**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**

**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ: | | | | | | | | | | | | | | |
| Факультет | О | |  | Заведующий кафедрой | | | | | |  | | | | О1 | | | | | | |
|  | индекс факультета | |  |  | | | | |  | | | | | | индекс кафедры | | |
| Выпускающая кафедра | О1 | |  | | Иванов Н.И. | | |  | | | |  | | | | | | | |
|  | индекс кафедры | |  | | Фамилия ИО | |  | | | | подпись | | | | | | | | | | |
| Группа | О1М31 | |  | «\_\_\_\_\_» | |  | | | | | | | | | | 2018 г. | | |
|  | индекс группы | |  |  | |  | | | | | | |  | | | |

**отчет**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **о прохождении** | | | | конструкторско - технологической | | | | | | | | | | | | | | | **практики** | | | | |
| наименование практики | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Батенькина Виктора Владимировича | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Фамилия, имя, отчество обучающегося | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Обучающегося по**  **направлению/специальности** | | | | | | | 20.04.01 | | | |  | | Техносферная безопасность | | | | | | | | | |
| нужное подчеркнуть | | | | | | | код | | | | |  | | полное наименование направления/специальности | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Руководитель практики от БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова:** | | | | | | | | Куклин Д.А., д.т.н., профессор каф. О1 | | | | | | | | | | | | | |
|  | | | Фамилия ИО, ученая степень, ученое звание, должность | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Руководитель практики от**  **профильной организации:** | | | | | | | | Коновалов Г.Г., к-т. ф.-м. н. | | | | | | | | | | | | | |
|  | Фамилия ИО, ученая степень, ученое звание, должность | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Срок прохождения практики:** | | | | | с | | 02.07.2018 | | | | | | | г. |  | по | 22.07.2018 | | | г. |
| **Должность обучающегося на практике:** | | | | | | | | | Лаборант | | | | | | | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Руководитель практики от БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова:** | | | |  | |  | | **Руководитель практики от профильной организации:** | | |  | | | |
|  | |  | | Куклин Д.А. | |  | |  | |  | | | Коновалов Г.Г. | |
| Подпись | |  | | Фамилия ИО | |  | | Подпись | |  | | | Фамилия ИО | |
| «\_\_\_» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  | 2018г. | |  | | «23» | | \_\_\_\_июля\_\_\_\_ |  | | 2018г. | |

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2018 г.

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc523710014)

[1. Характеристические спектры поглощения ряда химических соединений. 4](#_Toc523710015)

[2. Воздействие повышенных концентраций углекислого газа в окружающем воздухе на организм человека. 7](#_Toc523710016)

[3. Разработка лабораторного макета газоанализатора для определения концентрации СО2 в атмосферном воздухе. 10](#_Toc523710017)

[3.1 Проведение эксперимента 15](#_Toc523710019)

[Заключение 17](#_Toc523710020)

# Введение

Базой прохождения конструкторско-технологической практики была лаборатория инфракрасной оптоэлектроники ФГБУН «ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН». Продолжительность конструкторско-технологической практики – три недели.

Целью прохождение конструкторско-технологической практики является закрепление и углубление теоретических знаний, полученных в процессе обучения, а также приобретение практических навыков в области газового анализа.

Задачи конструкторско-технологической практики: проведение анализа характеристических полос оптического поглощения ряда химических элементов. Разработка лабораторного макета газоанализатора оптического типа для определения концентрации углекислого газа СО2.

# Характеристические спектры поглощения ряда химических соединений.

Инфракрасная спектроскопия — раздел спектроскопии, изучающий взаимодействие инфракрасного излучения с веществами.

При пропускании инфракрасного излучения через вещество происходит возбуждение колебательных движений молекул или их отдельных фрагментов. При этом наблюдается ослабление интенсивности света, прошедшего через образец. Однако поглощение происходит не во всём спектре падающего излучения, а лишь при тех длинах волн, энергия которых соответствует энергиям возбуждения колебаний в изучаемых молекулах. Следовательно, длины волн (или частоты), при которых наблюдается максимальное поглощение ИК-излучения, могут свидетельствовать о наличии в молекулах образца тех или иных функциональных групп и других фрагментов.

