

G.W. MUSAYELYAN, W.G. MUSAYELYAN

INCREASING THE LEVEL OF A CAR PASSIVE SAFETY

The applied structural changes, thanks to which the external safety indicators of the car are improved. They provide conditions to reduce the risk of injury to pedestrians, cyclists and motorcyclists in the event of a traffic accident.

In order to increase the level of passive safety, with the application of structural changes, the minimal consequences of road accidents are ensured.

Keywords: passive safety, external security, hood, car, pedestrian, cyclist.

УДК 504.064.38

Р.М. ЕЛЧЯН, Р.С. АСАТРЯН

ИНФРАКРАСНЫЙ РАДИОМЕТР ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ АВТОДОРОГИ

Разработана система экологического контроля и постоянного мониторинга атмосферы на основе универсального инфракрасного радиометра и дрона с программируемым управлением и с применением GPS карты. Инфракрасный спектрометрический радиометр предназначен для исследования основных физико-экологических параметров воздушного пространства автодороги (в частности, городского хозяйства).

Ключевые слова: инфракрасный радиометр, дрон, измерения атмосферных загрязнений.

Введение. В настоящее время интерес к экологическим проблемам резко возрос, что прежде всего связано с постоянно увеличивающимся загрязнением окружающей среды.

Статистические данные последних лет указывают на то, что объёмы опасных выбросов принимают опасные количества, а противодействующие административно-технические меры требуют оперативного, точного измерения состава воздуха и выявления наличия в них опасных загрязняющих составляющих, превосходящих максимально допустимые значения (см. Табл.1). Как показывают приведенные данные мэрии города Еревана, в 2016 году выбросы опасных веществ в атмосферу составили 276,7 тыс. тонн, из которых 52,4% - выбросы автотранспорта [1]. Причем из них 29,4% составили ангидрид серы (38,7 тыс.т), 1,7% - окись угля (2,3 тыс.т), 1,1% - азотные оксиды (без подоксидов) (1,5 тыс.т). Замеры производились с помощью автоматических измерительных станций. Данные были получены с помощью 26226 замеров. При этом было изъято 867 активных проб и 425 пассивных проб воздуха. Автоматически были получены положительные результаты на наличие оксида серы

при 8635 замерах, двуокиси серы - при 14993 замерах, оксида азота - при 2598 замерах.

Таблица 1

Значения ПДК, $\text{мкг}/\text{м}^3$

Вещество	24 часа	20 мин
Диоксид азота	40	200
Аммиак	40	200
Бенз(а)пирен	0,001	-
Озон	30	160
Сажа	50	150
Свинец	0,3	1,0
Диоксид серы	50	500
Серовуглерод	5	30
Сероводород	-	8
Взвешенные вещества	150	500
Оксид углерода, $\text{мг}/\text{м}^3$	3	5
Формальдегид	3	35
Фторид водорода	5	20

Для определения уровня загрязнения атмосферы используются следующие характеристики воздуха:

- средняя концентрация примеси в воздухе, $\text{мг}/\text{м}^3$ или $\text{мкг}/\text{м}^3$;
- среднее квадратическое отклонение, $\text{мг}/\text{м}^3$ или $\text{мкг}/\text{м}^3$;
- максимальная (измеренная за 20 мин) разовая концентрация примеси, $\text{мг}/\text{м}^3$ или $\text{мкг}/\text{м}^3$.

Активные замеры атмосферного загрязнения. Загрязнение воздуха определяется по значениям средних и максимальных разовых концентраций примесей. Степень загрязнения оценивается путем сравнения фактических концентраций с предельно допустимой концентрацией (ПДК) [2,3], установленной Минздравом РА. Для некоторых веществ значения ПДК приведены в табл.1.

Наиболее опасными являются выбросы окиси азота, оксида углерода, испаряющиеся органические соединения, двуокись серы, сажа и т.д., из которых самыми распространенными являются: для бензиновых автомобилей - окись углерода и для дизельных автомобилей - сажа. В частности, одной из

основных причин таяния арктических ледников являются выбросы в атмосферу сажи. Результативное решение экологического загрязнения зависит от точного, оперативного, полного объема измерения, контроля загрязняющих компонентов и существенного уменьшения их количества в атмосфере.

