

Р.С. АСАТРЯН

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ФИЗИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АТМОСФЕРЫ И ТЕПЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Представлены результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке методик измерений и созданию комплекса оптико-электронных систем для исследования основных физико-экологических параметров атмосферы и тепловых объектов. Обсуждаются некоторые экспериментальные результаты, полученные с помощью разработанного комплекса.

Ключевые слова: прозрачность атмосферы, жидкие и твердые аэрозольные образования, дистанционный спектральный анализ, горячие газовые выбросы, атмосферные пары воды, углекислый газ.

Введение. На данном этапе развития человечества интерес к экологическим проблемам резко возрос, что прежде всего связано с постоянно увеличивающимся загрязнением окружающей среды.

Согласно последним данным по исследованию атмосферных загрязнений в индустриально развитых странах [1-4], основными источниками загрязнений являются промышленные и энергетические предприятия и транспорт, на долю которых приходится более 80% от общего объема загрязнения. При этом основными компонентами загрязнения атмосферы, обусловленного деятельностью вышеназванных источников, являются газообразные соединения углерода, азота и серы, а также твердые и жидкие аэрозольные образования, которые представляют особую опасность для нормальной жизнедеятельности человека и других биологических объектов [5-8].

Значительное загрязнение воздушного пространства и его сокрушительное воздействие на здоровье человека, микроклимат и растительность более чем очевидно в крупных городах, промышленных центрах и их окрестностях. Поэтому создание контрольно-измерительного комплекса (в том числе мобильного) на базе современных приборов и устройств, позволяющего осуществлять оперативный анализ основных физико-экологических параметров и постоянный мониторинг атмосферы, является весьма актуальной задачей.

Настоящая работа посвящена представлению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке методик измерений и созданию оптико-электронного измерительного комплекса для исследования основных физико-экологических параметров приземной атмосферы под шифровым названием “РУБИНА-А”, а также обсуждению результатов некоторых исследований, проведенных с помощью разработанной аппаратуры.

Состав и назначение комплекса. Комплекс “РУБИНА-А” предназначен для измерения концентрации и распределения по размерам жидких и твердых

аэрозольных образований, дистанционного спектрального анализа химического состава и протяженности горячих газовых выбросов в атмосферу, состава и протяженности дымовых образований, локальных объемных концентраций газов CO, CO₂, NH₃, CH₄, N₂O, NO, SO₂ и др., а также для измерения радиационных температур объектов и фонов (источников инфракрасного (ИК) излучения), обнаружения скрытых очагов горения и вычисления текущих метеорологических параметров, в том числе метеорологической дальности видимости и ИК прозрачности атмосферы.

Экспериментальный образец комплекса создан на базе передвижной метеостанции ПМС-70, но может быть перекомпонован на микроавтобус типа “ГАЗель”.

В состав комплекса “РУБИНА-А” входят следующие разработанные нами приборы и дополнительное оборудование:

- полевой оптико-метеорологический пост-автомат “ПОМПА”;
- многоканальный аэрозольный спектрометр “Масник-А”;
- универсальный ИК спектро радиометр “УСР-А”;
- переносный инфракрасный прибор “Кромка”;
- специальные треноги для установления приборов при эксплуатации в полевых условиях;
- переносные источники электропитания;
- средства радио-телефонной связи;
- персональный компьютер типа “Pentium”.

Аппаратура “ПОМПА”, описание которой приведено в [9], предназначена для непрерывного измерения прозрачности атмосферы в области длин волн от 0,35 до 1,03 мкм и метеорологической дальности видимости при различных климатических условиях в пределах 0,1...300 км с относительной погрешностью не более 15%. В [9] изложена методика проведения натурных измерений показателя атмосферного ослабления для видимых лучей (на $\lambda=0,55$ мкм) с чувствительностью аппаратуры не хуже $3,4 \cdot 10^{-5}$ км⁻¹/мв.

Для проведения оптической калибровки измерителя прозрачности атмосферы “ПОМПА” разработаны специальная методика и соответствующая установка, описание которых приведено в [10].

На основе данных нефелометрических и метеорологических измерений с помощью системы “ПОМПА” нами разработана методика определения инфракрасной прозрачности (в области длин волн от 8 до 12 мкм) атмосферы, краткое описание которой приводится в следующем разделе данной работы.