Экспериментальным результатом в ИК-спектроскопии является инфракрасный спектр — функция интенсивности пропущенного инфракрасного излучения от его частоты. Обычно инфракрасный спектр содержит ряд полос поглощения, по положению и относительной интенсивности которых делается вывод о строении изучаемого образца. Такой подход стал возможен благодаря большому количеству накопленной экспериментальной информации: существуют специальные таблицы (например, рис.2), связывающие частоты поглощения с наличием в образце определённых молекулярных фрагментов. Созданы также базы ИК-спектров некоторых классов соединений, которые позволяют автоматически сравнивать спектр неизвестного анализируемого вещества с уже известными и таким образом идентифицировать это вещество.

В основе работы инфракрасных газоанализаторов лежит принцип оптической ИК-спектроскопии, основанной на способности большинства веществ избирательно поглощать инфракрасное излучение. При этом степень поглощения инфракрасного излучения зависит от концентрации вещества в анализируемой среде.

В средней инфракрасной области спектра (1.5 - 5.5 мкм) расположены сильные полосы поглощения многих химических соединений, представляющих практический интерес (метан, углекислый газ, пары воды, угарный газ, аммиак и др.)

На рисунке 1 представлен спектр селективного поглощения инфракрасного излучения в диапазоне длин волн от 3 до 5 мкм.

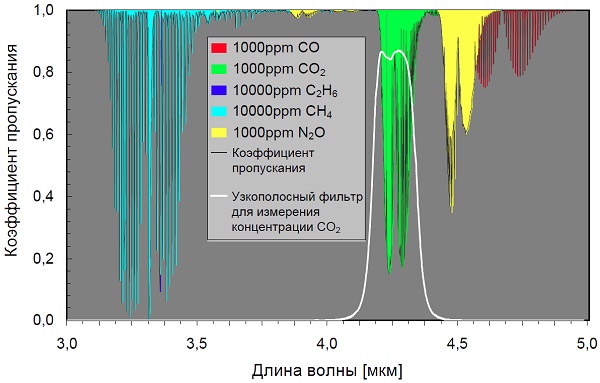


Рисунок 1 – Спектр поглощения химических соединений: СО, СО2, С2Н6, СН4, NO2 ( мкм).

Характеристические полосы поглощения ряда химических соединений представлены на рис 2.

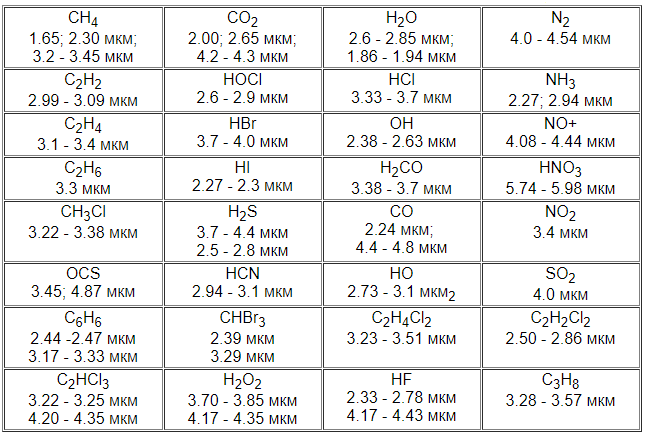


Рисунок 2 – характеристические полосы поглощения химических соединений.

# Воздействие повышенных концентраций углекислого газа в окружающем воздухе на организм человека.

Дыхание является важнейшим физиологическим процессом, гарантирующим течение метаболизма. Для комфортного существования человеку необходим воздух, состоящий из 21,5% кислорода и 0,03 – 0.04% углекислого газа. Порядка 78,1% атмосферного воздуха приходится на двухатомный газ азот, оставшаяся часть – на примеси (аргон, гелий, криптон и т.д.).

