
УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ ТРАССОВЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР ДОАС М1

НАЗНАЧЕНИЕ И КРАТКОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

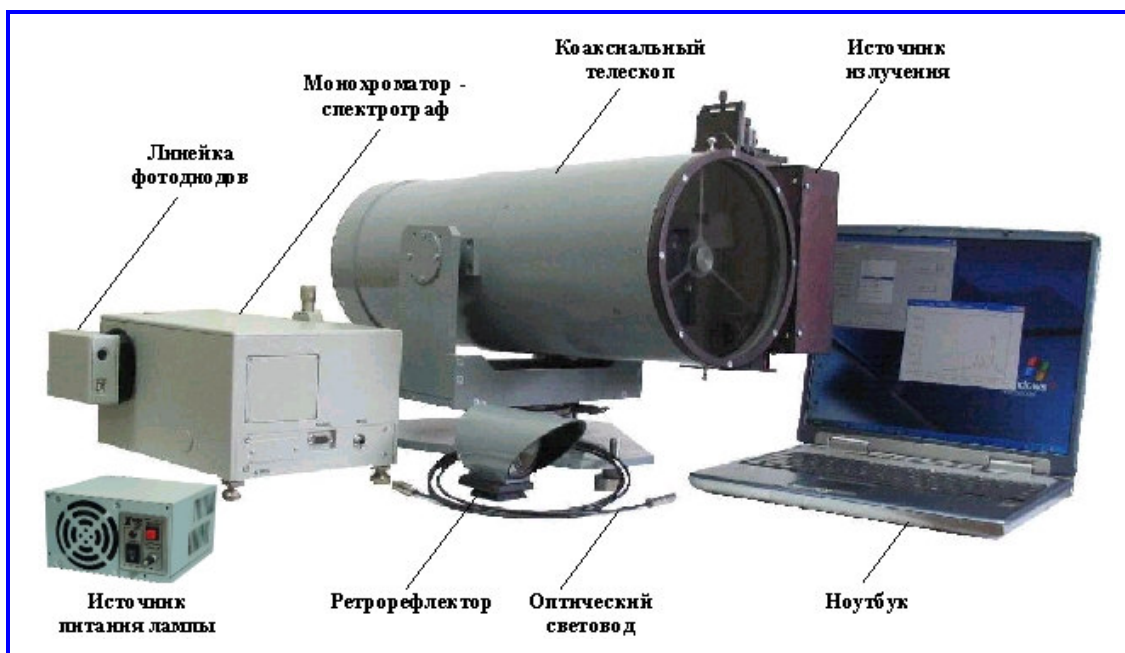


Рис. 1. Трассовый газоанализатор ДОАС М1.

- Приборы предназначены для определения концентрации основных газовых загрязняющих примесей в атмосферном воздухе (**озона, формальдегида, двуокиси серы и азота, фенола, бензола, толуола** и многих других) на уровне миллиардных долей по объему в реальном времени без забора проб воздуха. Время единичного измерения концентрации одного или нескольких газов - **от 30 с до 3 мин.**
- Впервые используемый **КОАКСИАЛЬНЫЙ ТЕЛЕСКОП** небольших размеров позволил разработать наиболее легкий трассовый газоанализатор в мире (вес ДОАС М1 – **не более 32 кг**), отличающийся простотой исполнения, надежностью, удобством использования в мобильных системах мониторинга окружающей среды и низкой стоимостью.
- Вновь разработанный **МОНОХРОМАТОР** позволяет измерять **ОДНОВРЕМЕННО** концентрацию **до 33 газов** в широком спектральном диапазоне (**до 143 нм**) без дополнительной настройки. Измерения выполняются **АВТОМАТИЧЕСКИ** в течение длительного времени (до двух месяцев).

ВВЕДЕНИЕ

В данной брошюре описывается **РОССИЙСКИЙ КОММЕРЧЕСКИЙ ТРАССОВЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР ДОАС М1**, разработанный и производимый в России **ООО «Обнинская Фотоника»** (г. Обнинск) на основе *метода дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (ДОАС)*.

Трассовые газоанализаторы, построенные на основе метода ДОАС, предназначены для измерения малых концентраций основных загрязняющих газов (*диоксида азота, диоксида серы, озона, окиси азота, формальдегида, толуола, бензола* и др.) на открытых трассах в атмосферном воздухе в реальном времени. Действие прибора основано на регистрации спектра поглощения атмосферы и сравнении его с известными спектральными характеристиками измеряемых газов.