В [11] дается описание и принцип работы многоканального аэрозольного спектрометра “Масник-А”. Спектрометр предназначен для измерения концентраций и распределения по размерам жидких и твердых частиц аэрозольных образований в лабораторных и полевых условиях в диапазоне размеров от 0,5 до 40 мкм (по радиусу) в 18 каналах амплитудного анализатора с относительной погрешностью не более 15%. Следует отметить, что характерной особенностью разработанного спектрометра является применение в оптической схеме комплекта сменных полевых диафрагм, ограничивающих геометрические размеры рабочего объема прибора в зависимости от измеряемых счетных концентраций аэрозольных частиц, а также конструктивное исполнение прибора в двух блоках - измерительного (оптико-электронного

датчика) и блока отсчета и управления, соединенных между собой кабелем длиной до 25 м. При эксплуатации прибора его работу можно управлять на расстоянии, что обеспечивает безопасность обслуживающего персонала.

Универсальный спектрорадиометр “УСР-А” [12] предназначен для измерения радиационной температуры (или ее перепадов) источников ИК излучения в лабораторных и полевых условиях, спектральной плотности энергетической освещенности и яркости точечных и протяженных тепловых объектов в области длин волн от 0,4 ... 14 мкм. Спектрорадиометр используется также в качестве дистанционного спектрального анализатора горячих газовых объектов (выбросов) в атмосфере.

Обеспечена стыковка спектрорадиометра с внешним персональным компьютером для автоматизации сбора и обработки результатов измерений по специально разработанной программе.

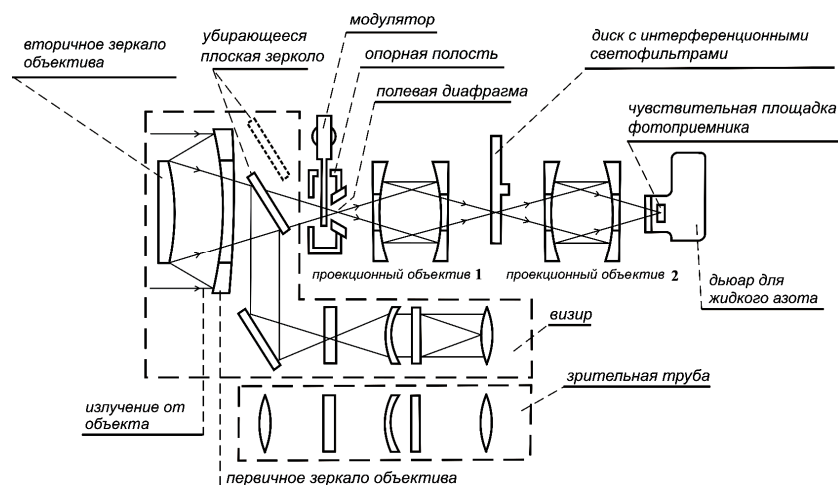


Рис. 1. Оптическая схема ОМБ “УСР-А”

Конструктивно спектрорадиометр выполнен в виде двух самостоятельных, но функционально связанных блоков: оптико-механического (ОМБ) и блока электронного управления (БЭУ), сопряженного с персональным компьютером. Электрическая связь между блоками осуществляется посредством кабелей. Оптическая схема ОМБ показана на рис. 1.

Объективом ОМБ служит зеркальная система Кассегрена с диаметром первичного зеркала 108 мм и фокусным расстоянием 200 мм, поле зрения прибора 17 угл. минут. Полный рабочий спектральный диапазон аппаратуры покрывается с помощью трех комплектов сменных светофильтров и фотоприемников в поддиапазонах от 0,4 до 1,1; от 2,5 до 5,5 и от 8 до 14 мкм. Эквивалентная шуму разность радиационных температур (на уровне 295 К) не более 0,05°. Во время эксплуатации оптико-механический блок спектрорадиометра “УСР-А” устанавливается посредством клиновой направляющей на поворотный механизм, который крепится к горизонтальной платформе специально изготовленной треноги.

В лабораторных условиях блок электронного управления устанавливается на столе, а в полевых условиях он может быть смонтирован в кунге автолаборатории с помощью амортизаторов.