При высоких концентрациях (более 0,1%) углекислый газ негативно влияет на самочувствие человек, более того, производит канцерогенный эффект. Пребывание человека в помещении с высокой концентрацией СО2 может вызвать слабость, сонливость, головную боль, уменьшить концентрацию внимания, или даже оказать влияние на состав крови. Вследствие постоянного влияния высоких концентраций СО2 в организме человека происходит увеличение кислотности крови, что ведет к ацидозу, при этом ухудшается восприимчивость организма к полезным веществам и минералам, таким как, магний, кальций, калий, натрий. Ацидоз может спровоцировать сахарный диабет, заболевания, связанные с опорно-двигательным аппаратом, сердечнососудистой системой. Люди, страдающие хроническими заболеваниями, например астмой или аллергией, особенно остро подвержены негативному влиянию углекислого газа. При концентрации СО2 в воздухе 0,08-0,1% состояние человека существенно ухудшается (рис. 3).

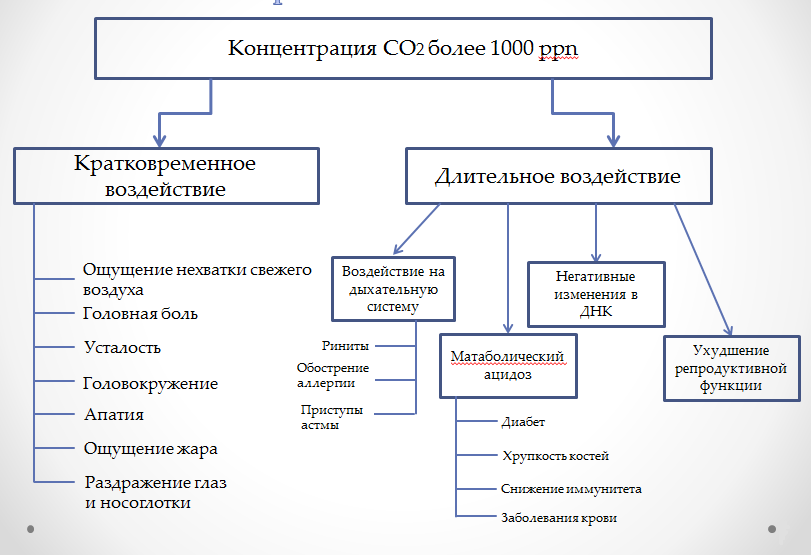


Рисунок 3 – Неблагоприятное воздействие СО2 на организм человека.

Длительные наблюдения с 1958 г. в абсерватории Мауна-Лоа за концентрацией СО2 в атмосфере показали устойчивый рост средней концентрации с 0,0315 % (1958 год) до 0,040394 % в (2015 год).

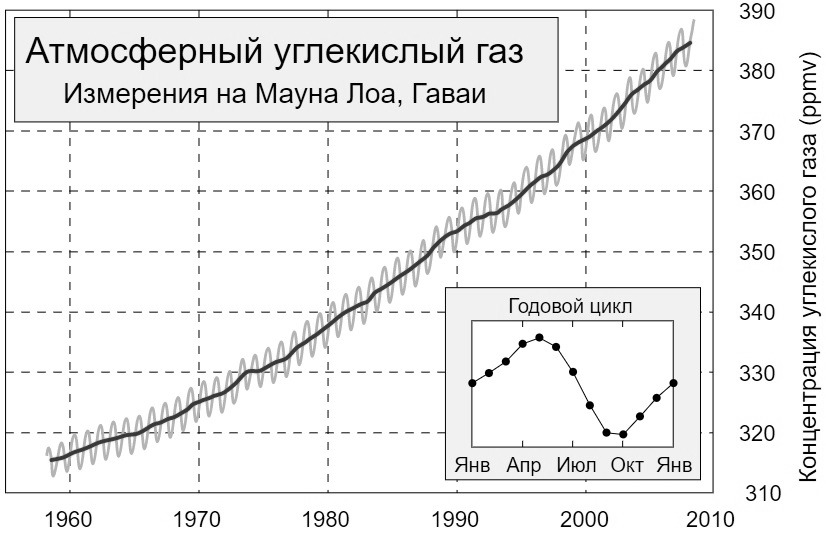


Рисунок 4 – График Килинга: концентрации атмосферного CO2, на основе наблюдений в обсерватории Мауна-Лоа, Гавайи.

Экстраполируя кривую на рис. 1, можно предположить, что увеличение концентрации СО2 в атмосферном воздухе в будущем будет только усиливаться.