Таблица 2

Данные о реальных активных замерах атмосферного загрязнения в городе Ереване (май 2016г.)

Вещество	Концентрация средняя ежедневная (мг/м ³)	Концентрация средняя месячная (мг/м ³)	Концентрация максимальная (мг/м ³) (номер станции замера)	Кол-во недопустимых превышений
Диоксид серы	0,05	0,028	0,068 (ст. N7)	2
Диоксид азота	0,04	0,029	0,084 (ст. N7)	36
Пыль	0,15	0,153	0,772 (ст. N19)	66
Озон	0,03	0,009	0,042 (ст. N18)	2

Поэтому актуальной задачей является оперативное измерение и оценка количества загрязняющих выбросов вредных и опасных веществ. В приведенных официальных данных (табл. 2) отсутствуют показатели многих вредных веществ, что связано с техническими сложностями измерений.

Общепринятый к настоящему времени метод исследований атмосферных газовых загрязнений, проводимых в стационарных измерительных станциях города Еревана, основан на спектрометрических измерениях отобранных в лабораторных условиях проб газовых выбросов [4]. Несмотря на сравнительно высокие спектральные разрешения таких измерений, они по оперативности уступают дистанционным спектрометрическим исследованиям.

Универсальный спектрометр “УСР-А”. С целью проведения спектральных и радиометрических исследований параметров атмосферы и тепловых объектов в области длин волн 0,4...14 мкм разработан и изготовлен универсальный спектральный радиометр “УСР-А” [5, с.1035; 2, с.134]. В предлагаемой системе радиометр “УСР-А” предназначен для измерения спектральной плотности энергетической яркости и радиационной температуры (или ее перепадов) точечных и протяженных источников инфракрасного (ИК) излучения в лабораторных и полевых условиях, а также для дистанционного спектрального анализа горячих газовых объектов. На основе конструкции радиометра разработан микрорадиометр.

В разработанной системе с целью размещения оптической системы в конструкции на летательном аппарате - дроне оптическая система радиометра

значительно упрощается и выполняется в уменьшенных размерах. Конструкция спектро радиометра состоит из двух блоков: оптико-механического (ОМБ) и блока электронного управления (БЭУ). Электрическая связь между блоками осуществляется посредством кабелей. Полный рабочий спектральный диапазон прибора покрывается с помощью трех комплектов сменных светофильтров и фотоприемников в поддиапазонах: $0,4 \dots 1,1 \text{ мкм}$; $2,5 \dots 5,5 \text{ мкм}$ и $8 \dots 14 \text{ мкм}$, а для расширения рабочего спектрального диапазона необходимо использовать дополнительные кольцевые перестраиваемые светофильтры соответствующего диапазона. Оптическая схема ОМБ показана на рис. 1.

