

ють вимір швидкості ультразвуку з похибкою 0,003% , що менше необхідної похибки 0,0082%, що дає можливість знайти параметри молока з більшою точністю.

Знайдемо абсолютну похибку виміру коефіцієнта поглинання для  $\Delta C = 0,1 \%$  жиру [1] і значення коефіцієнта поглинання  $\alpha = 2020 \frac{\text{сек}^2}{\text{см}}$ :

$$\Delta\alpha = 0,1 / (0,01529 - 4,10994 \cdot 10^{-5} \cdot 2020 + 5,01486 \cdot 10^{-8} \cdot 2020^2 - 27,07596 \cdot 10^{-12} \cdot 2020^3 + 5,2967 \cdot 10^{-15} \cdot 2020^4) = 52,24.$$

Визначимо відносну похибку виміру коефіцієнта поглинання:

$$\delta_{\alpha} = \frac{\Delta\alpha}{\alpha} \cdot 100 \% = \frac{52,24}{2020} \cdot 100 \% = 2,6 \%$$

**Висновок.** Ультразвукові прилади забезпечують вимір коефіцієнта поглинання ультразвуку з похибкою 5%, що більше необхідної похибки 2,6%. Виходить, визначення вмісту жиру в молоці за коефіцієнтом поглинання неможливо, тому що необхідна точність не досягається. Недоліки методу: для високої точності виміру жирності молока, молоко повинне мати температуру 50°C с похибкою 0,2°C. Реалізація методу, а також мо-

*Поступила до редакції 06.10.08*

делей приведе до значного зростання прибутку підприємства і підвищення якості продукції.

#### Література

1. Степанова Л.И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. – Т.1. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 384 с.
2. Кургуев П.В. Молоко и молочные продукты. – М., 1994. – 186 с.
3. Муравьев В.В., Зуев Л.Б., Комаров К.Л. Скорость звука. – Новосибирск: Наука, 2001. – 198 с.
4. Экспертиза молока и молочных продуктов. Качество и безопасность: Учеб. пособие. / Дунченко Н.И., Храмов А.Г. и др. – Новосибирск: Сиб. унив. изд., 2007. – 477 с.
5. Крусъ Г.Н., Шалыгина А.М., Волокитина З.В. Методы исследования молока и молочных продуктов. – М.: Колос, 2002 – 368 с.
6. Брусиловский Л.П., Вайнберг А.Я. Приборы технологического контроля в молочной промышленности: Справочник. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1990. – 288 с.

© В.Д. Коренев, Д.В. Лазаренко, 2008

УДК 502.7

*Д.В. Бережной\**  
*М.Г. Хламов\*\**

#### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ГАЗОАНАЛИЗАТОРА ДИОКСИДА СЕРЫ

*У статті в контексті екологічних проблем території (екологічного моніторингу) розглядаються метод і спосіб реалізації вимірювального каналу з кулястою кюветою. Аналіз методу був зроблений з метою підвищення ефективності промислових вимірювань.*

*В статье в контексте экологических проблем территории (экологического мониторинга) рассматриваются метод и способ реализации измерительного канала с шарообразной кюветой. Анализ метода был сделан с целью повышения эффективности промышленных измерений.*

**Постановка проблемы.** Проблемы экологии в условиях промышленных регионов являются очень важными, так как предприятия, тепловые электростанции сжигают в больших количествах топливо. При сжигании топлива в атмосферу по-

падают диоксид и оксид углерода, оксиды азота и серы, сажа, пыль, а также канцерогенные циклические углеводороды (бензантрацен, холантрен и др.) Более 58 % выбросов диоксида серы образуется при функционировании тепловых электро-

\* Бережной Д.В. – магістр.

\*\* Хламов М.Г. – доцент кафедри електронної техніки, канд. техн. наук, доцент. Донецький національний технічний університет, м. Донецьк.

станций. Особенно вреден из всех выбросов диоксид серы. Оксиды серы, растворяясь в атмосферной влаге, образуют кислоты, выпадающие с дождями и подкисляющие почвы жилой и аграрной зоны. Выбросы промышленных предприятий приводят к повреждению растительности, особенно лесов. Под их влиянием подавляется фотосинтез, нарушается водообмен, снижается транспирация, угнетаются рост и развитие растений, снижается их продуктивность. Загрязнение отрицательно влияет на плодovitость животных и птиц. Исключительно вредны для здоровья человека диоксиды серы, он вызывает хронический гастрит, атеросклероз, расстройства нервной и сердечно-сосудистой систем, бронхит, ларингит, рак легких. Именно поэтому актуальны разработки методов, позволяющих измерять наличие в атмосфере диоксида серы в рамках экологического мониторинга.