В настоящее время известно всего несколько зарубежных коммерческих газоанализаторов на основе ДОАС – **OP SIS** (Швеция), **DOAS-2000** (США), **SANO A** (Франция). При этом выпуск двух последних приборов временно приостановлен из-за технических трудностей.

Наша разработка отличается уникальной оптической схемой, не используемой ни в одном зарубежном аналоге трассовых газоанализаторов; простотой исполнения; надежностью; удобством в проведении мониторинга и более низкими ценами по сравнению с зарубежными аналогами. **ДОАС М1** в настоящее время – **самый точный прибор** из коммерчески реализуемых трассовых газоанализаторов.

В разработанных нами газоанализаторах **ДОАС** впервые используется **коаксиальный телескоп** (в отличие от существующих методов). Эта инновация значительно упрощает операции по выполнению трассового мониторинга и существенно снижает их стоимость. В других методах трассового зондирования используются прожектор и приемный телескоп, установленные на разных концах трассы, что требует отдельных источников питания, периферийного дополнительного оборудования, значительно повышает цену системы и делает ее более сложной в использовании и настройке.

Созданный телескоп является совершенно новой технической разработкой, защищенной **Российскими свидетельствами о полезной модели** 9311 с приоритетом от 20 февраля 1998 г. и 16032 с приоритетом от 09.06.2000 г.

Для возвращения света в телескоп используется **высокоточный уголкового отражатель** (ретрорефлектор), изготовленный из синтетического кварца. Использование ретрорефлектора позволяет удвоить длину трассы. Ретрорефлектор является полностью пассивным и не требует энергии и обслуживания.

В качестве спектрографа и фотодетектора в приборах **ДОАС М1** используются современные, надежные, высокоточные и компактные фотоэлектронные приборы: **монохроматор - спектрограф** и **линейка фотодиодов**.

Газоанализатор ДОАС М1 (Рис. 1) является компактной модификацией сертифицированного газоанализатора **ДОАС-4P** (**Сертификат RU.C.29.027.A № 10799** зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений Госстандарта России 17.09.2001). Основное отличие заключается в использовании коаксиального телескопа с той же оптической схемой, но меньших размеров, что существенно уменьшает вес прибора и облегчает его эксплуатацию в мобильном варианте.

Поверка приборов производится в соответствии с **Инструкцией по поверке ДОАС.4901.004.10850053 ИП**. Межповерочный интервал – 1 год.

В настоящее время разработана и находится на утверждении в Госстандарте России **Инструкция для проведения исследований качества воздушной среды с помощью трассовых газоанализаторов**.

Газоанализаторы **ДОАС** успешно прошли полевые испытания на полигонах гг. Москва и Обнинск. Приборы эксплуатируются: на предприятии Лукойл Ухтанефтепереработка (г. Ухта), в Белгородском университете, в Московском центре МЧС (два комплекта), в Тяньзинском университете (г. Тяньзин, Китай), в Институте оптики и точной механики (г. Хэфэй, Китай), в Ширазском университете, (г. Шираз, Иран), в Институте науки и технологии (г. Кванджу, Южная Корея).

В [1, 2] опубликованы результаты непрерывных измерений концентраций 4-х основных загрязняющих газов летом 2002 в Обнинске. Проведено также сравнение с данными параллельных измерений в Москве, выполненных с использованием шведского прибора **OP SIS DOAS**. Некоторые результаты измерений в Обнинске, а также в Иране и Китае, приведены в **Приложении 2**.

1. ДОСТОИНСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИБОРОВ ДОАС

Достоинства и преимущества газоанализаторов ДОАС

- **Точные измерения** концентрации загрязняющей примеси - на уровне миллиардных долей.
- **Быстрые измерения** в реальном режиме времени - время единичного измерения не более 3 мин.
- **Длительные измерения** в **автоматическом** режиме: продолжительность непрерывных измерений без подстройки прибора - не менее 1 недели и до 2 месяцев.
- **Возможность одновременного измерения концентрации 33 газов** в широком спектральном диапазоне (143 нм) - благодаря вновь разработанному монохроматору.
- **Не требуется отбора образцов и их анализа** - прибор не вносит никаких искажений в характеристики газового состава.
- **Прибор компактен и мобилен** (вес ДОАС М1 всего 32 кг). Может использоваться для измерения концентрации газов в дымовых трубах и других труднодоступных объемах.
- **Прибор прост в эксплуатации** и требует минимум обслуживания.
- **Простая калибровка** - при измерениях не требуется использование газовых калибровочных смесей. Калибровка лампы проводится с помощью прилагаемого устройства (на зарубежных трассовых газоанализаторах проводится в принципе не может).
- Возможны **многотлетние наблюдения** для изучения динамики уровня загрязнения воздуха.
- **Низкая цена** по сравнению с зарубежными аналогами.