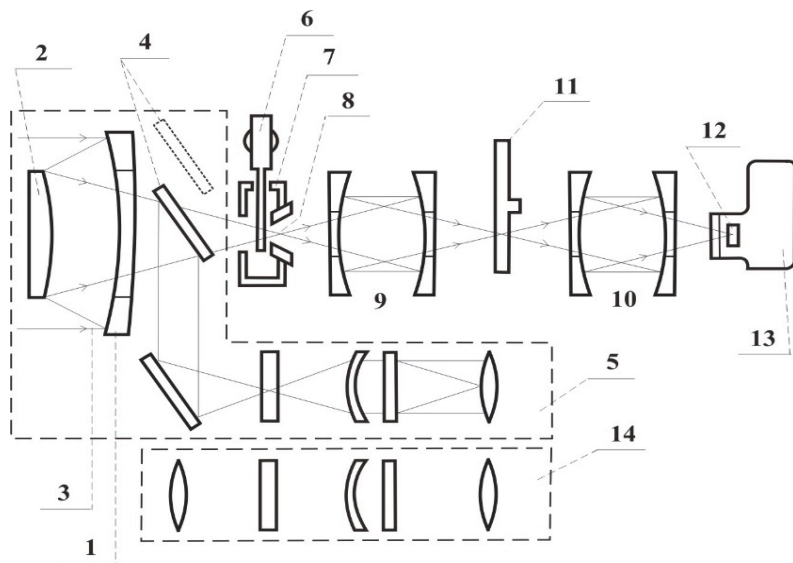


Рис. 1. Оптическая конструкция универсального спектро радиометра “УСР-А”:
 1 - первичное зеркало объектива; 2 - вторичное зеркало объектива; 3 - излучение от объекта; 4 - убирающееся плоское зеркало; 5 - визир; 6 - модулятор; 7 - опорная полость; 8 - полевая диафрагма; 9, 10 - проекционный объектив; 11 - диск с интерференционными светофильтрами; 12 - чувствительная площадка фотоприемника; 13 - дьюар для жидкого азота; 14 - зрительная трубка

Проведены эксперименты для метрологической аттестации универсального спектро радиометра (согласно специально разработанной программе метрологической аттестации АЕЛ2.807.007ПМА [6, с.143]). В частности, для определения основной приведенной погрешности измерения спектро радиометром разности радиационных температур на установке аттестации температуры устанавливались в интервале от 288 до 298 К и с шагом в 1 К, а выходные сигналы прибора регистрировались пять раз. Эксперименты [6, с.134] для определения технических возможностей ИК радиометра показали, что на

длинных волнах от 2,5 до 5,5 мкм на полученной средней спектрограмме отчетливо выделяется мощная полоса поглощения атмосферного углекислого газа на длине волны 4,3 мкм (рис. 2). Именно на длине волны $\lambda = 4,7...4,8$ мкм выделяется полоса, соответствующая основным продуктам сгорания топлива CO и CO₂. Для достоверности результатов эксперимента замеры выполнялись 20 раз в атмосфере с расстояния 3 км от источника загрязнения. Работы проводились в летний период года, в ясную погоду при высокой прозрачности атмосферы.

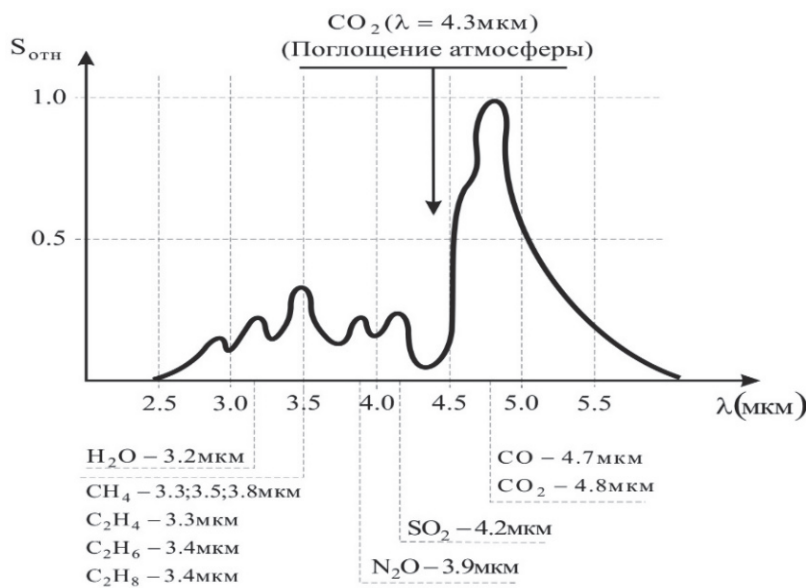


Рис. 2. ИК спектрограмма газовых выбросов в атмосфере

Как видно из рис.2, выделяется полоса группы углеводородов с максимумом на длине волны $\lambda = 3,5$ мкм, в частности, на спектрограмме отчетливо выделены эмиссионные полосы молекул SO₂ (4,2 мкм), N₂O (3,9 мкм), CO (4,7 мкм), CO₂ (4,8 мкм), паров H₂O (3,2 мкм) и группы углеводородов (3,5 мкм), а их интегральную интенсивность можно сравнить с интенсивностью полос CO–CO₂ (на $\lambda = 4.7...4.8$ мкм), что с точки зрения оперативного и качественного спектрального анализа имеет большое значение в области контроля газовой загрязненности атмосферы.