В настоящее время для анализа газов широко применяются методы непосредственных измерений, поскольку современные контрольно-измерительные устройства стали гораздо точнее и чувствительнее. Одним из наиболее удобных методов определения концентрации диоксида серы является спектрофотометрический метод анализа. Этот метод широко используется различных сферах применения.

*Анализ публикаций.* Решением проблемы создания эффективных методов измерения в рамках экологического мониторинга, в том числе методов измерения концентрации газовых смесей в зоне деятельности промышленных предприятий занимаются видные ученые, среди них В.И. Ключков, А.А. Резник, А.Е. Родний, В.И. Стельник. Среди работ последних лет можно выделить публикации В.Г. Петрука [1], Л. Ивченко, Л.Е. Воробьева [2], Г.С. Ландсберга [3], В. Смита [4]. На основе результатов исследований в НИИ ведется разработка современных устройств для экологического мониторинга, что очень важно для старопромышленных регионов Украины.

*Основной целью статьи* является анализ эффективных методов измерения концентрации газовых смесей в индустриальной зоне предприятий, с целью мониторинга экологической обстановки.

*Изложение основного материала исследования.* При реализации спектрофотометрического метода в качестве измерительного канала целесообразно использовать шаровой фотометр или как его еще называют – шар Ульбрихта. Он представляет собой полый шар (или полое тело иной формы) с внутренней поверхностью, покрытой неселективной матовой краской. Диаметр тако-

го шара должен значительно превышать размеры фотометрируемых источников света. Оптическая схема такого фотометра представлена на рис. 1

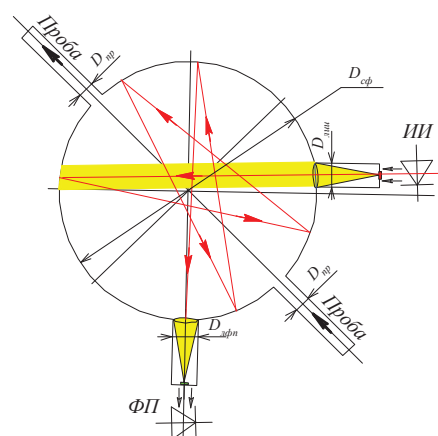


Рис. 1. Оптическая схема шарового фотометра

В качестве источника излучения (ИИ) оптимальным вариантом является применение иммерсионного светодиода LED 70, с длиной волны 6,5 – 7,0 мкм. Основными характеристиками данного фотометра являются:

- Диаметр сферы  $D_{сф}$  ;
- Величина вводимого светового потока;
- Эффективная длина трассы в сфере  $L_{эф}$  ;
- Величина выходного светового потока  $\Phi_{выхсф(C)}$  .

Эффективная длина трассы луча в оптической резонансной сфере определяется в зависимости от  $D_{сф}$  диаметра сферы, коэффициента отражения внутренней поверхности  $R_{сф}$  и эффективной относительной площадью  $\frac{S_1}{S}$  .

$$L_{эф} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \cdot D_{сф} \cdot \frac{R_{сф}}{1 - R_{сф} \cdot \frac{S_{1сф}}{S_{сф}}} \quad (1)$$

Предположим, что  $D_{сф} = 0.16$  м,  $D_{лнф} = 0.0127$ ,  $D_{фп} = 0.0127$ ,  $D_{пр} = 0.005$

$$S_{сф} = \frac{\pi \cdot D_{сф}^2}{4}$$

$$S_1 = \frac{\pi \cdot D_{сф}^2}{4} - \left( \frac{\pi \cdot D_{лнф}^2}{4} + \frac{\pi \cdot D_{фп}^2}{4} + \frac{2 \cdot \pi \cdot D_{пр}^2}{4} \right) \quad (2)$$

$$S_{сф} = 0.020096 \quad S_1 = 0.0197$$

Тогда значение эффективной относительной площади равняется:

$$S_{эф} = \frac{S_1}{S_{сф}} \quad S_{эф} = 0.985 \quad (3)$$

Отсюда эффективная длина трассы луча в

оптической сфере равна:

$$L_{\text{ЭФ}} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \cdot D_{\text{СФ}} \cdot \frac{R_{\text{СФ}}}{1 - R_{\text{СФ}} \cdot S_{\text{ЭФ}}} \quad L_{\text{ЭФ}} = 10.17 \text{ (м)} \quad (4)$$