Позднее нами был разработан [13] активный вариант спектро радиометра “УСР-А” под шифровым названием “Сипан-А”, предназначенный для измерения объемной концентрации газов CO, CO₂, NH₃, CH₄, N₂O, NO, SO₂ и др. в исследуемом объеме окружающей среды в лабораторных и полевых условиях. В оптической системе ИК радиометра “Сипан-А” отсутствуют узлы визира и зрительной трубы (см. рис. 1), а вместо кольцевого перестраиваемого светофильтра на турели установлены узкополосные интерференционные светофильтры, центры пропускания которых совпадают с центрами выбранных полос поглощения молекул исследуемых газов в области длин волн от 3 до 12 мкм. Отметим, что в постоянную память обрабатывающей части радиометра (БЭУ с персональным компьютером) вводится банк данных о зависимости интегральных поглощений (на данной ИК полосе) от количества поглощающих молекул исследуемого газа при различных температурах и давлениях в среде для дальнейшей автоматической обработки результатов измерений по специально разработанной программе.

Входящий в состав комплекса “РУБИНА-А” переносный инфракрасный прибор “Кромка” [14] предназначен для обнаружения скрытых (не дающих дыма) очагов горения (в том числе в почве земли) с целью предотвращения возникновения крупномасштабных пожаров, особенно в лесных пространствах.

Прибор состоит из следующих функциональных узлов: входного асферического объектива, изготовленного из монокристаллического германия; сканирующего зеркала; фотоприемника (пирозлектрик МГ-30А); полосового усилителя; сместителя; тонального генератора; динамика; магнитоэлектрического привода; усилителя привода; комплекта питающих элементов; преобразователя напряжения.

Конструктивно прибор выполнен в переносном варианте, оптическая схема которого обеспечивает многовенное поле зрения в 1°х1° с размахом сканирования 10°. Диаметр входного зрачка объектива – 50 мм с фокусным расстоянием 60 мм. Частота сканирования – 20 Гц. Прибор работает в диапазоне длин волн от 8 до 14 мкм и обеспечивает обнаружение протяженных тепловых объектов в диапазоне температур от 35 до 180С° с температурным разрешением не хуже 0,5° при сканировании исследуемых объектов на расстоянии до 5 м. Прибор эксплуатируется при температуре окружающей среды от минус 5° до 45°С. Электрическое питание прибора осуществляется от семи элементов типа “Салют-1-343”, обеспечивающих непрерывную (без замены элемента) работу в течение 8 часов. Масса прибора с футляром не превышает 3,5 кг. Внешний вид показан на рис. 2.

Принцип работы прибора по сути не отличается от функционирования ИК радиометра “УСР-А”, с той лишь разницей, что здесь в сместителе сигналы от объекта и фона преобразуются в напряжения звуковой частоты и подаются на динамик.

Для улучшения работы прибора и устранения паразитных засветок перед объективом установлена бленда, которая одновременно служит фиксатором защитной крышки объектива.



Рис. 2. Переносный прибор “Кромка”

Методика определения ИК прозрачности атмосферы на основе данных нефелометрических и метеорологических измерений. Данные о прозрачности атмосферы в ИК области спектра являются весьма важными параметрами для оперативной оценки “оптической погоды”, особенно при натурных испытаниях тепловизионной аппаратуры и приборов ночного видения. На основе прямых нефелометрических и метеорологических измерений, проводимых с помощью аппаратуры “ПОМПА” [9], разработана методика определения прозрачности горизонтальных трасс приземной атмосферы в области длин волн от 8 до 12 $\mu\text{м}$.

Как показано в монографии [15], возможность определения спектральной прозрачности облаков и туманов в ИК области по данным в видимом диапазоне длин волн весьма заманчива, так как теоретическое и экспериментальное решение второй задачи существенно проще. Достаточно отметить, что прозрачность в видимой области $T_a(0,55)$ может быть определена по визуальным измерениям метеорологической дальности видимости S_m по известному соотношению в [16].