Области применения газоанализаторов ДОАС

- **Контроль за загрязнениями:** в городах и промышленных районах; на нефтеперерабатывающих предприятиях; на крупных автомобильных магистралях; в цементной промышленности; на заводах, производящих удобрения; на заводах, производящих серную кислоту; на деревообрабатывающих предприятиях; на мусоросжигательных заводах и т. п.
- Определение **переноса загрязнений** от промышленных предприятий на жилые районы.
- **Фоновый мониторинг** загрязнения воздуха.

Блочная структура газоанализатора, простота установки и обслуживания и сравнительно низкая стоимость делает возможным и удобным использование прибора **в лабораторных исследованиях и в образовательных целях** - в научных институтах, лабораториях и университетах для исследования газообразных загрязнений атмосферы и для ознакомления студентов с современными методами УФ атмосферной спектроскопии.

Газоанализаторы ДОАС могут поставляться в различной комплектации:

- для проведения работ по индикации загрязнений;
- для проведения мониторинга загрязнений: в специальном контейнере или в мобильном варианте.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Трасса и газы

- Схема измерения - трассовая, двухпроходная. На одном конце трассы устанавливаются приемо-передающий телескоп с ультрафиолетовым источником излучения, измерительный блок и компьютер, на другом конце - ретрорефлектор, который отражает излучение источника в направлении телескопа.
- Длина трассы зондирования (светового пути) 200 - 750 м
- Перечень загрязняющих газов, измеряемых приборами ДОАС М1, представлен в *Приложении 1*.

Длительность измерений

- Время измерения концентрации одного (или нескольких) газов не более 3 мин
- Продолжительность непрерывных автоматических измерений (ограничена сроком службы ксеноновой лампы) не менее 1200 часов

Источник излучения

- УФ источник излучения дуговая ксеноновая лампа OSRAM XBO 150W/1 10X1
- Для питания ксеноновой лампы используется источник постоянного тока.
- Электрическая мощность потребления лампы 150 Вт
- Рабочее напряжение лампы не более 20 В
- Напряжение импульса для поджига лампы 25 кВ
- Срок службы ксеноновой лампы не менее 1200 час

Коаксиальный телескоп

- Телескоп используется одновременно для коллимации источника излучения и для приема излучения, прошедшего трассу измерений.
- Основное направление оптической оси телескопа горизонтальное

- Диаметр главного сферического зеркала 195 мм
- Фокусное расстояние 500 мм
- Угловое разрешение 20 угловых секунд

Поворотное устройство

- Диапазон установки по углу места от -5° до +20° от горизонтали
- Диапазон установки по азимуту от -15° до +15°

Ретрорефлектор

- В качестве ретрорефлектора используется призмный угловой отражатель из кварца с точностью не менее 15 угловых секунд

Измерительный блок

- Число каналов регистрации оптического сигнала 1
- Для анализа и регистрации спектра излучения используется монохроматор – спектрограф и линейка фотодиодов с 14 разрядным аналого-цифровым преобразователем.
- Основные параметры монохроматора:
 - рабочий диапазон длин волн (~40% eff.) 190 – 560 нм
 - погрешность установки длин волн ± 0,18 нм
- Число пикселей линейки фотодиодов 1024
- Передача излучения от телескопа к спектрометру производится кварцевым оптическим волоконным световодом с диаметром моноволокна 200 микрон
- Спектральный диапазон измерений газоанализатора 205–460 нм
- Количество одновременно измеряемых газов до 33

Система регистрации и обработки данных

- Программное обеспечение газоанализатора предназначено как для управления прибором и проведения измерений, так и для обработки первичных результатов измерений с помощью специальных численных методов.
- Измерения могут проводиться в ручном и в автоматическом режимах (единичные и серийные измерения).
- Результаты измерений выводятся на экран монитора компьютера и могут распечатываться и храниться в памяти компьютера.
- Минимальные требования к компьютеру
 - Pentium II-500 с объемом оперативной памяти 128 Мб и жестким диском 10 Гб
 - операционная система Windows 95/98, Windows NT

