

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра общей, теоретической и компьютерной физики

**Анализ показаний бездисперсионного оптического датчика газа  
при условии быстрого изменения внешней температуры**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ  
Студента 4 курса 4022 группы  
Направления 03.03.02 «Физика» Института физики  
Николаева Константина Александровича

Научный руководитель  
доцент, к.ф.-м.н.

А. И. Конюхов

Заведующий кафедрой  
общей, теоретической  
и компьютерной физики  
профессор, д.ф.-м.н.

В.М. Аникин

Саратов  
2024

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Обязательным мероприятием на многих промышленных предприятиях является анализ газовых сред. Подобные исследования представляют процедуру измерения изменения в среде того или иного компонента, содержащегося в газовой смеси.

Газоанализаторы применяются на многих местах. Например: в шахтах, в автопромышленности, в химических лабораториях, на фильтрационных насосных станциях, в котельных, на парковках. Газоанализаторы – это незаменимые устройства, которые используются как на производстве, так и в быту. Они позволяют определить качественный и количественный состав загрязняющих веществ и обеспечить безопасность в местах, где есть опасные факторы утечки вредных веществ и газов.

**Целью** данной выпускной квалификационной работы (ВКР) является определение степени влияния внешней температуры на точность показаний бездисперсионного оптического датчика.

Задачи ВКР:

- ознакомление с принципом детектирования газа при помощи оптического датчика;
- ознакомление с устройством экспериментальных установок и их принципом работы;
- проведение серий измерений показаний датчика при его быстром нагреве и охлаждении;
- анализ влияния внешней температуры на показания датчика.

**Новизна работы:** Полученные данные о влиянии режима изменения температуры на точность показаний газового анализатора.

**Структура и объем ВКР.** Выпускная квалификационная работа содержит:  
Введение.

Основные разделы:

1. Основные виды газоанализаторов.
2. Бездисперсионный инфракрасный датчик.
3. Принцип работы инфракрасного датчика.
4. Тестовая установка.
5. Исследование и его результаты.

Заключение.

Список литературы из 9 наименований.

Общий объем ВКР – 36 с.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** ВКР обоснована актуальность выбранной темы выпускной квалификационной работы.

**В первом разделе** ВКР рассмотрены различные виды газоанализаторов и дано краткое описание принципов их работы, в их числе:

- Термокаталитический датчик.
- Термокондуктивный датчик.
- Полупроводниковый датчик.
- Электрохимический датчик.
- Гальванический датчик.
- Инфракрасный датчик (исследуемый).
- Интерферометрический датчик.
- Фотоионизационный датчик.
- Пиролитический датчик.

**Во втором разделе ВКР** представлено описание видов и основных компонентов инфракрасных датчиков.

Главные составные части бездисперсионного газоанализатора – источник инфракрасного излучения, камера с образцом, светофильтр, инфракрасный детектор.

**Виды излучателей инфракрасного света:** светодиод (оптический тип), лампа накаливания (термический тип), нагреватель MEMS (тепловой тип).

*Лампа.* Ток подается на нить накала в лампе, выделяется джоулево тепло, в результате чего нить накала нагревается и излучает свет из-за высокой температуры.

*Светодиод.* Представляет собой полупроводниковое устройство, которое излучает свет при прохождении через него электрического тока. Свет возникает, когда частицы, несущие ток (известные как электроны и дырки) объединяются в полупроводниковом материале в зоне p-n перехода.

*Нагреватель MEMS.* Принцип излучения света тот же, что и у ламп, в которых в качестве источника используется тепловыделение. Нагреватель MEMS генерирует тепло и излучает свет, когда электрический ток подается на тонкую пленку резистивного нагревательного элемента, обработанную полупроводниковым способом.

**Виды приемников инфракрасного света:** фотодиод, термопара, пироэлектрический датчик.

*Фотодиод.* Свет (инфракрасное излучение) поглощается обедняющим слоем, образованным соединением полупроводников P-типа и N-типа, генерируя фотоэлектрическую энергию. Этот принцип используют фотодиоды.

*Термопара.* Термопара – это, инфракрасный датчик, использующий эффект Зеебека, при котором разница температур объекта преобразуется в напряжение.

*Пироэлектрический датчик.* В пироэлектрическом датчике сегнетоэлектрики получают инфракрасные лучи и нагреваются. В результате изменяется внутренняя

поляризация, генерируя электрический заряд. Это явление называется пирозлектрическим эффектом, который используется для пирозлектрического датчика.

Одним из основных компонентов является *светофильтр*. Инфракрасный фильтр пропускает инфракрасную часть спектра, задерживая все остальные части спектра

**В третьем разделе ВКР** рассмотрен принцип работы бездисперсионного инфракрасного датчика.

Когда инфракрасное (ИК) излучение взаимодействует с молекулами газа, инфракрасный свет поглощается на определенной длине волны. По уменьшению интенсивности ИК излучения можно определить концентрацию газа.

