моста, питаемого от стабилизатора постоянного тока 12.

В качестве вторичного прибора используем самопишущий потенциометр типа КСП-4 со шкалой 1 мВ. На диаграмме прибора изображается хроматограмма (рис. 3а).

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

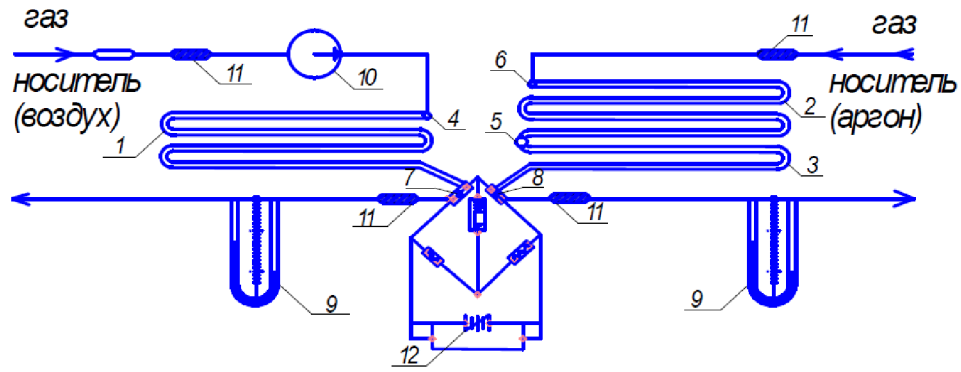


Рис. 2. Принципиальная схема хроматографа «Газохром-3101»

1-3 – разделительные колонки; 4-6 – дозирующие устройства; 7-8 – чувствительные элементы; 9 – реометры; 10 – микрокомпрессор; 11 – фильтры-осушители; 12 – выпрямитель.

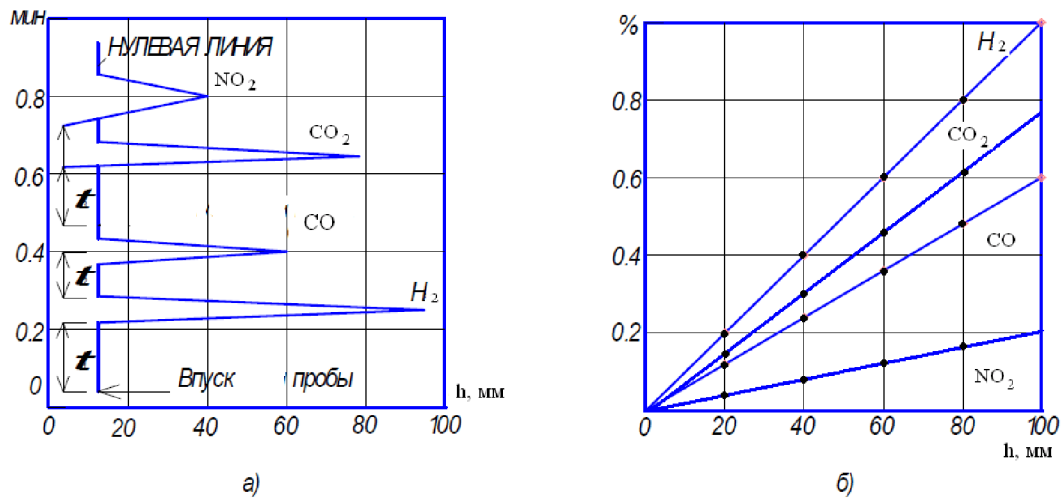


Рис. 3. Хроматограмма и калибровочный графики:

а) диаграмма самопишущего прибора (хроматограмма);
б) калибровочные графики на оксид углерода и водород

В результате одного цикла газового анализа продолжительностью 10 мин зависимости от поставленной задачи хроматограф «Газохром-3101»

можно использовать в нескольких вариантах:

- для определения H_2 , CO , CH_4 , O_2 и N_2 при использовании двух газов-носителей (воздуха и аргона);

- для определения H_2 , CO , CO_2 , предельных и непредельных углеводородов до CH_4 включительно при использовании в качестве газа-носителя воздуха;

- для определения H_2 , CO и CH_4 при использовании в качестве газа-носителя воздуха.

Точность результатов количественного анализа на хроматографе зависит от тщательности проведения калибровки прибора. Калибровка хроматографа заключается в построении для каждой анализируемой смеси зависимости высоты пика от концентрации данного компонента. По результатам калибровки получают калибровочный график для H_2 и CO показан на рисунке 3б.