Габаритные размеры устройств газоанализатора (длхшхв):

- телескопа с поворотным устройством, источником излучения и его блоком питания 750×370×350 мм
- монохроматора с блоком линейки фотодиодов 320×230×165 мм
- ретрорефлектора 135×67×72 мм

Масса устройств газоанализатора:

- телескопа с поворотным устройством, источником излучения и его блоком питания 20,6 кг
- монохроматора с блоком линейки фотодиодов 7,7 кг
- ретрорефлектора 0,3 кг
- общая масса газоанализатора не более 32 кг

Условия эксплуатации:

- Телескоп с источником излучения и контрольно-измерительная аппаратура должны находиться в закрытом помещении при температуре воздуха от +10 до +35°C
- Ретрорефлектор рассчитан на эксплуатацию в полевых условиях на открытом воздухе при температуре воздуха от минус 40 до +40°C
- Ксеноновая лампа является источником озона. Поэтому в помещении должна быть установлена приточно-вытяжная вентиляция.

Питание и потребляемая мощность

- Питание газоанализатора осуществляется от однофазной сети переменного тока с напряжением 220 В, 50 Гц.
- Максимальная электрическая мощность, потребляемая прибором не более 0,3 кВт.

3. СТРУКТУРА

Общий вид трассового газоанализатора показан на фотографии (см. Рис. 1), структурная схема - на Рис. 2.

Основные компоненты приборов ДОАС:

- **Ультрафиолетовый источник света** прожекторного типа - дуговая ксеноновая лампа с источником питания.
- **Коаксиальный телескоп**, одновременно исполняющий роль прожектора и приемника излучения. Телескоп установлен на **двухосном поворотном устройстве**.
- **Ретрорефлектор** (угловой отражатель) – для отражения света с дальнего конца трассы.
- **Оптико-волоконный световод** (ОВС) – для передачи излучения в монохроматор.
- **Монохроматор - спектрограф** – для разложения в спектр излучения, поступившего с трассы.
- **Фотодетектор (линейка фотодиодов)** с **аналого-цифровым преобразователем** (АЦП) – для регистрации спектра.
- **Компьютер (PC или ноутбук) и программное обеспечение** - для управления прибором, проведения измерений и обработки данных (компьютер в комплект поставки не входит).
- **Оборудование для настройки и тестирования** прибора.

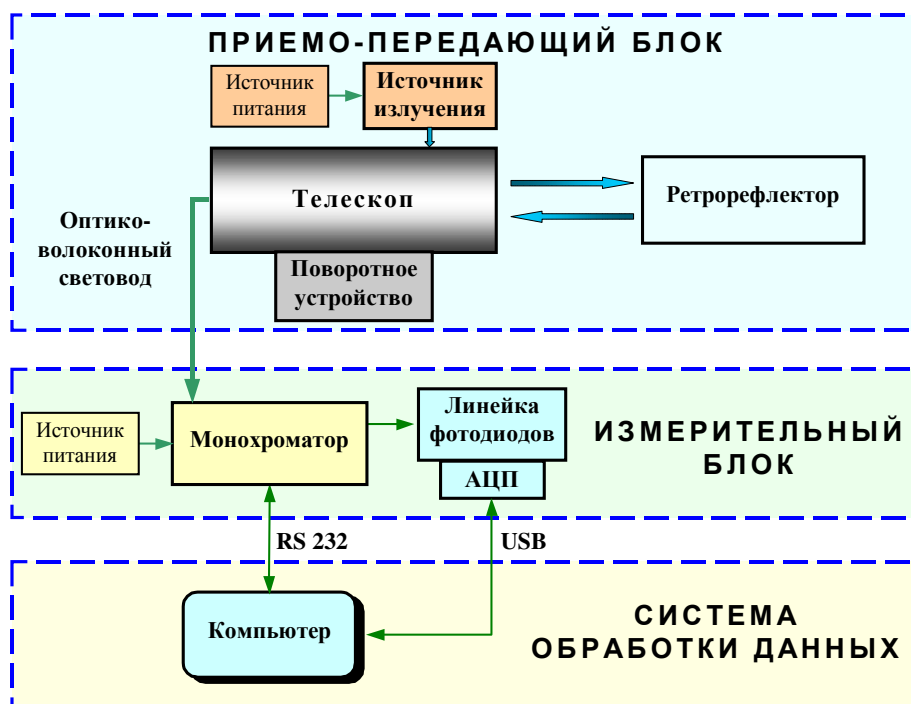


Рис. 2. Структурная схема трассового газоанализатора ДОАС М1.

4. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

4.1. Метод дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии

В основе принципа работы трассового газоанализатора лежит метод *дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (ДОАС)* [3], основанный на измерении поглощения газами в ультрафиолетовой области спектра. Спектральный прибор, входящий в состав газоанализатора, позволяет фиксировать изменения в спектральном распределении регистрируемого излучения, обусловленные поглощением излучения газовыми компонентами атмосферы при его прохождении по трассе между источником и приемником излучения.

Характерным свойством любого вещества является поперечное сечение поглощения радиации на данной длине волны. Эта величина служит основой для расчета содержания газов в исследуемом пространстве. Поперечные сечения поглощения газов могут быть измерены в лабораториях и занесены в базу данных прибора.

Метод ДОАС может быть применен только к тем веществам, спектр поглощения которых содержит достаточно узкие структуры в виде полос и линий поглощения.

В **Приложении 1** приведен список основных загрязняющих газов, которые имеют заметные спектры поглощения в УФ диапазоне и измеряются газоанализатором ДОАС М1 (список газов может быть легко расширен). Кроме этого, указаны минимально обнаружимые концентрации (уровень 3σ), рассчитанные для ДОАС М1, а также предельно допустимые среднесуточные концентрации (ПДК с.с.), утвержденные Госсанэпиднадзором Российской Федерации.

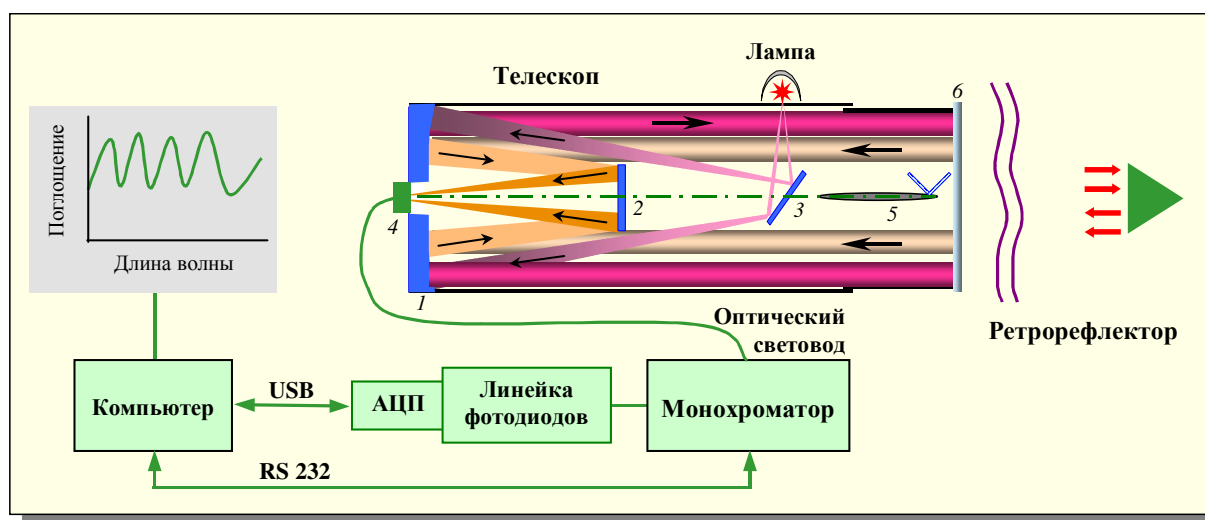
Перед началом измерений выбирается одна из спектральных областей, на которые разбит весь спектральный диапазон измерений газоанализатора, и спектр газов регистрируется в этой области. Метод наименьших квадратов позволяет одновременно определять концентрацию всех газов, поглощающих в выбранной спектральной области.

4.2. Принцип действия газоанализаторов ДОАС М1

Световое излучение от источника света (дуговой ксеноновой лампы) коллимируется телескопом и направляется на атмосферную трассу (Рис. 3). На противоположном конце трассы установлен угловой отражатель (ретрорефлектор), который отражает часть излучения обратно в сторону телескопа. Часть излучения, прошедшего трассу в обратном направлении, попадает в апертуру приемного канала телескопа и фокусируется на входном окне оптического световода.