Разработка портативных газоанализаторов и детекторов СО2 является актуальной задачей, имеющей важное прикладное значение в таких областях, как оптимизация промышленных процессов, совершенствование медико-биологических методов в медицине, охрана здоровья человека и т.д.

Традиционные методы детектирования СО2 в окружающем воздухе, такие как механические, тепловые, акустические и химические, применяемые в настоящее время, не позволяют обеспечить соответствующий аналитический контроль СО2 в атмосферном воздухе для обеспечения безопасности жизнедеятельности человека. Промышленные приборы, используемые для детектирования СО2 указанными методами, имеют ряд недостатков: высокая инерционность, внушительные габаритно-массовые характеристики и, в ряде случаев, не позволяют определять концентрацию исследуемого газа в режиме реального времени.

Перечисленные факторы позволяют сделать вывод о необходимости разработки портативного опто-электронного газоанализатора, обладающего высокой селективностью, быстродействием, низким энергопотреблением, увеличенным ресурсом работы и относительно невысокой стоимостью.

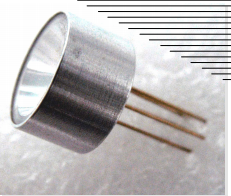
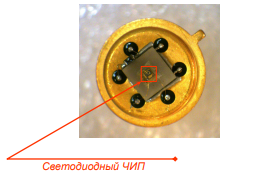
# Разработка лабораторного макета газоанализатора для определения концентрации СО2 в атмосферном воздухе.

Для реализации газоаналитических измерений оптическим методом, соответствующим современным требованиям анализа, был разработан лабораторный макет оптического газоанализатора для определения концентрации СО2 в атмосферном воздухе. Метод определения основан на светопропускании излучения в исследуемом газе на длине волны, соответствующей спектральной полосе поглощения молекулы СО2.

Метод светопропускания (оптической абсорбционной спектроскопии) используется для определения изменения интенсивности зондирующего излучения, прошедшего через поглощающую газовую среду. Исследуемый газ в газовой смеси является «фильтром», поглощающим излучение источника с определенной длинной волны. Характеристические полосы поглощения ряда химических соединений были представлены на рисунках 1 и 2.

Анализ рисунков 1 и 2 показывает, что на длинах волн 4 – 4,5 мкм наблюдается сильное поглощение излучения, вызванное в основном углекислым газом. Из рисунка 1 видно, что максимум поглощения соответствует длине волны , что следует учитывать при выборе источника излучения.

В качестве источника излучения применяется светоизлучающий диод LED43-TEC-PRW (рис. 5), выбранный в соответствии с максимальным значением показателя поглощения углекислого газа. Максимальная спектральная полоса излучения источника соответствует длине волны Данный диод обладает следующими особенностями: высокая надежность, селективность, термостабилизация.



б)

а)

Рисунок 5 - Светоизлучающий диод LED43-TEC-PRW (а – без корпуса, б - товарный вид).

В качестве приемника ИК излучения используется фотодиод PD48-05-NS-TEC-PRW (рис. 6) с широким спектром чувствительности (рис. 7).