Вводимый в сферу поток формируется объемом источника излучения (рис. 2) и в иде-

альном случае должен был бы быть параллельным пучком (источник излучения расположен в переднем фокусе двояковыпуклой сферической линзы), но из-за конечных размеров источника поток оказывается расходящимся.

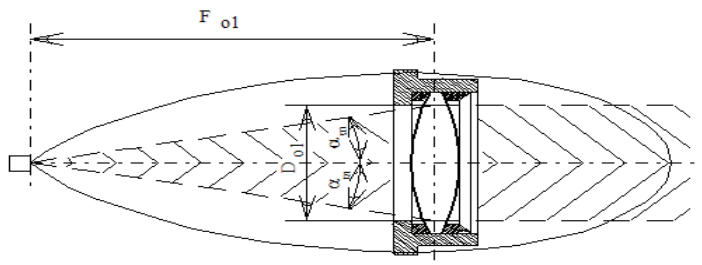


Рис. 2. Схема прохождения луча, через однолинзовый объектив.

На расстоянии диаметра сферы расхождение луча практически не ощутимо. Вся внутренняя поверхность сферы имеет освещенность равную  $E_{\text{сф}(C)}$ . Поэтому выходной поток, направляемый на фотоприемник, определяется как:

$$\Phi_{\text{ВЫВЛПФ}}(C) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\alpha_{\text{max}}} e^{-0.1 \cdot H(\phi) \cdot \text{аногл}} \cdot J_{\text{ВВ}_n} \cdot \psi(\phi) \cdot \frac{\text{tg}(\phi) \cdot \cos(\phi)}{2} d\phi d\beta \quad (6)$$

где  $\alpha_{\text{max}}$  — максимальный угол ввода излучения в объектив;

$J_{\text{ВВ}_n}$  — коэффициент углового распределения потока.

$$S_{0 \text{ ВЫВЛПФ}}(C) = \frac{\Phi_{\text{ВЫВЛПФ}}(C)}{\left( \int_{6.6}^{\lambda_{0 \text{ SO2}}} s_{\text{1вывлпф1норм}}(\lambda_1, C) d\lambda_1 + \int_{\lambda_{0 \text{ SO2}}}^{8.0} s_{\text{1вывлпф2норм}}(\lambda_2, C) d\lambda_2 \right)} \quad (7)$$

где  $\Phi_{\text{ВЫВЛПФ}}(C)$  — поток в линзе, с учетом зависимости толщины линзы;

$s_{\text{1вывлпф1норм}}(\lambda_1, C)$ ,  $s_{\text{1вывлпф2норм}}(\lambda_2, C)$  — нормальные спектральные плотности потока, поступившего через границу раздела воздух — линза.

$$\Phi_{\text{ВЫВЛПФ}}(C) = \left( \int_{6.6}^{\lambda_{0 \text{ SO2}}} s_{\text{1вывлпф1}}(\lambda_1, C) d\lambda_1 + \int_{\lambda_{0 \text{ SO2}}}^{8.0} s_{\text{1вывлпф2}}(\lambda_2, C) d\lambda_2 \right) \quad (8)$$