По оптическому световоду световое излучение попадает на входную щель монохроматора, в котором разлагается в спектр. В плоскости одной из выходных щелей монохроматора установлена линейка фотодиодов, сигнал с которой оцифровывается с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и поступает в компьютер для дальнейшей обработки.

В процессе обработки спектр излучения, прошедшего трассу, сравнивается со спектром источника, в результате чего выявляются изменения, обусловленные поглощением излучения газовыми компонентами атмосферы. Поскольку каждый газ имеет свой индивидуальный спектр поглощения, анализ изменений спектра позволяет идентифицировать поглощающие газы и определять их концентрации.



- | | |
|---|--|
| 1 – главное сферическое зеркало | 4 – узел юстировки входного окна ОВС |
| 2 – круглое плоское (вторичное) зеркало | 5 – затвор с дополнительным ретрорефлектором |
| 3 – плоское поворотное зеркало | 6 – защитное стекло |

Рис. 3. Принцип действия трассового газоанализатора ДОАС М1.

5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ОСНОВНЫХ БЛОКОВ

Ниже кратко описано назначение и устройство основных блоков приборов ДОАС М1. Основные технические параметры описываемых деталей перечислены в Разделе 2.

5.1. Источник излучения

В качестве УФ источника излучения используется дуговая ксеноновая лампа высокого давления **OSRAM XBO 150W/1 10X1**, которая расположена в фокусе внешнего кольца главного зеркала телескопа.



С целью обеспечения безопасных условий эксплуатации источника излучения лампа помещена в защитный контейнер, на верхней плоскости которого размещен узел юстировки лампы, а на нижней – вентилятор для охлаждения работающей лампы. Контейнер крепится на боковой поверхности телескопа (см. Рис. 1), и свет лампы попадает внутрь телескопа через отверстие в его трубе.

Питание ксеноновой лампы осуществляется с помощью собственного блока питания (см. Рис. 1) - источника постоянного тока, обеспечивающего поджиг лампы и стабилизацию ее мощности при колебаниях сетевого напряжения от 180 до 250 В.

5.2. Коаксиальный телескоп

Конструкция и оптическая схема телескопа показана на Рис. 3.

5.2.1. Конструкция

Труба телескопа изготовлена из алюминия. Внутренняя поверхность трубы покрыта светопоглощающей краской.

Основная деталь телескопа – точное сферическое зеркало 1 с алюминиевым покрытием – установлена на заднем торце корпуса телескопа. Круглое плоское (вторичное) зеркало 2 и плоское поворотное зеркало 3 также покрыты алюминием. Для защиты поверхностей зеркал телескопа от загрязнений и влаги используется плоскопараллельная кварцевая пластина 6, которая крепится на входном торце телескопа.

Узел юстировки 4 входного окна оптико-волоконного световода, установленный на заднем торце корпуса телескопа, позволяет осуществлять тонкую юстировку для фокусировки излучения на приемную апертуру ОВС. В этом же узле установлена линейка со светофильтрами.

Юстировочное устройство для внутренней калибровки предназначено для измерения сигнала ксеноновой лампы. Оно представляет собой цилиндрическую насадку с затвором 5 – круглой шторкой на поворотной ручке. На шторке установлен дополнительный ретрорефлектор. Насадка вставляется внутрь трубы телескопа.

Телескоп при помощи цапф крепится к двухосному поворотному устройству, четыре механизма которого обеспечивают как грубую, так и точную наводку телескопа на ретрорефлектор.

5.2.2. Оптическая схема телескопа: передающий и приемный каналы

Главное сферическое зеркало телескопа используется как в передающей, так и в приемной части устройства.

Передающий канал. В качестве коллимирующего устройства, необходимого для сбора излучения дуговой ксеноновой лампы и формирования из него узко направленного пучка света, в приборе используется плоское поворотное зеркало 3 и внешнее кольцо главного сферического зеркала 1 телескопа. Коллимированный узкий пучок излучения лампы направляется на ретрорефлектор, расположенный на противоположном конце трассы.

Приемный канал. Излучение, отраженное ретрорефлектором в направлении телескопа, собирается в фокусе внутреннего кольца главного зеркала 1. Вторичное 2 отражает сфокусированное излучение на входное окно ОВС.

При измерениях на атмосферной трассе затвор 5 устанавливается параллельно оптической оси телескопа и не препятствует выходу коллимированного излучения на трассу.

