

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**НАУКОВІ ПРАЦІ
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Серія: “Обчислювальна техніка
та автоматизація”*

№ 1(26) 2014

Донецьк
2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАУКОВІ ПРАЦІ
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Серія: “Обчислювальна техніка
та автоматизація”*

Всеукраїнський науковий збірник

Заснований у липні 1998 року

Виходить 2 рази на рік

№ 1(26) 2014

Донецьк
2014

УДК 681.5: 658.5: 621.3

Друкується за рішенням Вченої ради державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (протокол № 6 від 20.06.2014).

У збірнику опубліковано статті науковців, аспірантів, магістрів та інженерів провідних підприємств і вищих навчальних закладів України, в яких наведено результати наукових досліджень та розробок, виконаних у 2013-2014 роках згідно напрямків: автоматизація технологічних процесів, комп'ютерні інформаційні технології, інформаційно-вимірювальні системи, електронні і мікропроцесорні прилади.

Матеріали збірника призначено для викладачів, наукових співробітників, інженерно-технічних робітників, аспірантів та студентів, що займаються питаннями розробки і використання автоматичних, комп'ютерних і електронних систем.

Засновник та видавець – Донецький національний технічний університет.

Редакційна колегія: О.А. Мінаєв, чл-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., головний редактор; Є.О. Башков, д-р техн. наук, проф., заступник головного редактора; Є.Б. Ковальов, д-р техн. наук, проф., відп. секретар випуску; Ахім Кінле д-р техн. наук, проф.; Іван Тауфер д-р техн. наук, проф.; А.А. Зорі, д-р техн. наук, проф.; О.Г. Воронцов, д-р техн. наук, проф.; Ю.О. Скобцов, д-р техн. наук, проф.; Н.І. Чичикало, д-р техн. наук, проф.; М.М. Заблодський, д-р техн. наук, проф.; В.В. Турупалов, канд. техн. наук, проф.; К.М. Маренич, канд. техн. наук, проф.; О.В. Хорхордін, канд. техн. наук, доц.; М.Г. Хламов, канд. техн. наук, доц.; Б.В. Гавриленко, канд. техн. наук, доц.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: серія КВ № 7376 від 03.06.2003.

Збірник включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (затверджено постановою президії ВАК України № 1-05/5 від 01. 07. 2010 р., надруковано в бюлетені ВАК №7, 2010).

Збірник включено до бібліографічної бази даних наукових публікацій Російський індекс наукового цитування (РІНЦ) (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=38108)

ЗМІСТ

Стор.

Розділ 1 Автоматизація технологічних процесів	5
Борисов А.А. Применение FF-, FB-, MFC-AGC регуляторов в концепции управления приводами клетей прокатного стана по мощности.	6
Воротникова З.Е. Формирование и использование архивной базы данных в системе «советчик оператора доменной печи»	14
Суздаль В.С., Тавровский И.И., Соболев А.В., Кобылянский Б.Б. Система с параметрической инвариантностью для процессов кристаллизации	24
Лапта С.С., Масолова Н.В., Зиновьева Я.В. Развитие теории моделирования переходного процесса в сложной гомеостатической системе	29
Мироненко Л.П., Петренко И.В., Власенко А.Ю. Интеграл Ньютона-Лейбница и вторая интегральная теорема о среднем	36
Найденова Т.В., Федюн Р.В. Синтез САУ процессом биохимической водоочистки	41
Федюн Р.В. Автоматичне управління занурювальними насосами водовідливу ліквідованих шахт	51
Гарматенко А.М. Алгоритм поиска кратковременной памяти в данных акустической эмиссии угольных пластов	61
Розділ 2 Інформаційні технології та телекомунікації	69
Воропаєва А.О. Розробка методу керування безпроводовими телекомунікаційними мережами нового покоління на основі застосування підходу максимізації завантаженості мережі	70
Гостев В.И., Кунах Н.И., Артюшик А.С. Аппроксимация звена чистого запаздывания для АQM-систем комплексной передаточной функцией звена Паде	77
Дегтяренко И.В., Лозинская В.Н. Динамические модели средств управления трафиком в сетевом узле	85
Дмитриева О.А. Оптимизация выполнения матрично-векторных операция при параллельном моделировании динамических процессов	94
Євсєєва О.Г. Використання комп'ютерно-орієнтованих засобів проектування і організації навчання математики на засадах діяльнісного підходу в технічному університеті	101
Воропаєва В.Я., Жуковська Д.О. Оцінка впливу алгоритмів обробки черг на показники QOS	111
Воропаєва В.Я., Кабакчей В.И. Выбор методов оценки количества меток в рабочей зоне RFID-ридера для достижения максимальной пропускной способности	119
Кануннікова К.П., Червинський В.В. Алгоритм динамічного регулювання споживаної потужності мікростілками гетерогенної мережі LTE	126
Klymash M.M., Haider Abbas Al-Zayadi, Lavriv O.A. Improving throughput using channel quality indicator in LTE technology	134