Таким образом, полученные результаты ИК спектрометрических измерений горячих газовых выбросов в атмосферу могут обеспечить значительную информацию о химическом составе атмосферных газовых загрязнений. Результаты измерений и использованная аппаратура представляют возмож-

ность проведения оперативной (качественной) оценки содержания разных газов в горячих выбросах с помощью пассивного спектрометрирования в областях длин волн от 2,5 до 5,5 и от 8 до 14 мкм, а для устранения хроматических aberrаций в оптическую систему прибора включены две пары зеркальных проекционных объективов 9 и 10 (см.рис.1), в фокусах которых установлены светофильтры и приемная площадка фотоприемников.

Методы дронных измерений атмосферного загрязнения. В последнее время для измерения атмосферного загрязнения часто применяются дроны и другие летательные беспилотные управляемые аппараты. Например, ученые Самарского университета создали мобильную химическую лабораторию [7], где с помощью беспилотного летательного аппарата на определенных высотах атмосферы отбираются образцы воздуха и с использованием газового микрохроматографа производится оптический спектральный анализ. Портативный газовый микрохроматограф в течение нескольких минут выдает точные данные о составе атмосферы, качественном и количественном составе нефти и газа, а также анализирует биомаркеры в выдыхаемом человеком воздухе. Однако этот метод мониторинга производит локальные замеры образцов воздуха на конкретном участке атмосферы и, следовательно, имеет временный и локальный характер. Для более интегрированного измерения и достижения стабильного, повторяемого результата использование этого метода может привести к повышению погрешности измерения.

Для решения этой задачи предлагается система диагностирования воздуха городского хозяйства с программным управляемым дроном [8], оснащенный оптическим ИК радиометром. Измерение атмосферных опасных выбросов осуществляется с помощью универсального ИК спектрального радиометра, изготовленного на основе прибора "УСР-А" [6], разработанного в НПО "Астро" РА и имеющего широкий рабочий интервал измерения в видимом и ИК диапазонах.

Применение летательных беспилотных аппаратов с GPS навигацией и с программным автоматическим управлением может дать неожиданные положительные результаты оперативного измерения, оценки и заключения о состоянии загрязнения атмосферы опасными выхлопными загрязнителями топлива автотранспорта и обеспечить этому процессу максимальную скорость. Такой процесс может стать полностью автономным, исключая почти субъективный фактор, что может отразиться на общей эффективности применения такого метода диагностирования.

Блок электронного управления обеспечивает работу оптической системы, обработку измеренной информации и передачу результатов через GPS пере-

датчик на наземную приемную электронную систему. Кроме того, БЭУ осуществляет управление полетом дрона согласно предварительно занесенной программе (маршруту) полета.

Работа диагностической системы заключается в следующем. Заранее подбирается комплект оптических фильтров, предназначенных для измерения определенных типов загрязняющих выбросов в атмосферу. После подготовки оптической системы устанавливается маршрут полета дрона путем занесения этой программы в память дрона. Для упрощения такого процесса можно установку программы произвести прямо на GPS передатчике, а измеренную информацию загрязняющих выбросов атмосферы передать на наземный центр управления диагностики. Процесс измерения-передачи-анализа-заключения будет быстрым, что позволит оперативно оценить экологическое состояние атмосферы, установить наличие опасных выбросов выхлопных газов от автомашин, произвести предупреждающие мероприятия для контролируемого управления загрязняющих факторов на городских автодорогах.