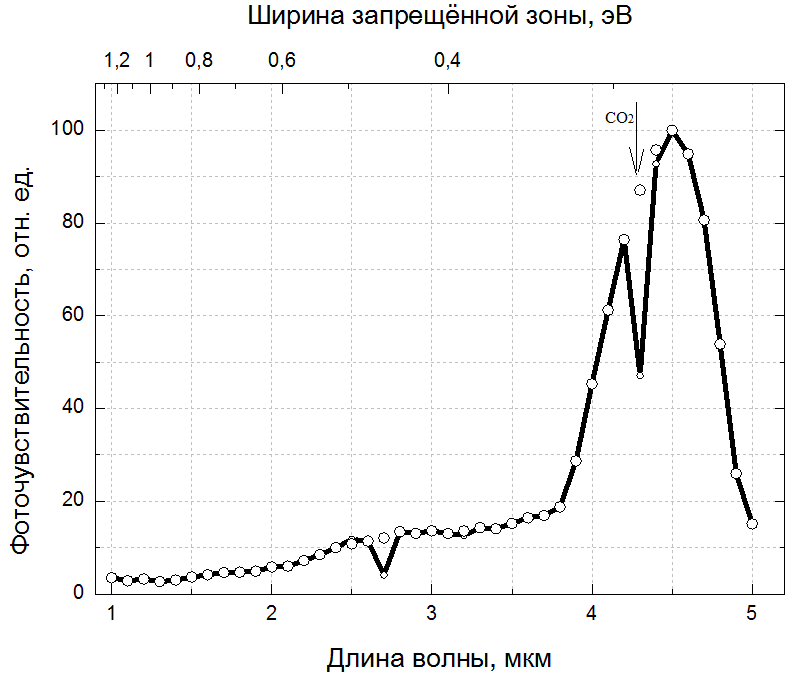


Рисунок 7 – Спектральная чувствительность фотодиода.

Оптоэлектронные компоненты (светоизлучающий диод и фотодиод) разработаны и созданы в лаборатории инфракрасной оптоэлектроники ФТИ им. Иоффе РАН на основе гетероструктур узкозонных полупроводниковых соединений типа А3В5. В качестве основы для роста светоизлучающей и фотодиодной гетероструктур применялась подложка InAs. Активной областью светоизлучающего диода является четверной твердый раствор InAsSbP, а активной областью фотодиода – тройной твердый раствор InAsSb.

Для обеспечения питания светоизлучающего диода используется соответствующий драйвер DLT-37М (рисунок 8 а), который имеет возможность выбрать рабочий режим с заданной длительностью импульсов, частотой повторений и величиной тока. Преобразование фототока в напряжение с последующим усилением, детектирование полученного сигнала и его индикация осуществляется с помощью усилителя для фотодиода АМТ-07М (рисунок 8 б). На время прохождения практики данные электронные изделия предоставлены компанией ООО «АИБИ».

# C:\Users\Vootya\Desktop\123.jpgC:\Users\Vootya\Desktop\1234.jpg

б)

а)

Рисунок 8 - драйвер DLT-37М для светоизлучающего диода (а), усилителя для фотодиода АМТ-07М (б).

Во время прохождения практики были разработаны оптико-измерительные кюветы, которые были изготовлены из химически неактивного стекла. В ходе работы были изготовлены две кюветы: для измерения СО2 в проточном газе, для измерения СО2 в окружающем атмосферном воздухе (рис. 9а, 9б, 10а, 10б). Расчетная длина оптического пути в данных кюветах равна .

