

Казанский Федеральный Университет

Кафедра технологии нефти, газа и углеродных материалов

Kazan Federal University

Department of oil & gas technology and carbon materials

Лазерная система для дистанционного зондирования атмосферы

Laser system for remote sensing of the atmosphere

Газизова Гульназира Ильгизовна, Gazizova Gulnazira Ilgizovna ¹

Кемалов Руслан Алимович, Kemalov Ruslan Alimovich ²

магистрант кафедры технологии нефти, газа и углеродных материалов ¹

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии нефти, газа и углеродных

материалов, Член Экспертного совета Российского газового общества (РГО),

и.о. руководителя группы «Водородная и альтернативная РГО, профессор РАЕ ²

E-mail: gulnazira-gazizova@yandex.ru, kemalov@mail.ru

Аннотация: цель данной работы: ознакомиться с принципами действия систем дистанционного лазерного зондирования атмосферы

Abstract: the purpose of this work: to get acquainted with the principles of operation of remote laser sensing systems of the atmosphere

Ключевые слова: газовые лазеры, химические газовые лазеры, зондирование, лидары, газовые примеси, химические выбросы, мобильные комплексы, микроволны.

Keywords: gas lasers, chemical gas lasers, sounding, lidars, gas impurities, chemical emissions, mobile complexes, microwaves.

1. Введение (Introduction)

Проблемы загрязнения окружающей среды в наши дни приобрели большое значение. Деятельность человека нарушает баланс химических элементов в атмосфере. Загрязнение атмосферы ведет к изменению климата и сказывается на здоровье людей. Увеличение содержания CO₂ и аэрозоля в атмосфере, вариации озонового слоя, промышленные выбросы (NO₂, SO₂ и другие газы) – все это оказывает существенное влияние на радиационный

баланс Земли. Озон играет важную роль в человеческой жизни, хотя содержится в средней и нижней атмосфере. Изменения концентрации озона в стратосфере влияет на защиту биосферы Земли от вредного воздействия ультрафиолетовых лучей солнца. Избыточное содержание тропосферного озона способствует возникновению парникового эффекта, инициирует образование фотохимического смога и оказывает токсическое воздействие на растительность и животных. Оксиды азота способны вызывать кислотные дожди, диоксид серы SO_2 в концентрациях выше предельно допустимых (ПДК) вызывает заболевания дыхательных путей у человека, а диоксид азота NO_2 приводит к расстройству нервной системы, сердечной слабости и к возникновению злокачественных опухолей и раковых заболеваний.

Загрязнение атмосферы выбросами нефтяной и химической промышленности составляет около 12 процентов, в сравнении с другими это высокий показатель пагубного воздействия на окружающую среду в целом. В этой связи актуальной задачей является экологический мониторинг атмосферы, а именно, контроль содержания различных газов в приземных слоях.

Загрязнение атмосферы



Рисунок 1 - Принцип действия систем дистанционного зондирования

Наиболее перспективным инструментом контроля загрязнения атмосферы являются методы дистанционного зондирования, а именно, лидары [1-4]. Лидарные системы реализуют технологии использования различных явлений взаимодействия лазерных импульсов с атмосферой, характеризуются большой дальностью и высоким пространственным разрешением, являются весьма универсальными, так как при лазерном зондировании не происходит существенного возмущения исследуемой среды. На сегодняшний день лидарные системы позволяют проводить измерения и с поверхности Земли [5,7], и с космического спутника [2].

Первые публикации по зондированию SO₂ и CO₂ регистрацией сигналов 3 комбинационного рассеяния (КР) света от дымовой трубы промышленного предприятия появились в 1970г. [8-10]. Малые сечения КР предопределили использование этого метода лазерного газоанализа лишь при высоких уровнях концентраций загрязняющих газов атмосферы, превышающих ПДК. Методы резонансной флуорисценции нашли своё место в задачах зондирования атомарных составляющих в верхней атмосфере [11].

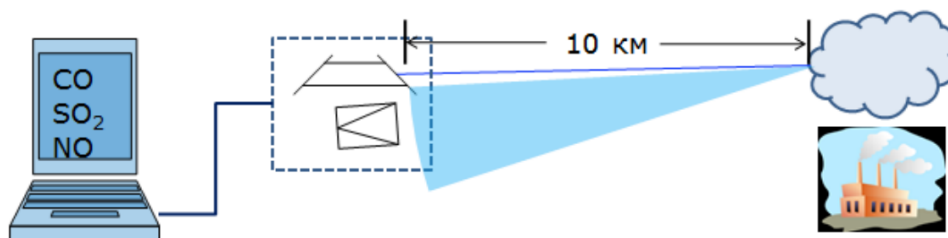


Рисунок 2 – Схема лидарной системы

Принцип действия систем дистанционного лазерного зондирования атмосферы следующий. Импульсы зондирующего лазерного излучения через коллимирующую оптическую систему направляются на исследуемый объём в атмосфере, отражаются либо от исследуемого объёма газа (или аэрозоля), либо от уголкового отражателя, регистрируются приемным телескопом. Часть зондирующего излучения (доли процента) ответвляется светоделителем и используется для формирования опорного сигнала (начало отсчета). Обратный