Мірошкін О.М. Модифікація системи адресації мікрокоманд у пристрої керування при його реалізації у базисі гібридних FPGA	144
Молоковский И.А. Моделирование процессов распространения радиоволн в подземной части угледобывающего предприятия	152
Пасічник В.В., Назарук М.В. Інформаційно-технологічний супровід системних трансформацій вітчизняної освітньої галузі	160
Батыр С.С., Хорхордин А.В. Особенности оценки эффективности методов управления очередью маршрутизатора	169
Розділ 3 Інформаційно-вимірювальні системи, електронні та мікропроцесорні прилади	177
Вовна А.В., Зори А.А. Оптический измеритель концентрации метана с аппаратно-программной компенсацией температурного дрейфа	178
Жукова Н.В., Литвинов В.И., Голиков В.В. Лабораторный стенд регулируемого линейного асинхронного электропривода – аналога электропривода постоянного тока	189
Кузнецов Д.Н., Чупис Д.А. Исследование физической модели ступенчатого испытательного воздействия для определения динамических характеристик термопреобразователей	202
Куценко В.П. Математичне моделювання властивостей діелектричних матеріалів при використанні мікрохвильових експертних систем	210
Лыков А.Г., Косарев Н.П. Исследование влияния ширины спектра излучения источника на чувствительность измерительных каналов газоанализаторов выхлопных газов автомобильного транспорта	218
Штепа А.А. Обоснование концепции структурно алгоритмической организации модульной компьютеризированной информационно-измерительной системы электрофизиологических сигналов	226

Розділ 3
**Інформаційно-вимірювальні системи,
електронні та мікропроцесорні прилади**

УДК 629.3.054.254

А.Г. Лыков, Н.П. Косарев (канд. техн. наук, доц.)
ГБУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
кафедра электронной техники
e-mail: lkv08@rambler.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШИРИНЫ СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ ИСТОЧНИКА НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

В качестве источников излучения выбраны светоизлучающие диоды, спектры излучения которых соответствуют спектру поглощения CO, но имеют отличия в ширине спектра в (4÷5) раз. Установлено, что сужение спектра излучения приводит к повышению чувствительности оптической части измерительного канала, однако степень сужения спектра влияет на линейность изменения информационного параметра от изменения концентрации; наилучший результат наблюдается при совпадении спектра поглощения газовой составляющей и спектра излучения светоизлучающего диода. Предложены пути повышения оптической мощности источников излучения для увеличения отношения сигнал-шум при сохранении достигнутого эффекта увеличения чувствительности, основанные на модернизации оптической части измерительных каналов.

Ключевые слова: измерительный канал, светоизлучающий диод, спектр излучения, ширина спектра, чувствительность, шум, оптическая мощность.

Актуальность и проблема

Для контроля экологических показателей автомобильного транспорта, в частности состава выхлопных газов, в Украине созданы стандарты ДСТУ 4277 и ДСТУ 4276 [1]. Стандарт ДСТУ 4277 распространяется на автомобили с двигателями, работающими на бензине или газовом топливе, и устанавливает нормы и методы измерений содержания оксида углерода (CO) и углеводородов (CH) в отработавших газах автомобилей (см. табл. 1).

Таблица 1

Гранично-допустимое содержание CO и CH в отработанных газах автомобилей

Наименование газовой составляющей	Содержание по объему		
	Автомобили без нейтрализаторов	Автомобили с однокомпонентными нейтрализаторами	Автомобили с трехкомпонентными нейтрализаторами
Оксид углерода (CO)	3,5 ^{об.%}	1,0 ^{об.%}	0,5 ^{об.%}
Углеводороды (CH)	1200 млн ⁻¹	600 млн ⁻¹	100 млн ⁻¹

Для газоанализаторов оксида углерода основная абсолютная погрешность не должна превышать $\pm 0,05$ об.% для диапазона от 0 до 1 об.% и $\pm 0,2$ об.% для диапазона от 0 до 5 об.%. Для газоанализаторов углеводородов основная абсолютная погрешность не должна превышать ± 50 млн⁻¹ для диапазона от 0 до 1000 млн⁻¹ и ± 150 млн⁻¹ для диапазона от 0 до 3000 млн⁻¹ [1].