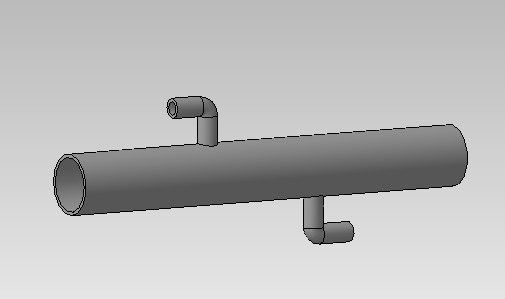


Рисунок 9а – Модель кюветы для анализа проточного воздуха

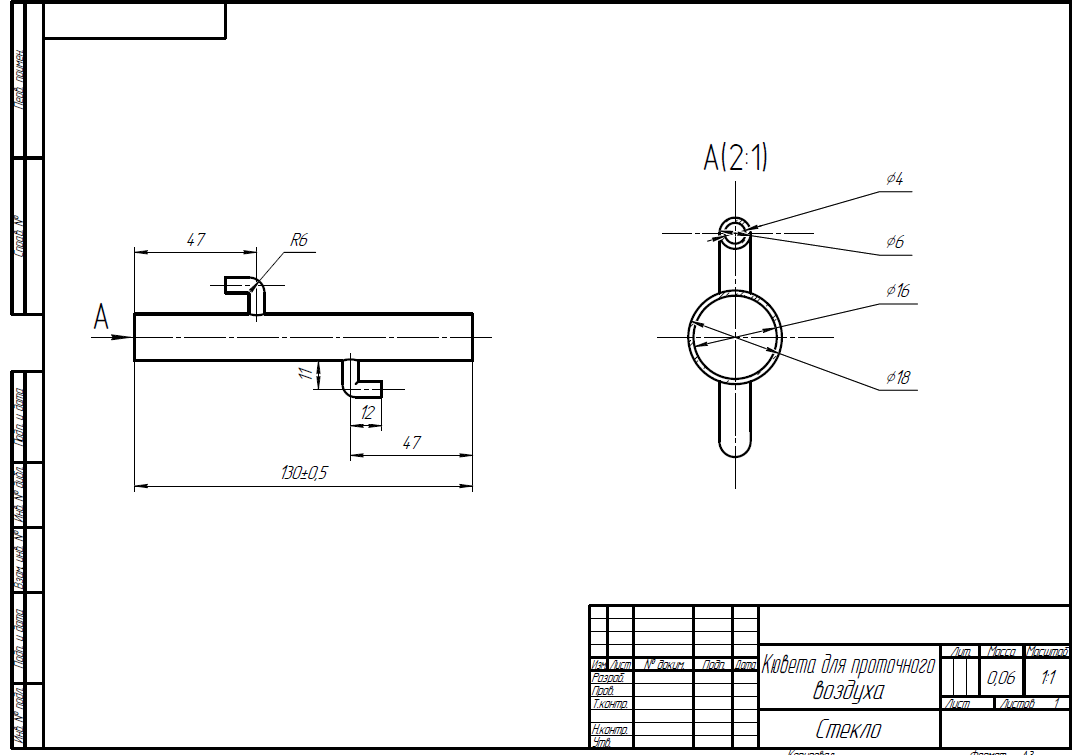


Рисунок 9б – чертеж кюветы для анализа проточного воздуха.

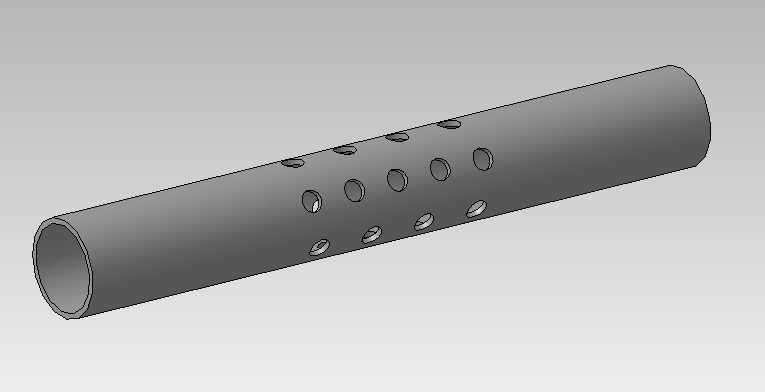


Рисунок 10а – Модель кюветы для анализа окружающего атмосферного воздуха.