Средний коэффициент пропускания (прозрачность) атмосферы T в области длин волн 8 ... 12 $\mu\text{м}$ определяется формулой [15]

$$T = T_M T_a = T_M(L, \gamma) \cdot \exp[-\alpha(0,55) \cdot L \beta_a], \quad (1)$$

где T_M и T_a - средние коэффициенты пропускания атмосферы, обусловленные молекулярным (в том числе паров воды) и аэрозольным ослаблением; L - трасса визирования, км ; параметр $\gamma = e/T(K)$ (мбар/град) определяется по данным измерений парциального давления водяных паров (e) и температуры воздуха $T(K) = 273 + t^\circ\text{C}$.

При несущественном изменении “оптической погоды” во времени, как показано в [15], T_M и параметр β_a могут быть приняты постоянными. Тогда среднее значение прозрачности атмосферы для горизонтальной трассы $L(\text{км})$ в момент времени t_i будет

$$T(L, t_i) = T_M(L) \cdot \exp[-\alpha_{t_i}(0,55) \cdot L \beta_a]. \quad (2)$$

С пульта управления комплекса “ПОМПА” в регистрирующую часть вводятся дискретные значения заранее определенных величин T_m , L , β_a , а также текущие значения $\alpha_{t_i}(0,55)$. Для проведения расчетов по формулам (1) - (2) и соотношениям в [9] нами была разработана специальная программа для измерения показателей ослабления видимого излучения в атмосфере, метеорологической дальности видимости и коэффициентов прозрачности в ИК области при различных длинах трассы визирования.

Следует отметить, что область длин волн от 8 до 12 мкм ограничена с учетом наиболее важных прикладных задач аппаратуры “ПОМПА”. Для определения прозрачности атмосферы на других участках спектра в диапазоне от 1 до 14 мкм, не изменяя сущности методики, необходимы лишь изменения в алгоритме значений постоянных коэффициентов.

Вышеизложенный метод обеспечивает определение прозрачности атмосферы с относительной погрешностью не более $\pm 10\%$ при $S_m=3$ км и $\pm 3\%$ при $S_m=25$ км.

Исследование инфракрасных полос поглощений атмосферных паров воды и углекислого газа. В экологических исследованиях земной атмосферы важное значение имеют измерения количества водяных паров и углекислого газа в окружающей среде. На основе экспериментальных данных, полученных при измерении спектральной прозрачности атмосферы в области длин волн от 2,5 до 5,5 мкм, где находятся сильные полосы поглощения паров воды (на 2,7 мкм) и углекислого газа (на 4,3 мкм), и с помощью существующих эмпирических зависимостей между спектральной прозрачностью и количеством (величиной осажденного слоя) поглощающих молекул можно определить средние концентрации паров H_2O и CO_2 на участке измерений.

В данном разделе представлены результаты и обсуждаются данные измерений инфракрасной спектральной прозрачности атмосферы в области длин волн от 2,5 до 5,5 мкм, проведенных с помощью разработанного нами универсального спектрорадиометра “УСР-А”.

Экспериментальные работы по измерениям спектральной прозрачности атмосферы в области длин волн от 2,5 до 5,5 мкм проводились в средних широтах европейской части России в летний период года на горизонтальной дистанции длиной 1500 м. С помощью соотношений в [12] были получены значения спектральной прозрачности атмосферы для трассы измерения, которые нанесены на рис. 3 (крестиками). Сплошной линией на рис. 3 представлены расчетные значения $\tau(\lambda, l)$ по данным [17, 18].

На основе многочисленных практических измерений поглощения водяных паров в атмосфере авторами [19] была предложена эмпирическая формула для расчета спектральной прозрачности $\tau(\lambda)$ на горизонтальных трассах в атмосфере до высот 2...3 км.

С помощью данных [19] и на основе наших измерений $\tau(\lambda)$ (рис. 3) для величины осажденного слоя паров воды ω_{H_2O} нами получены на участках спектра 1,9 ... 2,7 и 2,7 ... 4,3 мкм значения 4,5 и 9,5 мм соответственно, что в

среднем для трассы $l=1500$ м составляет $\omega_{H_2O}=1500$ м. Это значение совпадает с данными, полученными в результате синхронных измерений метеорологических параметров, по которым для ω_{H_2O} получено значение 7,5 мм. Именно для этого значения ω_{H_2O} на рис. 3 проведена расчетная кривая пропускания атмосферы.