В практике газового анализа получил наибольшее распространение метод абсолютной калибровки хроматографа. Применительно для CO_2 калибровка производится следующим образом:

- получаем углеводород CO_2 и заполняем им один из сосудов аспиратора Коро;

- в соответствии с инструкцией по обслуживанию [3] запускаем хроматограф по варианту при использовании в качестве газа-носителя воздуха;

- с помощью дозатора (медицинского шприца на 10 см^3) набираем $1\text{ см}^3\text{ CO}_2$;

- разбавляем в дозаторе пробу CO_2 воздухом требуемой концентрации;

- через дозирующее устройство 4 вводим шприцом пробы, разбавленные воздухом до концентраций 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 и 1,0%;

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

- рассчитываем калибровочный коэффициент по CO_2 и строим калибровочный график.

Аналогично производится калибровка хроматографа по CO и H_2 . Одновременно с помощью секундомера определяется время выхода каждого компонента H_2 , CO и CO_2 на хроматограмме τ_{H_2} , τ_{CO} и τ_{CO_2} .

Калибровка хроматографа производится периодически перед каждой серией испытаний.

Обработка результатов эксперимента. При газовом анализе смеси продуктов сгорания неизвестного состава на хроматограмме обрабатываются только те пики, у которых время выхода соответствует времени выхода определяемых горючих компонентов H_2 , CO и CO_2 .

Появившиеся на хроматограмме пики с другим временем выхода не обрабатываются. Например, из-за изменившегося соотношения N_2/O_2 в газе-носителе (воздух) может после пика H_2 появиться пик N_2+O_2 .

Для проведения экспериментальных исследований выбраны следующие двигатели внутреннего сгорания: ВАЗ 2106 1,6; SQR477F 1,6 (автомобиль ЗАЗ Forza); Gamma 1,6 (автомобиль Hyundai i30). Данные двигатели имеют равный рабочий объем но разный класс по выбросам в атмосферу. Исследования проводились на холостом ходу и эксплуатационной температуре двигателей.

По экспериментальным данным построены диаграммы вредных веществ и величина их концентрации соответственно выбранных двигателей (рис. 4).