Наземная система будет способна принимать информацию, после быстрой обработки которой можно с большой точностью указать участки определенных загрязнений и сравнить их с данными в базе данных. Таким образом, дается точная оценка состава атмосферы, в том числе результаты картографирования и оперативной оценки состояния загрязнения на данном участке автодороги.

Заключение. ИК оптический спектрометр может быть применен для метрологических исследований основных физико-экологических параметров воздушного пространства автодороги, обеспечивая широкие функциональные возможности, и имеет большое экологическое значение для дистанционного измерения, обеспечивая при этом большой радиус действия и широкий спектр измерений параметров аэрозольно-газового загрязнения, источников теплового излучения, а также горячих газовых опасных выбросов в атмосферу.

Применение летательных дронов с GPS навигацией и с программным автоматическим управлением позволит расширить круг решаемых задач в области метрологического исследования загрязнения атмосферы, автоматизировать процесс картографирования автодорог по загрязняющим компонентам, следить за динамическими изменениями экологического состояния отдельных участков автодороги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.mnp.am/am/pages/155>
2. <https://nsportal.ru/ap/library/drugoe/2013/08/26/issledovatel'skaya-rabota-na-temu-opredelenie-urovnya-zagryazneniya>

3. <http://biofile.ru/bio/22277.html>
4. http://www.mnp.am/images/files/nyuter/2017/June/monitoring_od_05.2017.pdf
5. Universal Infrared Spectral Radiometer/ **R.S. Asatryan, R.A. Epremian, H.G.Gevorkyan, et al** // Intern. Journal of IR and MM Waves.-2003.-V.24, № 6. - P.1035-1046.
6. **Асатрян Р.С.** Разработка и изготовление ИК спектрорадиометра “Клин”: Отчет НИОКР (заключ.) п/я- А-1376: № 4115-ДСП. - Ереван, 1987. - 143с.
7. <https://naukatv.ru/video/film-science/340>
8. <https://dronomania.ru/dji/inspire-2.html>

Ռ.Մ. ՅՈԼՉՅԱՆ, Ռ.Ս. ԱՍԱՏՐՅԱՆ

ԻՆՖՐԱԿԱՐՄԻՐ ՌԱԴԻՈՉԱՓ՝ ԱՎՏՈՃԱՆԱՊԱՐՇԻ ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀՍԿՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Մշակված է էկոլոգիական հսկողության և մթնոլորտի մշտադիտարկման համակարգ՝ հիմնված ունիվերսալ ինֆրակարմիր ռադիոչափի, GPS քարտեզի կիրառմամբ և ծրագրային կառավարմամբ գործող դրոնի վրա: Ինֆրակարմիր ռադիոչափը նախատեսված է ավտոճանապարհի /մասնավորապես՝ քաղաքային տնտեսության/ օդային տարածության ֆիզիկա-էկոլոգիական հետազոտությունների համար: Կարևորվում են զազա-աերոզոլային աղտոտվածության, ջերմային ճառագայթման աղբյուրների, ինչպես նաև դեպի մթնոլորտ վտանգավոր զազային արտանետումների մետրոլոգիական չափումների ապահովման հարցերը, որոնք ածխաջրածնային վառելանյութի այրման արտանետումների հետևանք են:

Առանցքային բառեր. ինֆրակարմիր ռադիոչափ, դրոն, մթնոլորտային աղտոտվածության չափումներ:

R.M. YOLCHYAN, R.S. ASATRYAN

AN INFRARED RADIOMETER FOR THE ENVIRONMENT CONTROL OF THE HIGHWAY

A system of environmental monitoring and continuous monitoring of the atmosphere is developed on the basis of a universal infrared radiometer and a drone with programmable control and a GPS map. The infrared spectroradiometer is to investigate the main physical-ecological parameters of the airspace of the road (in particular urban area) and has great ecological significance. The important questions are metrological support of measurements of the parameters of aerosol and gas pollution, sources of thermal radiation, as well as dangerous hot gas emissions into the atmosphere, which are the excavations of the applied carbon fuel.

Keywords: infrared radiometer, drone, atmospheric pollution measurements.