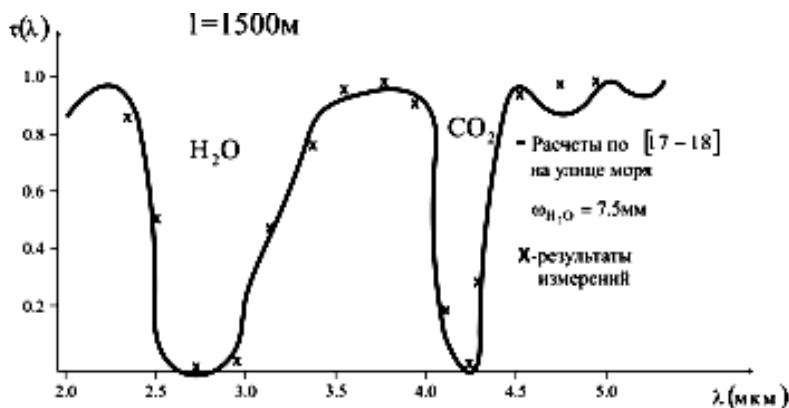


Рис. 3. Спектральная прозрачность атмосферы в области длин волн от 2,5 до 5,5 мкм

По результатам многолетних теоретических и экспериментальных исследований в [20] установлены эмпирические зависимости между пропусканием атмосферы τ и количеством поглощающих молекул газа CO_2 для полосы 4,3 мкм. С помощью измеренных нами значений $\tau(\lambda)$ для полосы 4,3 мкм CO_2 и по формулам [20] проводились расчеты поглощающего количества углекислого газа на горизонтальной трассе 1500 м, усредненное значение которого оказалось равным $\omega_{CO_2}=4,2$ см.

Исследованию концентрации CO_2 в атмосфере посвящено много работ, результаты которых подробно проанализированы в [15]. Из проведенного в [15] анализа данных о концентрации углекислого газа следует, что разница между абсолютным максимумом и минимумом значений концентрации CO_2 достигает большой величины (в 6 раз), но при расчетах поглощения инфракрасного излучения углекислым газом в атмосфере его концентрацию можно считать постоянной и равной 0,03% по объему, поскольку большие отклонения от этого значения наблюдаются крайне редко. Полученное при наших измерениях значение объемной концентрации атмосферного CO_2 оказалось порядка 0,28%, которое почти не отличается от принятого среднего значения, полученного в результате многолетних исследований.

Дистанционный спектральный анализ промышленных газовых выбросов в атмосферу.
При эксплуатации спектрорадиометра “УСР-А” в пассивном режиме были получены ИК спектры горячих газовых выбросов из

дымовой трубы промышленного предприятия. Спектры были получены на расстоянии 3 км в области длин волн от 2,5 до 5,5 мкм. Усредненная ИК по данным более 20 полученных спектрограмм в относительных единицах показана на рис. 4.

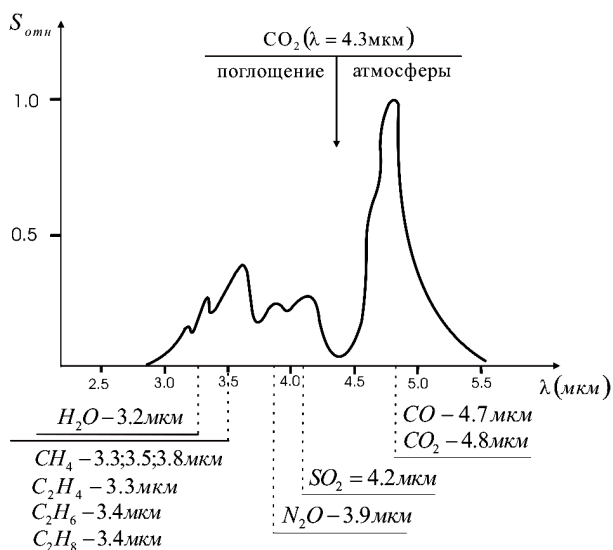


Рис. 4. Усредненная ИК спектрограмма горячего газового промышленного выброса с расстояния 3 км

На спектрограмме отчетливо выделяются эмиссионные полосы молекул SO_2 , N_2O , CO , CO_2 паров H_2O и группы углеводородов. Отметим, что вследствие низкого спектрального разрешения ($\approx 3\%$) полосы углеводородов объединены в одну, с максимумом на $\lambda = 3,5$ мкм. Однако их интегральную интенсивность можно сравнить с интенсивностью полос CO - CO_2 (на $\lambda = 4,7 \dots 4,8$ мкм), что с точки зрения качественного спектрального анализа имеет большое значение в области контроля газовой загрязненности атмосферы.

