

1. Белова Т.И., Агашков Е.М., Гаврищук В.И. и др. Снижение запыленности при выгрузке сыпучих материалов // Сельский механизатор. 2017. №5. С.24-25.

2. Агашков Е.М., Гаврищук В.И., Терехов С.В. и др. Повышение эффективности использования пылеулавливающего оборудования комбикормовых предприятий// Сб. научных трудов по мат-лам I междунар. научно-практ. конф. молодых учёных, г. Орёл, 29 сентяб. 2017 г. – Орел: Изд-во Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2017. С.144-147.

3. Солюянов П.В., Гряник Г.Н., Большов М.П., Богачева О.Г., Морковин Н.П.- Охрана труда. – М.: «Колос», 1977. 336 с.

УДК 622.691.48

**Бланкина М.С., студент,
Климовских А.Н., студент,
Ермаков В.В., канд. хим. наук, доц.
(СамГТУ, г. Самара, Россия)**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРИ МОНИТОРИНГЕ ГАЗОПРОВОДОВ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕ- ТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга протяженных объектов получило широкое применение относительно недавно. При этом, оборудования для такого мониторинга пока слабо развито. Поэтому, было решено разработать газоанализатор, легко устанавливаемый на беспилотных летательных аппаратах.

Ключевые слова: спектральный мониторинг, газопровод, беспилотные летательные аппараты.

Общая протяженность газотранспортной системы на территории России составляет более 872 тысяч километров. Это в 2 раза больше, чем расстояние от Земли до Луны или в 20 раз больше, чем длина экватора.

В результате изношенности систем трубопроводов, неправильной эксплуатации, постороннего вмешательства и других факторов, ежегодно происходит большое количество аварий. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга газотранспортной системы позволяет осуществить раннее обнаружения повреждения газопроводов и зафиксировать влияние самых малых утечек на окружающую среду.

В целях создания недорогой системы обнаружения утечек газа было предложено использовать узкополосные спектральные датчики. В целях поиска наиболее информативных участков спектра были проанализированы спектры основных компонентов атмосферы.

В состав природного газа входит метан, также сходные с метаном по структуре и составу этан, пропан, бутан, и другие вещества – водород, сера, диоксид углерода, азот, гелий, пары воды и незначительное количество иных примесей. Основным компонентом природного газа является метан (до 95%), который имеет два характерных пика поглощения: 1295 нм и 3030 нм. То есть, при получении снимка поверхности на данных спектральных полосах будет снижаться энергия отражённого света.

Однако, иные соединения в воздухе могут давать сходные результаты на выбранных полосах. Оксид азота N_2O имеет высокое значение поглощения при длине волны 1280 нм. На частоте второй полосы существенное влияние оказывает присутствующий водяной пар и вода.

Таким образом, возникла необходимость учёта количества воды и оксида азота в атмосфере. Для этих целей используются линии спектра, на которых происходит поглощение только выбранными компонентами. Полоса в районе 5500 нм удобна для определения содержания воды. Для оксида азота (IV) полоса в районе 4500 нм будет перекрываться присутствием CO_2 и не является информативной. Так при эксплуатации системы необходимо учитывать возможность её применения только вне территории крупных промышленных объектов, где имеется высокое содержание оксида азота, образующегося при высокотемпературном горении топлива в печах.

Расчёт концентрации метана в таком случае происходит с использованием набора одномерных калибровок исходя из обобщённой формулы:

$$C_{CH_4} = H * L * I * (A * E_{(1295)} + B * E_{(3030)} - C * E_{(5500)}),$$

где А, В, С - одномерные калибровочные коэффициенты содержания компонентов при использовании спектрометрии на конкретной длине волны; Е - энергия отражения на длине волны; Н, L, I - поправочные коэффициенты на высоту полёта, положение солнца и интегральную освещённость поверхности.

Локализация места утечки может производиться и без фиксации точной концентрации метана за счёт сравнения интенсивности отражения с фоновым участком (чаще всего место запуска на котором концентрация метана определяется как фоновая). Так при падении энергии отражённого света в 2 раза по сравнению с фоновым точка будет обозначаться как область проведения поисковых работ.

Таким образом, система с возможностью компенсации содержания воды при обработке сигнала может использовать как специализированные камеры, в том числе сканирующего типа, так и узкополосные анализаторы. Любые камеры с чувствительной матрицей вне видимого

диапазона достаточно дороги. Применение вторых в настоящее время связано с возможностью точного позиционирования БПЛА в пространстве. При этом информация имеет вид данных интенсивности отражения с привязкой к треку облёта объектов по времени и координатам. В настоящее время точность позиционирования БПЛА даже бюджетного любительского класса составляет порядка 2 метров. Профессиональный БПЛА позволит осуществить локализацию на местности с точностью около 0,2 - 0,5 метра.

За счёт коррекции положения камеры осуществляется надирная съёмка поверхности. В целях компенсации внешних влияний возможно применение режима полёта с фиксированной высотой облёта и корректировкой траектории по рельефу. В текущих условиях высокая точность определения высоты достигается использованием ультразвуковых датчиков высоты серийно применяемых на многих БПЛА. Для компенсации интенсивности освещённости рекомендовано использовать съёмку с малых высот с подсветкой точки съёмки узкополосными диодами соответствующих частот.

Принцип работы газоанализатора заключается в следующем: создаваемое фотодиодами излучение направляется на полупрозрачное зеркало и через объектив попадает на подстилающую поверхность. Отражённый свет с освещённой части поверхности возвращается через объектив, узкополосный светофильтр, на фотодиодный детектор. Эффективность работы данной схемы проявляется на высоких облётах не более 10 метров над поверхностью в ночное время. При более высоком полёте и работе в другое время применяется схема без дополнительной подсветки светодиодами. Упрощённая схема делает конструкцию более простой, дешевой и легкой, но снижает соотношение сигнала / шум получаемых данных.

Дополнительным способом идентификации места утечки газам может являться использование термальной камеры. За счёт дроссельного эффекта газ, выходящий из трубопровода, имеющего давление выше атмосферного через узкое отверстие, снижает свою температуру и охлаждает поверхность. Таким образом, температура поверхности будет являться дополнительным признаком для дистанционных систем поиска утечек. Так как термальная камера является устройством, формирующим изображение, в отличие от точечного анализатора, то возможно создание карты исследуемой поверхности. На ней можно выделить участки с температурным отклонением.