В конструкции данного датчика применялся виртуальный опорный канал. У нас имеется одна лампа накаливания, которая находится на некотором расстоянии от приемника, соответственно излучение проходит большую длину. Имеется вторая лампа, которая находится рядом с приемником; здесь излучение проходит небольшую длину, поэтому газ не влияет на поглощение излучения от второй лампы. Когда включается первая лампа, мы получаем измерительный сигнал, когда она выключается и включается вторая лампа, мы получаем опорный сигнал. Таким образом, можно стабилизировать показания, потому что данный фотоприемник чувствителен к изменению температуры. Поскольку для измерительного и опорного сигналов используются один и тот же приемник и один и тот же усилитель, величины АТ (амплитуда измерительного сигнала термодатчика) и RT (амплитуда опорного сигнала термодатчика) изменяются синхронно при изменении температуры. Использование отношения АТ/RT уменьшает зависимость показаний датчика от температуры.

Концентрацию газа можно рассчитать по формуле:

$$C = k \left( 1 - \frac{AT}{\frac{RT}{ZERO}} \right),$$

где С – концентрация газа, k – постоянный коэффициент, ZERO – отношение амплитуд измерительного и опорного сигналов при нулевой концентрации.

**В четвертом разделе ВКР** приведены результаты исследования. Была проведена серия экспериментов для того, чтобы понять, как быстрое изменение температуры может повлиять на точность измерения инфракрасным датчиком концентрации газа.

В первом случае датчик не подвергался изменению температуры, а в окружающую среду было добавлено некоторое количество исследуемого газа.

На рисунке 1 изображено изменение амплитуд опорного и измерительного сигналов.

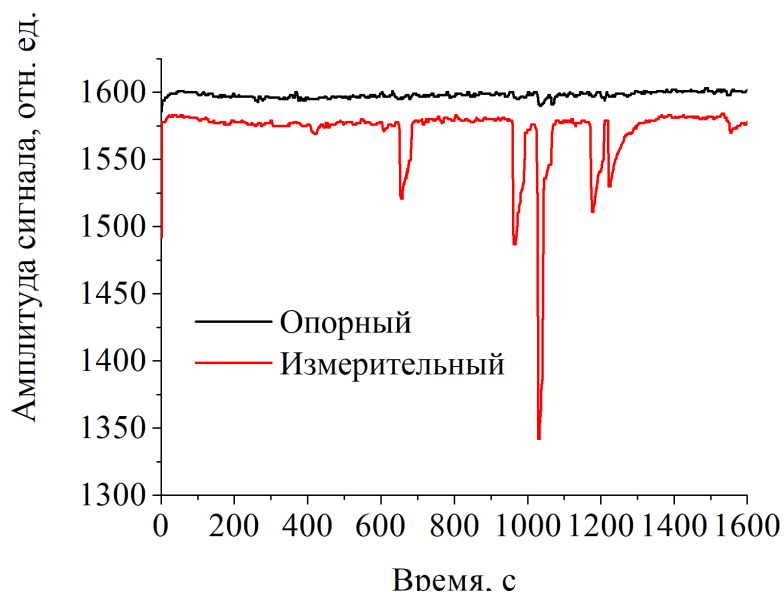


Рисунок 1 – Амплитуда измерительного (АТ) и опорного (RT) сигналов

Можно увидеть, что амплитуда сигнала измерительного канала падает, а опорного канала остается без изменений, что говорит о присутствии газа (спирта) в окружающей среде.

На рисунке 2 показано изменение концентрации газа.

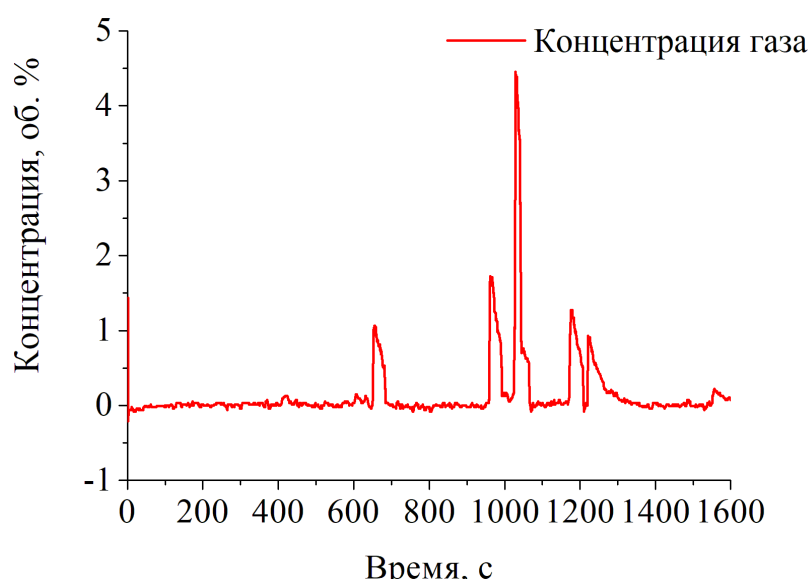


Рисунок 2 – Изменение концентрации газа

Так как в данном эксперименте температура датчика не изменялась, можно сделать вывод, что показания концентрации зависели от изменения отношения амплитуды сигнала измерительного и опорного каналов.