Исходя из проведенного анализа газоанализаторов выхлопных газов автомобильного транспорта [2] следует, что устройства обеспечивают требуемую точность измерений в диапазоне измерений от 0 до 5 об.% для CO и от 0 до 3000 ppm для CH. При контроле в меньшем диапазоне – от 0 до 1 об.% для CO и от 0 до 1000 ppm для CH, газоанализаторы не

обеспечивают требуемой точности. Представленные положения обуславливают необходимость повышения точности измерений составляющих выхлопных газов, в частности, CO и CH и доведения абсолютной погрешности до значений не более $\pm 0,05$ об.-% и ± 50 млн⁻¹, соответственно.

Постановка задач исследований

Для повышения чувствительности измерительных каналов газоанализаторов выхлопных газов автомобильного транспорта необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать влияние ширины спектра излучения источника на чувствительность измерительных каналов;
- усовершенствовать оптическую часть измерительных каналов контроля концентраций составляющих выхлопных газов.

Решение задач и результаты исследований

Основной причиной выхода погрешности существующих газоанализаторов за установленные пределы является недостаточная чувствительность измерительных каналов, а также влияние шумов и помех на результаты измерений при уменьшении диапазона измерений CO и CH, так как при этом уменьшается соотношение сигнал-шум.

Для анализа возможности увеличения чувствительности произведем исследование влияния ширины спектральной характеристики мощности источника излучения (спектра излучения), в качестве которого используется светоизлучающий диод (СИД), на чувствительность измерительных каналов контроля концентраций составляющих выхлопных газов. Данный анализ произведем на основе современных инфракрасных светоизлучающих диодов СИД LED46-TEC-PRW (принят за базовый) и LED-465-NS [3,4], спектры излучения которых соответствуют спектру поглощения CO (см. рис. 1).

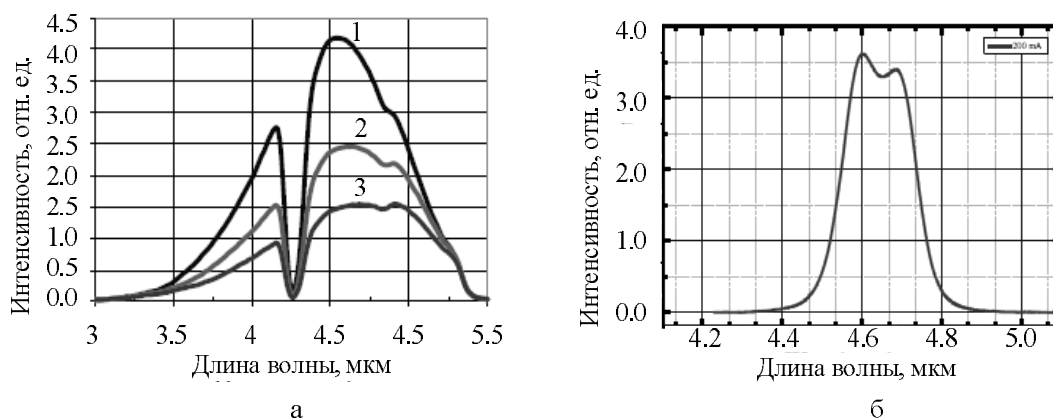


Рисунок 1 – Спектральные характеристики мощности излучения СИД LED46-TEC-PRW (1 – при $t = 2^\circ\text{C}$; 2 – при $t = 28^\circ\text{C}$; 3 – при $t = 52^\circ\text{C}$) (а) и LED-465-NS ($t = 24^\circ\text{C}$) (б)

Основные электрические и оптоэлектрические параметры выбранных СИД представлены в таблице 2 [3,4]. Исходя из представленных характеристик и параметров следует, что спектральная характеристика для СИД LED-465-NS в (4÷5) раз уже спектральной характеристики для СИД LED46-TEC-PRW. Для аналитического описания спектра излучения СИД используем выражение вида [5,6]:

$$S_{СИД}(\lambda) = S_0 \cdot \exp\left(-b_u^2 \cdot (\lambda - \lambda_0)^2\right) = \frac{\Phi_0 \cdot \ln 2}{\sqrt{\pi} \cdot \Delta\lambda_0} \cdot \exp\left(-\frac{\ln 2}{(\Delta\lambda_0)^2} \cdot (\lambda - \lambda_0)^2\right), \quad (1)$$

где S_0 – спектральная плотность мощности излучения; Φ_0 – оптическая мощность излучения; λ_0 – центральная длина волны спектральной характеристики; b_u – коэффициент, зависящий от полуширины спектральной характеристики $\Delta\lambda_0$.

