

Основы фурье-спектрометрии

(Из книги «Основы фурье-спектрометрии» А.Н. Морозов, С.И. Светличный)

Проблема дистанционного беспробоотборного контроля загрязнения атмосферы в последние десятилетия стала одной из основных проблем человечества во многом благодаря бессистемной и хаотичной хозяйственной деятельности. Так в выбросах некоторых промышленных предприятий присутствуют исключительно ядовитые вещества в виде аэрозолей и газов. Большую опасность непосредственно для населения представляют собой техногенные аварии и катастрофы, происходящие на предприятиях. Значительный риск внесли в нашу жизнь локальные военные конфликты и террористические акты с применением отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ. Значительные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере в ряде случаев делает практически невозможным применение прямых пробоотборных методов контроля из-за возможного отравления персонала, более того, часто сам отбор проб невозможен из-за физической недоступности самого объекта контроля.

Именно по этим причинам разработка и создание беспробоотборных, дистанционных методов и аппаратуры, работающей в режиме реального времени и сочетающей в себе высокую мобильность, чрезвычайно актуальны в настоящее время. Среди возможных реальных претендентов сегодня лидирующее положение занимают оптические методы контроля состава атмосферы, из которых следует выделить два главных:

- ✓ Лидарные комплексы;
- ✓ Фурье-спектрометрические системы.

Безусловно, лидарные комплексы обладают уникальными техническими возможностями обнаружения и сопровождения облака загрязняющих веществ. Применение лазеров с высокой частотой повторения позволяет не только определить координаты облака и его физические размеры, но проследить кинетику поведения облака во времени. Длины трасс обнаружения составляют десятки километров. Однако наряду с несомненными достоинствами лидарных комплексов необходимо отметить и их явные недостатки, прежде всего это их высокая стоимость, сложность технического обслуживания и ограниченность срока службы активных сред лазеров, особенно твердотельных.

Фурье-спектрометры (радиометры) среди всех спектральных приборов обладают наивысшей светосилой и способны работать в режиме реального времени регистрируя

собственное излучение атмосферы и газов-загрязнителей. Естественно, что наиболее эффективна работа фурье-спектрорадиометра будет в ИК диапазоне спектра, на который приходится максимум спектральной яркости объекта наблюдения. Важным достоинством фурье-спектрометров (радиометров) является их сравнительно низкая стоимость по сравнению с лидарными комплексами. Однако, как и всякое физическое устройство, ФСР обладает и рядом принципиальных ограничений, поскольку способен измерять только интегральную концентрацию и, как следствие, координаты облака ограничиваются значениями углов возвышения и места. Максимальная дальность обнаружения современных фурье-спектрорадиометров составляет величины до 5-6 км при минимально обнаружимой интегральной концентрации – единицы $\text{ppm}\cdot\text{м}^1$, что безусловно уступает соответствующим параметрам лидаров. Однако простота конструкции, высокая степень автоматизации измерений, малый вес (<10 кг) и низкое энергопотребление позволили фурье-спектрорадиометрам занять свою нишу, не конкурируя остро с лидарными средствами.

Целью настоящей работы является попытка восполнить тот пробел, который образовался в литературе, до сих пор в основном посвященной теоретическим проблемам работы фурье-спектрометров лабораторного типа. Проблематика конструирования и создания фурье-спектрорадиометров весьма широка и затрагивает не только теоретические основы, которые в первом приближении достаточно хорошо и полно освещены в литературе, но ставит и свои специфические задачи. Среди главных проблем стоит выделить:

- ✓ создание эффективной системы сканирования, включающую в себя подвес подвижного зеркала, линейный двигатель и систему управления, способной сохранять работоспособность при наличии внешних возмущений;
- ✓ разработка методов и процедур автоматизированной обработки результатов измерений в режиме реального времени, проблема учета собственного фонового излучения фурье-спектрорадиометра;
- ✓ апробирование и совершенствование методик работы в полевых условиях.

В книге отражены основные результаты теоретических и экспериментальных исследований в области беспроборботных методов мониторинга атмосферы.

¹ ppm (particle per million) – концентрация, выраженная в числе молекул данного вещества на один миллион молекул смеси.