5.2.3. Схема внутренней калибровки

Для математической обработки данных измерений на атмосферной трассе, а именно, для расчета оптических толщин загрязняющих газов и их концентраций, необходимо иметь данные о спектральном распределении сигнала источника излучения. С этой целью в процессе трассовых измерений проводятся измерения сигнала лампы с помощью юстировочного устройства для внутренней калибровки. Затвор данного устройства устанавливается перпендикулярно оптической оси телескопа (Рис. 4) и перекрывает выход коллимированного излучения лампы на трассу. Часть излучения перехватывается внутренним ретрорефлектором и передается в приемный канал телескопа и далее во входное окно ОВС и монохроматор.

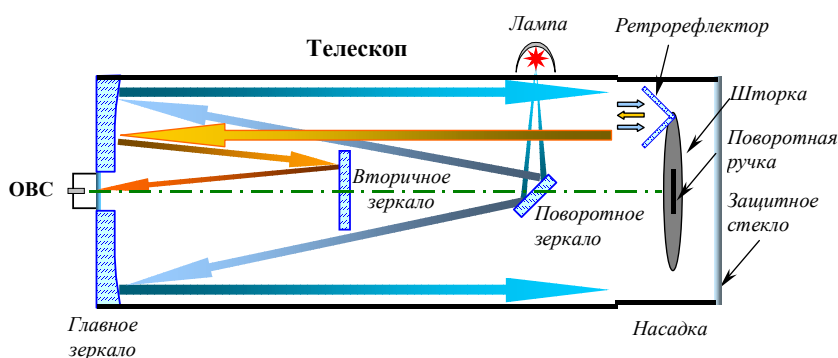


Рис. 4. Оптическая схема работы телескопа в режиме измерения сигнала ксеноновой лампы (вид сверху).

5.3. Ретрорефлектор

Основу ретрорефлектора представляет собой изготовленный из кварца призмный углоковый отражатель (см. Рис. 1), который отражает падающее на него излучение в направлении источника излучения. Углоковый отражатель в оправе крепится к любой опоре на дальнем конце трассы.

5.4. Оптический волоконный световод

Для передачи излучения от телескопа к монохроматору используется оптический волоконный световод, представляющий собой кварцевое моноволокно в защитной полимерной оболочке с латунными наконечниками на торцах.

5.5. Монохроматор

Монохроматор - спектрограф предназначен для выделения монохроматического излучения при работе трассовых газоанализаторов ДОАС М1. Прибор построен по оптической схеме Черни-Тернера. Внешний вид прибора показан на фотографии (см. Рис. 1).

На входной порт монохроматора установлена входная щель, к держателю которой подсоединяется выходное окно оптико-волоконного световода и его узел юстировки. Боковой выходной порт снабжен адаптером для подсоединения фотодетектора - линейки фотодиодов.

Монохроматор является полностью автоматизированным прибором. В нем используется внутренний контроллер для разворота решетки и управления затвором. Управление монохроматором производится от компьютера через кабель интерфейса RS 232.

Для питания монохроматора используется универсальный сетевой адаптер с выходным напряжением 24 В.

5.6. Фотодетектор - линейка фотодиодов

В качестве фотодетектора используется линейка фотодиодов с электронным блоком, включающим аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Фотодетектор монтируется на боковой выходной порт монохроматора с помощью адаптера (см. Рис. 1). Работа фотодетектора контролируется компьютером через кабель интерфейса USB.

5.7. Система обработки данных

Система обработки данных предназначена для обработки сигналов, поступающих от фотодетектора, визуального контроля за процессом измерений и сохранения результатов обработки. Система представляет собой программное обеспечение с наглядным и удобным интерфейсом. Работа с программой осуществляется в диалоговом режиме.

Функции программного обеспечения:

- выбор параметров при подготовке прибора к измерениям; управление процессом измерений на трассе; первичная обработка сигналов и сохранение первичных данных измерений;
- обработка первичных данных измерений с помощью специальных численных методов (расчет концентрации и оптических толщ измеряемых газов); представление результатов обработки на экране компьютера в графическом виде; печать и сохранение результатов обработки.

5.7. Оборудование для настройки и калибровки

В состав оборудования для настройки и калибровки прибора входят ртутная лампа (для калибровки шкалы длин волн монохроматора), окуляр (для предварительного наведения телескопа на ретрорефлектор) и другие аксессуары.