Таблица 2

Электрические и оптоэлектрические параметры LED46-TEC-PRW и LED-465-NS

Наименование параметра	Тип инфракрасного СИД	
	СИД LED46-TEC-PRW	СИД LED- 465-NS
Прямой ток, мА	200	200
Импульсный прямой ток, мА	2000	2000
Длина волны в максимуме спектра, мкм	4,6	4,65
Полуширина спектра, мкм	900	200
Оптическая мощность, мкВт	6	1.5
Прямое напряжение, В	0,5	0,3

Поскольку представленная математическая модель не учитывает наличие двух пиков в реальной спектральной характеристике СИД, используем уточненное выражение для аналитического описания спектра излучения СИД:

$$S_{СИД}(\lambda) = S_0 \cdot \left(K_1 \cdot \exp\left(-b_{u1}^2 \cdot (\lambda - \lambda_{u01})^2\right) + K_2 \cdot \exp\left(-b_{u2}^2 \cdot (\lambda - \lambda_{u02})^2\right) \right) = \\ = \frac{P_{опт} \cdot \ln 2}{\sqrt{\pi} \cdot \Delta\lambda_0} \cdot \left(K_1 \cdot \exp\left(-\frac{\ln 2}{(\Delta\lambda_{u01})^2} \cdot (\lambda - \lambda_{u01})^2\right) + K_2 \cdot \exp\left(-\frac{\ln 2}{(\Delta\lambda_{u02})^2} \cdot (\lambda - \lambda_{u02})^2\right) \right), \quad (2)$$

где λ_{u01} и λ_{u02} – центральные длины волн пиков спектральной характеристики; $\Delta\lambda_{u01}$ и $\Delta\lambda_{u02}$ – полуширины спектральной характеристики относительно каждого из пиков; K_1 и K_2 – коэффициенты коррекции амплитуд пиков.

Оптический сигнал на выходе кюветы с анализируемыми выхлопными газами представляется выражением вида [5,7]:

$$S_{выхК}(\lambda, C_{об}, l) = S_{СИД}(\lambda) \cdot K_K(\lambda, C_{об}, l) = S_{СИД}(\lambda) \cdot \exp(-\varepsilon_\lambda \cdot l \cdot C_{об}), \quad (3)$$

где $K_K(\lambda, C_{об}, l)$ – коэффициент пропускания кюветы с анализируемым газом; ε_λ – коэффициент, зависящий от длины волны излучения и представляющий собой математическая модель спектра поглощения исследуемого газа; l – длина кюветы; $C_{об}$ – концентрация исследуемого газа.

Выходной сигнал приемника излучения, в качестве которого используется фотодиод, пропорционален интегральной оценке выходного сигнала кюветы с анализируемым газом (входного сигнала фотодиода) [5,8]:

$$\Phi_{вхФД}(\lambda, C_{об}, l) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_{выхК}(\lambda, C_{об}, l) d\lambda. \quad (4)$$

В качестве информационного параметра оптической части измерительных каналов выступает изменение мощности (интенсивности) оптического излучения после прохождения через кювету с исследуемыми выхлопными газами:

$$\gamma(C_{об}) = \frac{\Phi_{вхФД}(C_{об})}{\Phi_{СИД}} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_{выхК}(\lambda, C_{об}, l) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_{выхК}(\lambda, C_{об} = 0^{об. \%}, l) d\lambda}. \quad (5)$$

Используя разработанную в работе [9] математическую модель спектра поглощения оксида углерода (CO), математические модели спектральных характеристик СИД LED46-TEC-PRW и LED- 465-NS (2) и выбрав длину измерительной кюветы $l = 7$ см, расчетным путем были получены зависимости информационного параметра (5) оптической части

измерительного канала от концентрации CO в диапазоне от 0 до 1^{об.%} (см. рис. 2).