Во втором случае в окружающую среду не был добавлен исследуемый газ, но датчик подвергался быстрому изменению температуры, сначала он нагревался, затем охлаждался.

На рисунке 3 изображено как менялась температура термопары и микропроцессора. Можно заметить, что температура термопары и микропроцессора изменялась неравномерно; разница в показаниях могла достигать до 6 градусов.

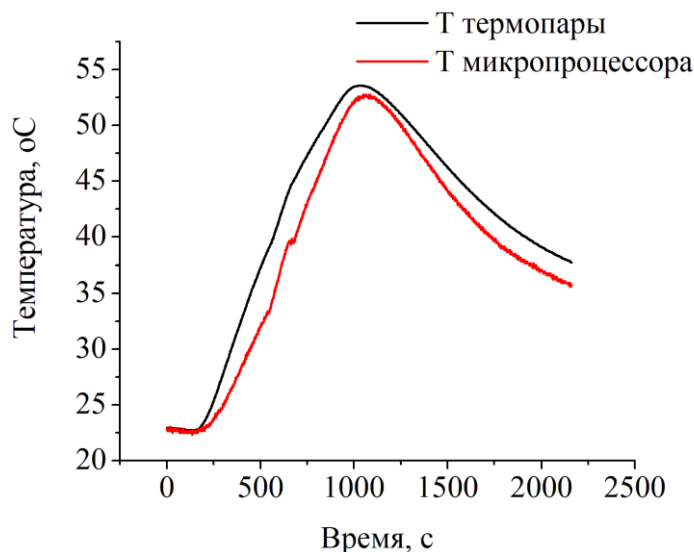


Рисунок 3 – Изменение температура термопары и микропроцессора

На рисунке 4 изображена зависимость показаний амплитуды сигналов от температуры.

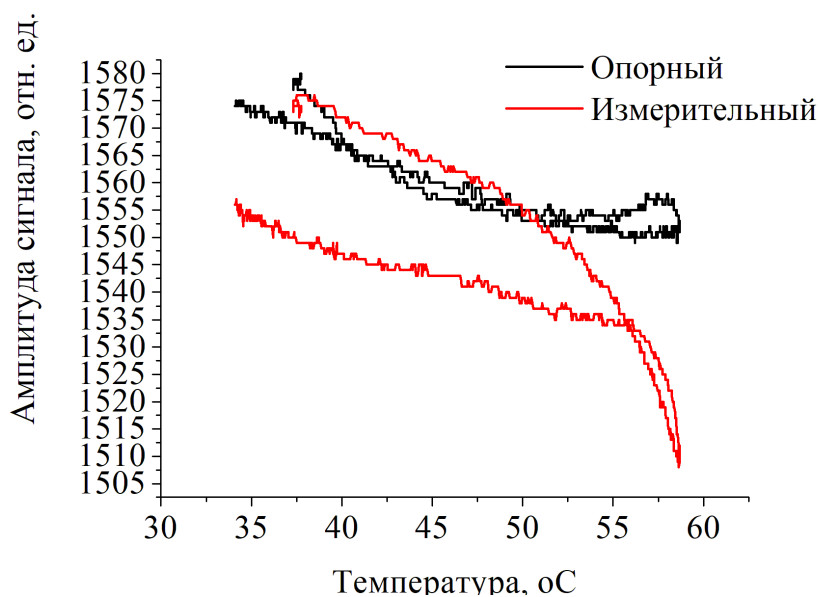


Рисунок 4 – Зависимость амплитуды измерительного (AT) и опорного (RT) сигналов от температуры

Мы можем наблюдать возникновения эффекта гистерезиса, это связано с неравномерным прогревом датчика, что говорит о том, что показания амплитуд сигналов измерительного и опорного каналов в условиях быстрого изменения температуры могут передавать на фотоприемник неправильные данные относительно наличия испытываемого газа.

На рисунке 5 изображено изменение концентрации газа со временем.