Список публикаций

1. В. А. Коршунов, С. С. Хмелевцов, Д. И. Бусыгина, В. С. Хмелевцов. Непрерывные синхронные измерения концентрации диоксида серы, формальдегида, диоксида азота и озона с помощью трассового газоанализатора «ДОАС-4Р» в г. Обнинск летом 2002 г. Метеорология и Гидрология, № 11, 2004, с. 97-106.

2. S.S. Khmelevtsov, V.A. Korshunov, D.I. Busygina, and V.S. Khmelevtsov. DOAS-4R continuous measurements of SO₂, NO₂, CH₂O and O₃ concentration at Obninsk in Summer 2002. Second International DOAS Workshop in Heidelberg, September 2003.

3. U. Platt "Differential optical absorption spectroscopy (DOAS)", in Air Monitoring by Spectroscopic Techniques, M. W. Sigrist, ed., pp. 27-84, Chemical Analyses Series, Vol. 127, 1994, John Wiley & Sons, Inc.

Приложение 1. Список 38 газов, определяемых с помощью газоанализатора ДОАС-М1.

Химическая формула	Название газа	Предел обнаружения (мкг/м ³)	ПДК среднесут. (мкг/м ³)
NH ₃	аммиак		40
NO	азота оксид		60
NO ₂	азота диоксид	5,7	40
NOHO	оксинитрит (азотистая кислота)	2,3	-
SO ₂	серы диоксид	2,3	50
O ₃	озон	3,0	30
CH ₂ O	формальдегид	4,5	3
C ₆ H ₆	бензол	2,8	100
C ₇ H ₈	толуол	15	600
C ₆ H ₆ O	фенол	0,8	3
C ₇ H ₆ O	бензальдегид	2,4	40 *
C ₈ H ₁₀	этилбензол	18	20
	этилбензол (винилбензол, стирол)		2
C ₈ H ₁₀	<i>o</i> -ксилол	38	200
	<i>m</i> -ксилол	19	200
	<i>n</i> -ксилол	4,7	200
C ₇ H ₈ O	<i>o</i> -крезол	9,6	28 **
	<i>m</i> -крезол	3,8	20 **
	<i>n</i> -крезол	1,0	20 **
C ₈ H ₁₀ O	2,3-диметилфенол (2,3-ксиленол)	6,5	-
	2,4-диметилфенол (2,4-ксиленол)	7,6	-
	2,5-диметилфенол (2,5-ксиленол)	8,7	20 **
	2,6-диметилфенол (2,6-ксиленол)	15	10
	3,4-диметилфенол (3,4-ксиленол)	6,5	-
	3,5-диметилфенол (3,5-ксиленол)	2,2	-
C ₉ H ₁₃ O	2,4,6-триметилфенол	45	-
C ₉ H ₁₂	1,2,4-триметилбензол (псевдокумол)	17	15
	1,3,5-триметилбензол (мезитилен)	32	100 **
C ₈ H ₈ O	<i>o</i> -толуилальдегид (<i>o</i> -метилбензальдегид)	4,3	-
	<i>m</i> -толуилальдегид (<i>m</i> -метилбензальдегид)	5,3	-
	<i>n</i> -толуилальдегид (<i>n</i> -метилбензальдегид)	1,6	-
CS ₂	сероуглерод	30	5
OCIO	хлора диоксид	0,09	-
IO	йода оксид	1,3	-
BrO	брома оксид		-
CH ₃ COCHO	метилглиоксаль	0,6	-
CH ₂ C(CH ₃)CHO	метакролейн	50	-
CH ₂ CHCHCH ₂	бута-1,3-диен (дивинил)		1000

Примечания:

1. ПДК - предельно допустимые концентрации.
2. * - ПДК м.р. – максимально разовые ПДК. ** - ОБУВ – ориентировочный безопасный уровень воздействия. Данные величины указаны в тех случаях, когда ПДК среднесуточные не установлены
3. При расчете учитывался реальный уровень шумов для приборов ДОАС, который составляет $2 \cdot 10^{-4} - 10^{-3}$ в зависимости от спектрального диапазона.
4. Длина трассы принималась равной 450 м.

Приложение 2. Результаты измерений концентрации загрязняющих газов

Показаны некоторые результаты измерений газовых загрязнений, выполненных с помощью трассовых газоанализаторов ДОАС в Обнинске (Россия), Ширазе (Иран) и Тяньцзине (Китай) в 2002-2003 гг. Проведено также сравнение данных одновременных измерений озона в Обнинске (ДОАС-4P) и в Москве (Opsis DOAS).