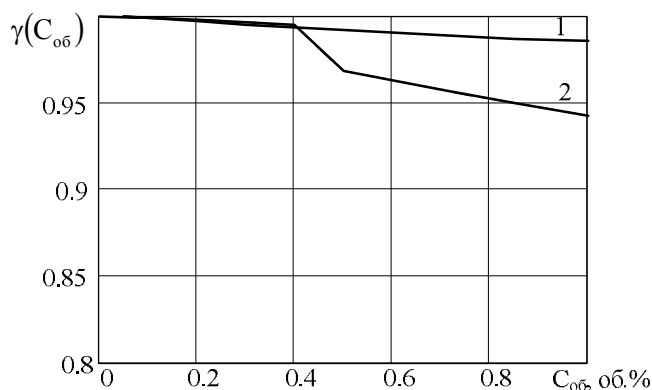


Рисунок 2 – Зависимости информационного параметра оптической части измерительного канала от концентрации CO для СИД LED46-TEC-PRW (1) и LED-465-NS (2)

Из полученных зависимостей (см. рис.2) определяются чувствительности оптической части измерительного канала концентрации оксида углерода:

– при использовании СИД LED46-TEC-PRW чувствительность остается практически постоянной во всем измерительном диапазоне и составляет:

$$K_{LED46} = \frac{\Delta\gamma(C_{об})}{\Delta C_{об}} = \frac{0,985 - 1}{1 - 0} = -0,015 \frac{1}{об. \%};$$

– при использовании СИД LED-465-NS в диапазоне концентраций CO от 0 до 0,5^{об.%} чувствительность стремится к чувствительности СИД LED46-TEC-PRW;

– при использовании СИД LED-465-NS при диапазоне концентраций CO от 0,5 до 1^{об.%}:

$$K_{LED465NS} = \frac{\Delta\gamma(C_{об})}{\Delta C_{об}} = \frac{0,9426 - 0,9681}{1 - 0,5} = -0,051 \frac{1}{об. \%}.$$

Исходя из полученных значений можно сделать вывод, что чувствительность оптической части измерительного канала за счет использования СИД с зауженным спектром в диапазоне концентраций CO от 0,5 до 1^{об.%} повышается в:

$$n = K_{LED465NS} / K_{LED46} = -0,051 / (-0,015) = 3,4 \text{ раза.}$$

Однако зависимость информационного параметра от концентрации CO при использовании СИД LED-465-NS получается существенно нелинейной за счет скачкообразного изменения информационного параметра при концентрациях (0,4÷0,5)^{об.%}. Скачок обусловлен наложением длинноволновой ветви спектра поглощения оксида углерода [9] на крутую область спектральной характеристики СИД и, как следствие, отсутствие влияния длинноволновой ветви спектра поглощения CO при низких концентрациях (менее 0,5^{об.%}).

Таким образом, при измерительном диапазоне концентраций CO от 0 до 5^{об.%} (в соответствии с ДСТУ 4277) использование СИД LED-465-NS является предпочтительным за счет увеличения чувствительности оптической части измерительного канала более чем в три раза. При измерительном диапазоне концентраций CO от 0 до 1^{об.%} (в соответствии с ДСТУ 4277), что соответствует содержанию CO в выхлопе современных автомобилей (см. табл. 1), чувствительность практически не изменяется.

Для получения линейной зависимости информационного параметра от концентрации CO необходимо расширить спектральную характеристику СИД в сторону длинноволновой ветви спектра поглощения оксида углерода. Это достигается за счет использования СИД LED46-TEC-PRW с оптическим фильтром, выделяющим излучение в диапазоне длин волн

(4,4÷4,9) мкм [10]. Зависимости информационного параметра оптической части измерительного канала от концентрации CO для СИД LED46-TEC-PRW без и с оптическим фильтром представлены на рисунке 3.

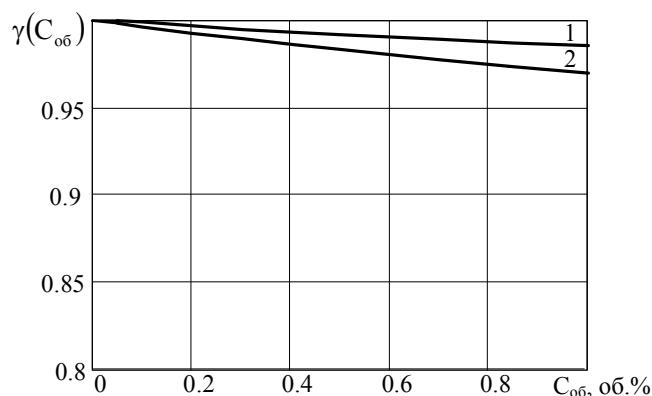


Рисунок 3 – Зависимости информационного параметра оптической части измерительного канала от концентрации CO для СИД LED46-TEC-PRW без (1) и с оптическим фильтром (2)