сигнал, собранный приемным телескопом, поступает на фотоприемник, затем на блок, в котором осуществляется фильтрация, оцифровка, затем на процессор, где осуществляется обработка информации с учетом опорного сигнала [1]

Стационарные и мобильные многоволновые лидарные комплексы

На протяжении более семнадцати лет (с 2002 года) компания АО «Лазерные системы» занимается разработкой мобильных и стационарных лазерных комплексов на основе лидарных технологий, предназначенных для оперативного дистанционного определения физического и химического состава атмосферы в мегаполисах, крупных промышленных центрах, в районах экологических катастроф с возможным выбросом химических отравляющих веществ

Среди мобильных лидарных комплексов стоит отметить серию многоволновых лидаров на автомобильных шасси, предназначенных для решения комплексных задач экологического мониторинга.

Стационарный и мобильный многоволновые лидарные комплексы, входящие в состав обсерватории, были разработаны компанией АО «Лазерные системы». Стационарный комплекс расположен в центре Санкт-Петербурга, а второй размещен на автомобильном шасси.

Выводы (Conclusions)

Лидарные средства дистанционного зондирования атмосферы с каждым годом получают все большее распространение. Вопрос эффективного мониторинга выбросов промышленными предприятиями в атмосферу загрязняющих веществ является очень актуальным, поскольку до сих пор не существует универсальных и эффективных методов верификации их эксплуатационных параметров. Другие методы и измерительные устройства зачастую не обеспечивают требуемую точность измерений и обладают

существенными ограничениями, не позволяющими сопоставлять результаты замеров напрямую.

Например, для определения выбросов над нефтяными заводами необходимо охватить большую территорию на высоте в несколько километров. Эту проблему в существенной степени удалось решить путем внедрения лазерных технологий, на сегодняшний день работы в этой области активно продолжаются.

Список литературы (References)

1. Антипенко, В. С. Лазеры и их применение. Часть 1 : учебное пособие для студентов специальностей ИТТСУ, ИПСС / В. С. Антипенко, В. А. Никитенко ; под ред. проф. В.П. Вороненко. - Москва : РУТ (МИИТ), 2020. - 112 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1895063> (дата обращения: 10.10.2022). – Режим доступа: по подписке.
2. Евтихийев, Н. Н. Лазерные технологии : учебное пособие / Н. Н. Евтихийев, О. Ф. Очин, И. А. Бегунов. - Долгопрудный : Интеллект, 2020. - 240 с. - ISBN 978-5-91559-281-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1238959> (дата обращения: 10.10.2022). – Режим доступа: по подписке.
3. Игнатов, А. Н. Основы электроники : учебное пособие / А. Н. Игнатов, В. Л. Савиных, Н. Е. Фадеева. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 560 с. - ISBN 978-5-9729-1059-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1902465> (дата обращения: 10.10.2022). – Режим доступа: по подписке.
4. Пойзнер, Б. Н. Физические основы лазерной техники : учебное пособие / Б.Н. Пойзнер. — 2-е изд., доп. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 160 с. — (Высшее образование: Магистратура). — DOI 10.12737/textbook_592d268c487362.64807642. - ISBN 978-5-16-012817-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1214884> (дата обращения: 10.10.2022). – Режим доступа: по подписке.

5. Ткаченко, Ф. А. Электронные приборы и устройства : учебник / Ф.А. Ткаченко. — Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. — 682 с. : ил. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-004658-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062340> (дата обращения: 09.10.2022). – Режим доступа: по подписке.
6. Хьюстис Д. Л., Чантри П. Дж., Виганд В. Дж., Рич Дж. У., Фланнери М. Р., Бионди М. А., Хинчен Дж. Дж., Лиланд У. Т., Теллинггейсен Й., Рокни М., Джакоб Дж. Х., Нигэн У. Л., Шампань Л. Ф., Клайн Л. Э., Дэн Л. Ж., Хаас Р. А. Газовые лазеры: Пер. с англ./Под ред. И. Мак-Даниеля и У. Нигэна. — М.: Мир, 1986. — 552 с.
7. Thomas V. Higgins, “Creating laser light”, Laser Focus World, June 1994, p. 127 – 133. Текст : электронный. - URL: <https://tvhiggins.com/wp-content/uploads/2011/08/Creating-Laser-Light.pdf> (дата обращения: 09.10.2022). – Режим доступа: свободный