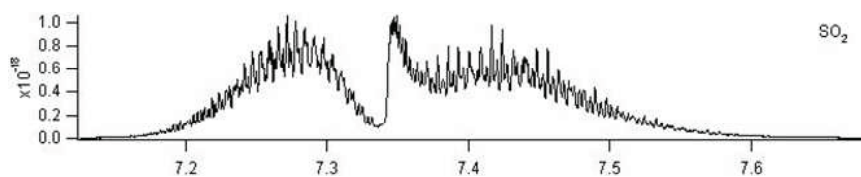
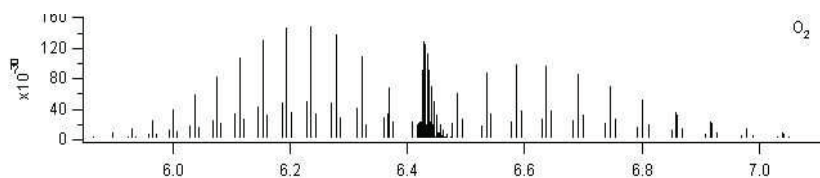
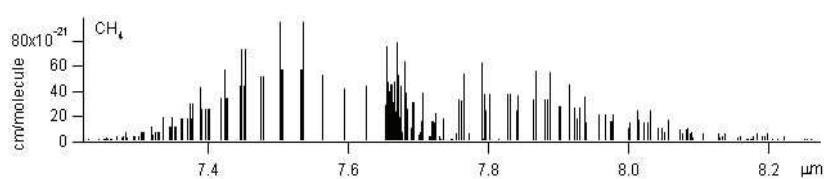
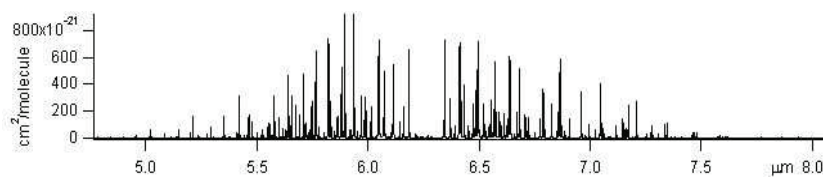
где,  $s_{\text{1вывлпф1}}(\lambda_1, C)$ ,  $s_{\text{1вывлпф2}}(\lambda_2, C)$  — спектральные плотности потока, поступившего через границу раздела воздух — линза с учетом дисперсии материала линзы.

Следует обратить внимание на то, что при использовании данного метода и определении величин выходного потока, на процесс измерения

павшего через границу раздела воздух — линза.

Исходя из полученных результатов и учетом всех коэффициентов пропускания различных границ раздела, выходной поток шарового фотометра определится по следующей зависимости:

влияют дестабилизирующие факторы: влияющие компоненты атмосферы. Проанализировав состав воздуха к таким возмущающим воздействиям относятся пары воды, молекулярный кислород, метан, спектры которых частично накладываются на спектры диоксида серы. Ниже представлены спектры этих возмущающих веществ (см. рис. 3, 4, 5, 6).

Рис. 3. Спектр  $SO_2$ Рис. 4. Спектр  $O_2$ Рис. 5. Спектр  $CH_4$ Рис. 6. Спектр  $H_2O$ 

Введение оптического фильтра приводит к ослаблению влияния компонентов атмосферы до уровня не превышающего трети основной погрешности средства измерения и включаются в состав основной погрешности.

**Выводы.** В работе показана возможность использования спектрофотометрического метода для контроля диоксида серы в выбросах тепловой электростанции в рамках экологического мониторинга. Высокая селективность измерительного канала достигается узкополосным источником излучения и введением в систему оптических фильтров. Для существенного увеличения эффективной длины кюветы используем шаровой фотометр. На основании полученных результатов, видно, что эффективная длина трассы луча составляет более 10 метров, при диаметре сферы 0,16 метра. При анализе полученных результатов, делается вывод, что основной вклад в увеличение погрешности дают возмущающие составляющие, такие как вода, метан, кислород, пыль. На данном этапе разработки определяются методы и способы повышения точности измерения, путем учета

других дестабилизирующих факторов. При этом в систему подготовки пробы следует ввести средства по очистке пробы. Внедрение метода позволит повысить эффективность промышленных измерений, что скажется на технико-экономических показателях тепловой электростанции.

#### Литература

1. Петрук В.Г. Спектрофотометрія світло-розсіювальних середовищ (теорія і практика оптичного вимірювального контролю). – Вінниця: Універсум, 1996. – 207 с.
2. Оптические свойства наноструктур: Учеб. пособие / Под ред. Л. Ивченко и Л. Е. Воробьева. – СПб.: Наука, 2001. – 188 с.
3. Ландсберг Г.С. Оптика. – 6-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 848 с.
4. Smith W.J. Modern Optical Engineering. – 3rd edition. Copyright 2003 by The McGraw-Hill Companies, Inc. – 641 с.