Чувствительность оптической части измерительного канала концентрации CO при использовании СИД LED46-TEC-PRW с оптическим фильтром составляет:

$$K_{LED46_OF} = \frac{\Delta\gamma(C_{об})}{\Delta C_{об}} = \frac{0.9694 - 1}{1 - 0} = -0.031 \frac{1}{об. \%}$$

Таким образом, чувствительность оптической части измерительного канала повышается примерно в 2 раза и зависимость информационного параметра от концентрации CO носит линейный характер во всем измерительном диапазоне.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что для увеличения чувствительности измерительного канала и получения практически линейного изменения информационного параметра необходимо сужение спектра излучения СИД, а также совпадение спектра поглощения оксида углерода и спектра излучения СИД. Это можно добиться либо подбором светоизлучающих диодов, либо применением оптических фильтров инфракрасного диапазона.

Недостатком рассмотренного способа повышения чувствительности является снижение уровня оптической мощности СИД и, как следствие, понижение уровня сигнала на выходе фотодиода, что приводит к уменьшению соотношения сигнал-шум. Если принять уровень сигнала на выходе фотодиода при использовании СИД LED46-TEC-PRW за единицу при концентрации CO $C_{об} = 0$ об.%, то уровень сигнала на выходе фотодиода при использовании СИД LED-465-NS составляет 0,13, а при использовании СИД LED46-TEC-PRW с оптическим фильтром – 0,39. Фактически уменьшение уровня сигнала нивелирует достигнутое повышение информационной составляющей о концентрации CO за счет увеличения влияния шумов и помех в выходном сигнале.

Для увеличения соотношения сигнал-шум необходимо либо уменьшать уровень шумов (в основном обусловлен шумами СИД и фотодиода), который является некоррелированной функцией, что существенно затрудняет его учет и коррекцию, либо повышать оптическую мощность источника излучения.

Пути повышения оптической мощности источника излучения являются:

1. Применение широкополосного источника излучения, обладающего оптической мощностью в сотни–тысячи раз превышающей оптическую мощность узкополосных источников, в группу которых попадают рассмотренные выше СИД инфракрасного диапазона. Для повышения чувствительности оптической части измерительных каналов и уменьшения погрешности от влияния соседних по спектру поглощения составляющих

выхлопных газов, со стороны фотодиода предлагается поставить оптический фильтр инфракрасного диапазона (рекомендуемый диапазон длин волн, пропускаемых фильтром – от 4,4 мкм до 4,9 мкм). При этом мощность оптического сигнала на входе фотодиода уменьшается, однако по сравнению с узкополосными светоизлучающими диодами положительный эффект составит порядка десятков раз.

2. Применение в качестве источника излучения так называемой “пушки” светодиодов, представляющей собой N-ое количество СИД инфракрасного диапазона с зауженным спектром излучения, сгруппированных в одном месте. Мощность излучения от “пушки” светодиодов по методу суперпозиции представляет собой сумму мощностей от действия каждого СИД в отдельности. Для сведения потока излучения от “пушки” светодиодов в активную область фотодиода с его стороны ставится оптическая линза. Таким образом, количество используемых в составе “пушки” СИД будет определять мощность оптического сигнала на входе фотодиода, себестоимость оптической части измерительного канала и его массо-габаритные показатели.

Предложенные пути повышения оптической мощности источников излучения требуют более тщательной проработки и являются основой для дальнейших исследований.

Выводы

1. Исследовано влияние ширины спектра излучения источника на чувствительность измерительных каналов. В качестве источников излучения предложено использовать светоизлучающие диоды LED46-TEC-PRW (принят за базовый) и LED-465-NS, спектры излучения которых соответствует спектру поглощения CO. Установлено, что сужение спектральной характеристики СИД приводит к повышению чувствительности оптической части измерительных каналов (для СИД LED-465-NS повышение достигает 3,4 раза в диапазоне концентраций CO от 0,5 до 1^{об.}%, а в диапазоне от 0 до 0,5^{об.}% чувствительность не увеличивается).