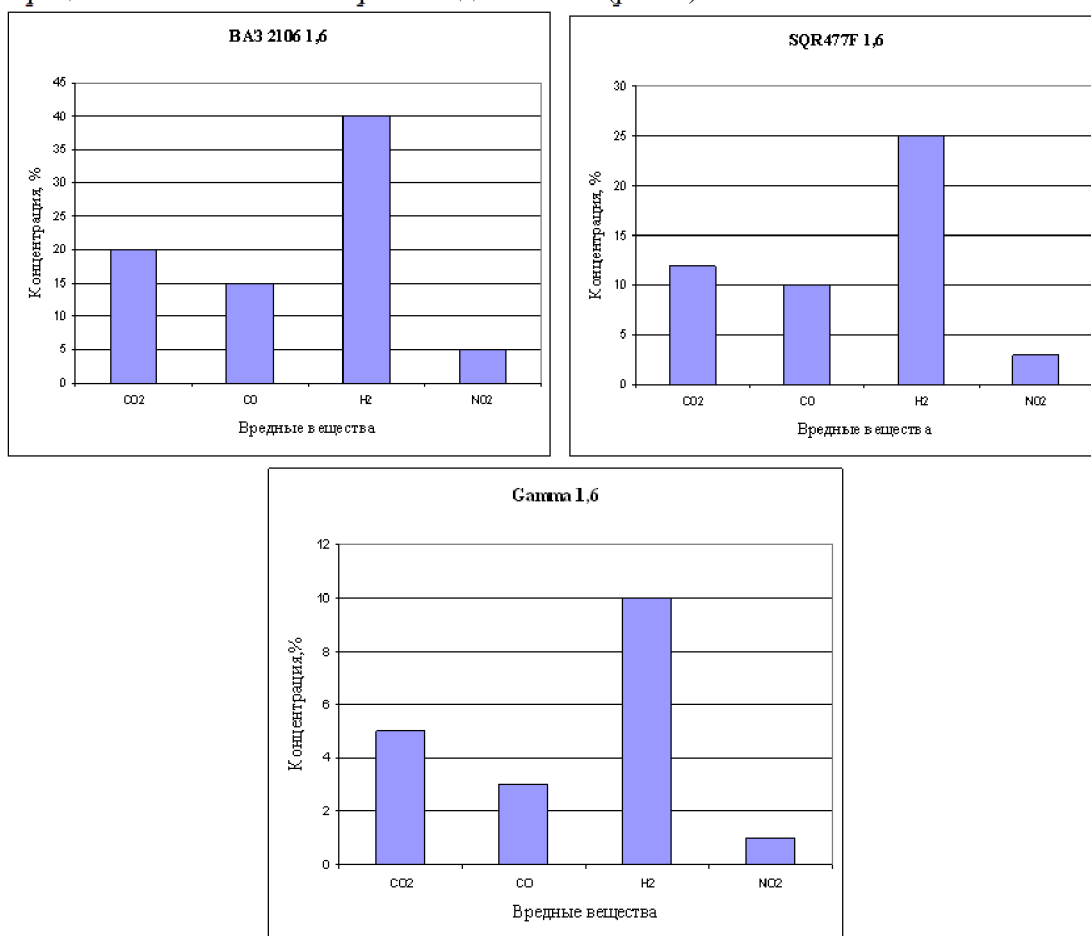


Рис. 4. Вредные вещества выхлопных газов и величина их концентрации

Анализ экспериментальных данных показал, что двигатели поколения ЕВРО 5 (автомобиль Hyundai i30) имеют меньшие показания вредных веществ в выхлопных газах, так как они снабжены электронным блоком управления двигателем и усовершенствованной системой нейтрализации отработавших газов.

Основными направлениями работ в области уменьшения выбросов автотранспорта в атмосферу являются:

- создание и расширение производства автомобилей с высокоэкономичным и малотоксичным двигателями;
- развитие работ по созданию и внедрению эффективных систем нейтрализации отработанных газов;
- снижение токсичности моторных топлив;

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

г) развитие работ по рациональной организации движения автотранспорта в городах, совершенствованию дорожного строительства с целью обеспечения безостановочного движения на автомагистралях.

Решения энергетической проблемы автомобильного транспорта - это создание альтернативных видов топлива. Новое горючее должно удовлетворить очень многим требованиям: иметь необходимые сырьевые ресурсы, низкую стоимость, не ухудшать работу двигателя, как можно меньше выбрасывать вредных веществ, по возможности сочетаться со сложившейся системой снабжения топливом и другие.

Выводы:

- 1) С помощью газовой хроматографии можно определить опасные вещества отработавших газов автотранспорта и величину их концентрации;
- 2) Самыми опасными выбросами автомобильного транспорта, которые попадают в атмосферу с выхлопными газами, являются окислы углерода и окислы азота;
- 3) Основными направлениями работ в области уменьшения выбросов автотранспорта в атмосферу являются:
 - а) создание автомобилей с высокоэкономичным и малотоксичным двигателями;
 - б) создание и внедрение эффективных систем нейтрализации отработанных газов;
 - г) рациональная организация движения автотранспорта в городах.

Інформаційні джерела

1. Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів. Монографія / Матейчик В.П. – К.: НТУ, 2006. – 216 с.
2. Апостолук С.О. Промислова екологія / Апостолук С.О., Джигирей В.С., Апостолук А.С. – К.: Знання, 2003. – 475 с.
3. Хроматограф «Газохром-3101» Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 1981.

Авер'янов В.С. к.т.н., Шматко Д.З. к.т.н., Скобельський Р.Є. магістрант
Дніпровський державний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ВИХЛОПНИХ ГАЗІВ АВТОТРАНСПОРТУ МЕТОДОМ ХРОМАТОГРАФІЇ

В даній роботі розроблена методика визначення шкідливих речовин, які викидаються з вихлопними газами в атмосферу, методом хроматографії. Визначені шкідливі викиди двигунів внутрішнього згорання та їх концентрації. Небезпечними викидами автотранспорту в атмосферу є оксиди вуглецю і оксиди азоту. Розроблено основні напрямки робіт в області захисту атмосфери від забруднення викидами автотранспорту.

Ключові слова: автомобілі, вихлопні гази, шкідливі речовини, хроматографія.

V. Averyanov, D. Shmatko, R. Skobelsky
Dneprovskiy State Technical University

THE DEFINITION OF HARMFUL SUBSTANCES OF EXHAUST GASES OF VEHICLES CHROMATOGRAPHY

In this work the method of definition of harmful substances that are emitted with the exhaust gases into the atmosphere, by the method of chromatography. Determined harmful emissions of internal combustion engines and their concentration. Dangerous motor vehicle emissions to the atmosphere are oxides of carbon and oxides of nitrogen. Developed main directions of works in the field of protection of atmosphere from pollution by emissions of motor transport.

Keywords: automobiles, exhaust gases, harmful substances, chromatography.