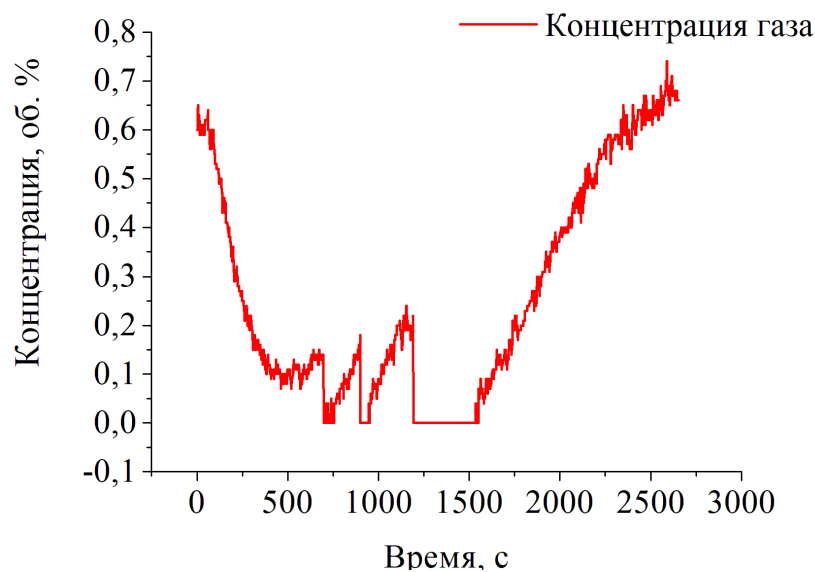


Рисунок 5 – Изменение концентрации газа во времени

Можно увидеть, что датчик регистрирует наличие газа, даже во время его отсутствия в окружающей среде.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В ходе работы выполнялись поставленные задачи:

знакомство с принципом детектирования газа при помощи оптического датчика,

знакомство с устройством экспериментальных установок и принципом их работы,

проведение серии измерений показаний датчика при его быстром нагреве и охлаждении,

проведение анализа влияния внешней температуры на показания датчика.

Таким образом, в ходе работы была достигнута поставленная цель по определению степени влияния внешней температуры на показания без дисперсионного оптического датчика.

Результаты были представлены в виде графиков, которые были построены на основе данных, полученных в течение серии проводимых экспериментов. При быстром изменении температуры более 1 градуса в минуту возникает эффект гистерезиса это приводит к неправильным показаниям датчика. Методом борьбы является медленный прогрев датчика. Свойство того, что при быстром изменении температуры показания могут быть неверными, справедливо для всех видов датчиков, все они реагируют на температуру очень сильно.

## Список использованной литературы

1. А. И. Конюхов. Бездисперсионный оптический датчик газа с временным разделением опорного и измерительного сигналов. Приборы и техника эксперимента, 2023, № 2, С. 115-121.
2. Popa D, Udrea F. Towards integrated mid-infrared gas sensors. Sensors. 2019. 19(9). P. 2076. <https://doi.org/10.3390/s19092076>
3. L. Jun, T. Qiulin, Z. Wendong, X. Chenyang, G. Tao, X. Jijun, Miniature low-power IR monitor for methane detection, Measurement, 2011. Vol. 44, Iss. 5, P. 823-831. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2011.01.021>
4. What is NDIR? / [Электронный ресурс] // AsahiKASEI MICRODEVICES: [сайт]. — URL: <https://www.akm.com/eu/en/products/co2-sensor/tutorial/what-is-ndir/>
5. Low Cost Infrared Light Source for NDIR Gas Detection / [Электронный ресурс] // HEIMANN Sensor: [сайт]. — URL: <https://www.heimannsensor.com/HSL-Series>
6. Detectors & Sensors / [Электронный ресурс] // EXCELITAS TECHNOLOGIES: [сайт]. — URL: <https://www.excelitas.com/product-category/detectors-sensors>
7. Виды сенсоров в газоанализаторе / [Электронный ресурс] // ТОП - СЕНС: [сайт]. — URL: <https://topsense.su/vidy-sensorov-v-gazoanalizatore/>
8. Инфракрасный оптический газоанализатор с автоматической температурной коррекцией. Патент 2710083 С1 Рос. Федерация. МПК G01N 21/3504, А.И. Конюхов, М.Ю. Юдаков; Заявка No 2019117222; Оpubл. 24.12.2019. Бюл. No 36. <https://www.fips.ru/cdfi/fips.dll/ru?ty=29&docid=2710083>
9. Инфракрасный оптический газоанализатор, Патент 2439595 Рос. Федерация. МПК G01N21/3504 / А.С. Пластун, А.И. Конюхов, М.И. Юдаков; No 2015126759/28; опубл. 27.08.2016, Бюл. No 24 - 12 с. <http://www.fips.ru/Archive4/PAT/2016FULL/2016.08.27/DOC/RUNWC1/000/000/002/596/035/document.pdf>