Использование СИД LED46-TEC-PRW с оптическим фильтром с диапазоном пропускания длин волн (4,4÷4,9) мкм обеспечивает повышение чувствительности в 2 раза, при этом зависимость информационного параметра от концентрации CO носит линейный характер в диапазоне концентраций от 0 до 1^{об.}%.

2. Установлено, что повышение чувствительности оптической части измерительного канала за счет сужения спектра излучения СИД сопровождается снижением уровня его оптической мощности и, как следствие, увеличение влияния шумов в выходном сигнале.

3. Предложены пути повышения оптической мощности источников излучения, заключающиеся в использовании либо широкополосного источника и оптического фильтра со стороны фотодиода, либо “пушки” светодиодов инфракрасного диапазона и фокусирующей оптической линзы со стороны фотодиода.

Список использованной литературы

1. Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі: ДСТУ 4277:2004. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 12 с.
2. Лыков А.Г. Анализ газоанализаторов выхлопных газов автомобильного транспорта и пути повышения их точности / А.Г. Лыков, А.В. Вовна // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Обчислювальна техніка та автоматизація”. – 2013. – Випуск 2(25) 2013. – С. 246 – 253.
3. IBSG. Mid infrared optoelectronics: Светодиоды 2.7 - 4.7 мкм [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ibsg.ru/led/led_2.html. – Дата доступа: февраль 2014. – Загл. с экрана.
4. IBSG. Mid infrared optoelectronics: Светодиоды с узким спектром 2.7 - 4.7 мкм. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ibsg.ru/led/led3.html>. – Дата доступа:

февраль 2014. – Загл. с экрана.

5. Методы и средства аналитического измерения концентрации газовых компонент и пыли в рудничной атмосфере угольных шахт / А.В. Вовна, А.А. Зори, В.Д. Коренев, М.Г. Хламов. – Донецк: ГВУЗ “ДонНТУ”, 2012. – 260 с.
6. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия: пер. с англ. / А.Смит. – М.: Мир, 1982. – 328 с.
7. Бреслер П.И. Оптические абсорбционные газоанализаторы и их применение / П.И. Бреслер. – Л.: Энергия, 1980. – 164 с.
8. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: учебник для студентов вузов / Ю.Г. Якушенков. – [4-е изд, перераб и доп.]. – М.: Логос, 1999. – 480 с.
9. Вовна А.В. Математическая модель оптического тракта измерителя концентрации угарного газа / А.В. Вовна, А.А. Зори, А.Г. Лыков, М.Г. Хламов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Обчислювальна техніка та автоматизація”. – 2010. – Випуск 18(169). – С. 34 – 38.
10. Izovac: ИК фильтры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.izovac-coatings.com/products/ir_filters. – Дата доступа: март 2014.

References

1. State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy (2004), *4277:2004 Normy i metody vymirjuvan' vmistu oksydu vuglechu ta vuglevodniv u vidprac'ovanyh gazah avtomobiliv z dygunamy, shho pracjujut' na benzyni abo gazovomu palyvi* [4277:2004 Limits and methods of measurement of carbon monoxide and hydrocarbons in the exhaust gases of vehicles with engines running on petrol or a gaseous fuel], State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy, Kiev, Ukraine.
2. Lykov, A.G. and Vovna, A.V. (2013), “Analysis of gas analyzers of road transport exhaust and ways to improve their accuracy”, *Naukovi praci Donec'kogo nacional'nogo tehnicnogo universytetu. Serija “Obchysljuval'na tehnika ta avtomatyzacija”*, no. 2(25) 2013, pp. 246-253.
3. IBSG. Mid infrared optoelectronics (2014), “LEDs 2.7-4.7 microns”, available at: http://www.ibsg.ru/led/led_2.html (Accessed 19 February 2014).
4. IBSG. Mid infrared optoelectronics (2014), “LEDs with a narrow range 2.7-4.7 microns”, available at: http://www.ibsg.ru/led/led_3.html (Accessed 20 February 2014).
5. Vovna, A.V., Zori, A.A., Korenev, V.D. and Hlamov, M.G. (2010), *Metody i sredstva analiticheskogo izmerenija koncentracii gazovyh komponent i pyli v rudnichnoj atmosfere ugol'nyh shaht* [Methods and means of the gas components concentration and dust analytical measuring in the mine atmosphere of coal mines], DonNTU, Donetsk, Ukraine.
6. Smith, A. (1982), *Prikladnaja IK-spektroskopija* [Applied Infrared Spectroscopy], Mir, Moscow, Russia.
7. Bresler, P.I. (1980), *Opticheskie absorbcionnye gazoanalizatory i ih primenenie* [Optical absorption gas analyzers and their application], Energiya, Leningrad, Russia.
8. Yakushenkov, U.G. (1999), *Teorija i raschet optiko-jelektronnyh priborov: uchebnik dlja studentov vuzov* [Theory and calculation of optoelectronic devices: a textbook for university students], Logos, Moscow, Russia.
9. Vovna, A.V., Zori, A.A., Lykov, A.G. and Hlamov, M.G., (2010), “An optical channel mathematical model of carbon monoxide concentration measuring device”, *Naukovi praci Donec'kogo nacional'nogo tehnicnogo universytetu. Serija “Obchysljuval'na tehnika ta avtomatyzacija”*, no. 18(169), pp. 34-38.
10. Izovac (2014), “Infrared filters”, available at: http://www.izovac-coatings.com/products/ir_filters (Accessed 1 March 2014).