На полученной спектрограмме резко отличается полоса поглощения атмосферного CO_2 на длине волны $\lambda = 4,3$ мкм [15].

Известно, что газы CO и CO_2 являются основными продуктами сгорания, интенсивная полоса излучения которых на $\lambda = 4,7 \dots 4,8$ мкм видна на наших спектрограммах.

Спектральная область измерений от 2,5 до 5,5 мкм нами выбрана не случайно: во-первых, она является одним из “окон прозрачности” атмосферы; во-вторых, малые газовые примеси, такие как углеводороды, SO_2 , N_2O и др., имеют более или менее интенсивные колебательно-вращательные спектры именно в этом диапазоне длин волн [15]. Относительное содержание выбрасываемых в атмосферу газов (в отношении группы CO - CO_2) в единицу времени оценивалось с помощью отношений интегральных интенсивностей полос отдельных газов. Расчеты показывают, что содержание выбрасываемых углеводородов в два и три раза превышает содержание газов SO_2 , N_2O

соответственно, а с другой стороны - оно в четыре раза меньше, чем содержание группы СО - СО₂.

В настоящее время общепринятым методом в области экоаналитических исследований газовых загрязнений в атмосфере [21, 22] является лабораторный ИК спектральный анализ отобранных проб газовых выбросов. Несмотря на сравнительно высокое спектральное разрешение такого метода, по оперативности экологического контроля его не сравнить с вышеизложенным дистанционным методом спектрального анализа.

Полученные результаты ИК спектрометрических измерений горячих газовых выбросов в атмосферу могут обеспечить значительную информацию о составе атмосферных газовых загрязнений. Разработанная нами методика измерений и примененная аппаратура представляют возможность проведения оперативной (качественной) оценки содержания разных газов в горячих выбросах с помощью пассивного спектрометрирования в областях длин волн от 3 до 5 и от 8 до 14 мкм.

Заключение. Разработанный комплекс оптико-электронных приборов и систем, а также физические методы измерений и автоматической обработки данных некоторых экологических параметров атмосферы, несомненно, позволят проведение оперативного контроля газопылевой загрязненности атмосферы и тепловой обстановки окружающей среды. Внедрение комплекса "РУБИНА-А" в научных исследованиях атмосферы, точечных и протяженных ИК источников (в том числе горячих газовых выбросов), а также при натурных испытаниях тепловизионной аппаратуры и приборов ночного видения обеспечит высокую техническую эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мусаелян С.М. Проблемы охраны чистоты атмосферы.-Ереван: Айастан, 1985.-225с.
2. Банников А.Г., Рустамов А.К. Охрана природы. 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Агропромиздат, 1985.-287с.
3. Оуэн О.С. Охрана природных ресурсов / Пер. с англ.-М.: Колос, 1977.-416с.
4. Фельдман Ю.Т. Гигиеническая оценка автотранспорта как источника загрязнения воздуха. – М., 1975.-187с.
5. **Laser Monitoring of Air Pollution:** SO₂, NO₂, Ozone, Benzene, Toluene and Aerosols // ELIGHT, Laser Systems, GmbH, Berlin. - 2000.
6. Попов А.А., Качин С.В. Компьютеризованные аналитические комплексы для экологического мониторинга / Приборы и системы управления. – 1994. -No 9.-С.15-17.
7. Чандлер Т. Воздух вокруг нас / Пер. с англ.-Л.: Гидрометеиздат, 1974.
8. Эренфельд Д. Природа и люди / Пер. с англ.-М.: Мир, 1973.-254с.
9. Асатрян Р.С., Асатрян С.Р., Геворкян Г.Г. и др. Полевой оптико-метеорологический пост-автомат //ПТЭ. – 2003. - No 4. - С.125-126.
10. Асатрян Р.С., Асатрян С.Р., Геворкян Г.Г. и др. Установка оптической калибровки измерителя прозрачности атмосферы //ПТЭ.-2004.-No 6.-С.132-133.
11. Асатрян Р.С., Асатрян С.Р., Вардумян Л.А. и др. Многоканальный аэрозольный спектрометр //ПТЭ.-2004.- No 4.-С.166-167.
12. Asatryan R.S., Epremian R.A., Gevorkyan H.G. and others. Universal Infrared Spectral Radiometer //Intern. Journal of IR and MM Waves.-2003.-V. 24, No 6.-P.1035-1046.
13. Asatryan R.S., Abrahamyan Yu.A., Gevorkyan H.G. and others. IR Spectral Method of Monitoring the Industrial Gas Ejections in Atmosphere //Dubai Inter. Confer. on Atmospheric Pollution: 21-24 febr. 2004 - Dubai, UAE.- 2004.- Proceed.- P.134-139.