Надійшла до редакції:
29.04.2014

Рецензент:
д-р техн. наук, проф. Зорі А.А.

О.Г. Ликов, М.П. Косарев

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Дослідження впливу ширини спектру випромінювання джерела на чутливість вимірювальних каналів газоаналізаторів вихлопних газів автомобільного транспорту. В якості джерел випромінювання обрані світлодіоди, спектри випромінювання яких відповідають спектру поглинання CO, але мають різницю в ширині спектру в (4÷5) разів. Встановлено, що звуження спектру випромінювання призводить до підвищення чутливості оптичної частини вимірювального каналу, однак ступінь звуження спектру впливає на лінійність зміни інформаційного параметра від зміни концентрації CO; найкращий результат спостерігається при співпадінні спектру поглинання газової складової і спектру випромінювання світлодіоду. Запропоновані шляхи підвищення оптичної потужності джерел випромінювання для збільшення співвідношення сигнал-шум при збереженні досягнутого ефекту збільшення чутливості, що полягають у модернізації оптичної частини вимірювальних каналів.

Ключові слова: *вимірювальний канал, світловипромінювальний діод, спектр випромінювання, ширина спектру, чутливість, шум, оптична потужність.*

A.G. Lykov, N.P. Kosarev

Donetsk National Technical University

Influence of a radiation source spectral width on sensitivity of measurement channels of road transport exhaust gas analyzers. Light-emitting diodes LED46-TEC-PRW and LED-465-NS were selected as radiation sources for research (LED46-TEC-PRW as a base). Their emission spectrum coincides with a CO absorption spectrum, but has some spectrum width differences by (4÷5) times. We have found out that constriction of a radiation spectrum leads to increasing of the optical measuring channel sensitivity. But degree of the spectrum constriction influences on the linearity of information parameter changes as a function of concentration changes. LED-465-NS sensitivity increasing can achieve 3,4 times for CO concentrations range from 0,5 to 1 %; for CO concentrations range from 0 to 0.5 % the sensitivity does not increase. Usage of LED46-TEC-PRW with an optical filter (transmission range of wavelengths from 4.4 μm to 4.9 μm) provides sensitivity increasing by 2 times only. But dependence of information parameter from CO concentration for range from 0 to 1 % is a linear characteristic. So the best result is observed when the absorption spectrum of a gas component and the emission spectrum of the light emitting diode are the same. The studies also found that the increasing of the optical measuring channel sensitivity by the constriction of the LED's radiation spectrum is accompanied by constriction of its optical power level, and accordingly the influence of noise and interference in the output signal are increasing. It eliminates the achieved increase of the informational component about CO concentration. We suggest ways to improve the optical power radiation sources based on modernization of the optical measuring channels for increasing a signal-to-noise rate (the achieved effect of the sensitivity increasing persists). In particular, we propose the usage of a broadband source and optical filter from photodiode side or usage of a light-emitting diode "gun" in an infrared range and focusing optical lens from photodiode side.

Keywords: *measuring channel, light-emitting diode, emission spectrum, spectrum width, sensitivity, noise, optical power.*



Лыков Алексей Геннадьевич, Украина, закончил Донецкий национальный технический университет, ассистент кафедры электронной техники ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет» (ул. Артема, 58, г. Донецк, 83001, Украина). Основное направление научной деятельности – устройства электропитания, электронные устройства и системы газового анализа.