14. **Асатрян Р.С., Арутюнян С.О., Гаспарян Ф.В.** и др. Некоторые достижения оптоэлектроники в области медицинского приборостроения // Матер. Первой Нац. конфер. "Полупроводниковая микроэлектроника" / Ереванский гос. университет. -Ереван, 1997.-С.117-120.
15. **Зуев В.Е.** Прозрачность атмосферы для видимых и инфракрасных лучей.-М.: Сов. радио, 1966.-318с.
16. **Тверской П.Н.** Курс метеорологии.-М.: Гидрометеоздат, 1962.
17. **Круз П., Макглоулин Л., Макквистан Р.** Основы инфракрасной техники / Пер. с англ..-М.: Изд. МО СССР, 1964. -463с.
18. **Павлов А.В.** Оптико-электронные приборы.-М.: Энергия, 1974.
19. **Elder t., Strong J.** Experimental Study of Empirical Relations between Atmospheric Transparency and Water vapour concentrations //Journ. Franklin Instit.-1953.-V.225.-P.189-198.
20. **Москаленко Н.И., Мирумянц С.О.** Теоретические и экспериментальные исследования инфракрасных полос поглощений атмосферных паров и углекислого газа //Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана.-1970.-Т.6, No 11.-С.1110-1121.
21. **Ахмеджанов Р.А., Гаврилова М.А., Радищев Д.Б.** и др. Анализатор содержания окисей азота и серы в дымовых выбросах теплосжигающих установок //ПТЭ.-1997.-No 1.-С.165-169.
22. **Попов А.А., Рыхнев В.Ю., Сергеев С.К.** и др. Российские экономические технологии //Приборы и системы управления.-1999.-No 9.-С.3-12.

НП ЗАО "АРЕВ". Материал поступил в редакцию 15.06.2005.

Ռ.Ս. ԱՍԱՏՐՅԱՆ

ՄԹՆՈԼՈԳԻՏԻ ԵՎ ԶԵՆՄԱՅԻՆ ՕԲՅԵԿՏՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱ-ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱ-ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐ ԵՎ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ

Ներկայացված են մթնոլորտի և ջերմային օբյեկտների հիմնական ֆիզիկա-էկոլոգիական պարամետրերի հետազոտությունների մշակման և օպտիկա-էլեկտրոնային համակարգերի համալիրի ստեղծման ուղղությամբ կատարված գիտահետազոտական և փորձակոնստրուկտորական աշխատանքների արդյունքները: Քննարկված են մշակված համալիրի օգնությամբ իրականացված մի շարք փորձնական արդյունքներ:

Առանցքային բառեր. մթնոլորտի թափանցիկություն, հեղուկ և պինդ աերոզոլային գոյացումներ, հեռահար սպեկտրային վերլուծություն, տաք գազային արտամղումներ, մթնոլորտային ջրային գոլորշին, ածխաթթու գազ:

R.S. ASATRYAN

OPTICAL ELECTRONIC METHODS AND SYSTEMS OF PHYSICAL-ECOLOGICAL INVESTIGATIONS OF ATMOSPHERE AND THERMAL OBJECTS

The results of scientific research and development work on the elaboration of measurement methodology and the creation of complex Optical/Electronic Systems for studying principal Physical/Ecological parameters of the atmosphere and thermal objects are presented. Some experimental results obtained by a developed complex are discussed.

Keywords: atmosphere transparency, liquid and solid aerosol formation, remote spectral analysis, hot gas ejections, atmospheric water vapours, carbonic gas.