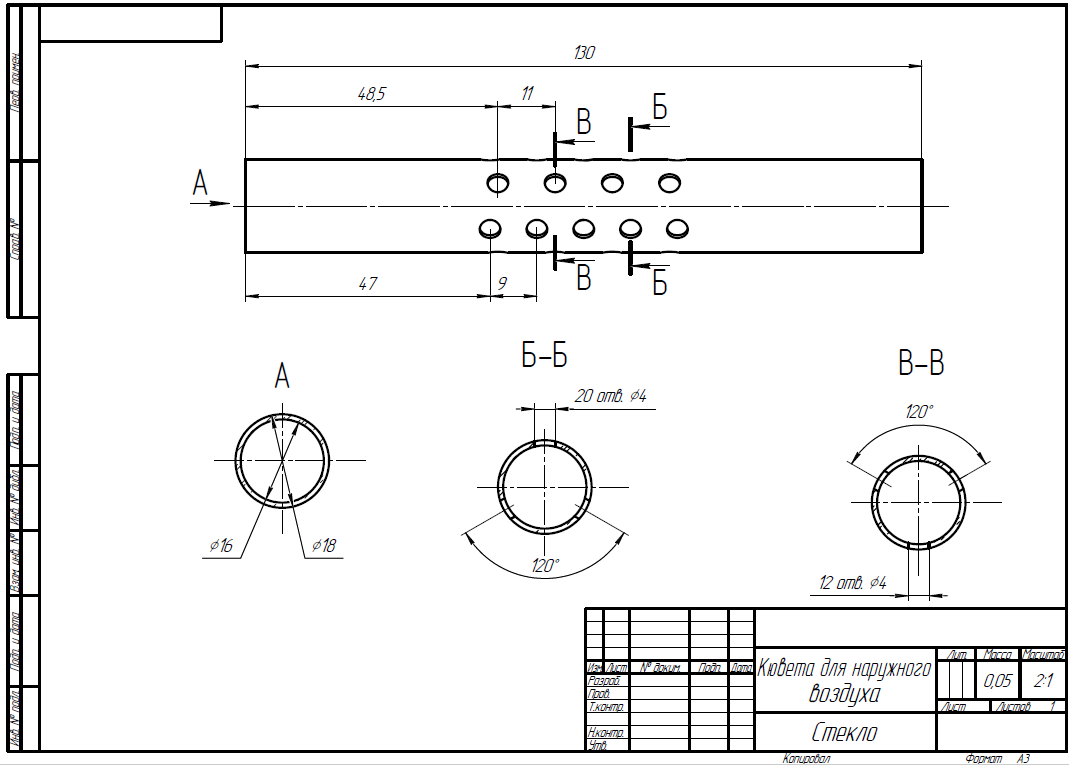


Рисунок 10б – чертеж кюветы для анализа окружающего атмосферного воздуха.

Блок-схема разрабатываемого газоанализатора для детектирования СО2 представлена на рис. 11.

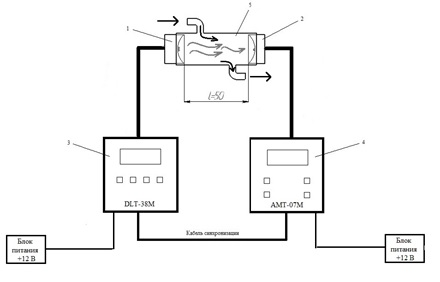


Рисунок 11 – Блок-схема газоанализатора СО2

Лабораторный макет газоанализатора работает по следующему принципу. Исследуемый газ непрерывно прокачивается через кювету 5. Зондирующее излучение от источника 1 проходит через кювету 5 с исследуемым газом и попадает на приемник оптического излучения 2. Сигнал с приемника поступает на усилитель 4, после чего выводится на LED – дисплей.



Рисунок 11 – конструкция лабораторного макета ИК-газоанализатора для определения концентрации СО2

# Проведение эксперимента

Первые измерения проводились при прокачке через проточную кювету газа с содержанием СО2 не более 50,66 %. Эксперимент проводился при следующих заданных параметрах: , частота сигнала В результате измерений было замечено, что при прокачке газа через кювету уровень сигнала упал на 10% (таблица 1).

Таблица 1 – результаты измерений.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Коэффициент усиления сигнала | Ток драйвера, мА | Сигнал усилителя, мА |
| При окружающем воздухе | | |
| 100 | 200 | 151, 1 |
| 10 | 200 | 16, 9 |
| 1 | 200 | 0.19 |
| При прохождении газа через кювету | | |
| 100 | 200 | 138, 5 |
| 10 | 200 | 15, 2 |
| 1 | 200 | 0.18 |

Западение уровня сигнала на 10 % недостаточно для точного определения концентрации углекислого газа, что свидетельствует либо о неисправности диода, либо о неверной концентрации СО2 в исследуемой газовой смеси.

# Заключение

В результате прохождения конструкторско – технологической практики в лаборатории инфракрасной оптоэлектроники ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН были значительно расширены профессиональные навыки, необходимые специалисту в области газового анализа.

В ходе практики были проанализированы основные характеристические полосы поглощения ряда химических элементов. На основе данного анализа были подобраны соответствующие приемник и источник инфракрасного излучения, необходимых для создания газоаналитических приборов для определения концентрации углекислого газа СО2 в окружающем атмосферном воздухе. Произведена разработка оптико-измерительных кювет для проточного газа и атмосферного воздуха. Из комплектующих средств был собран лабораторный макет оптического газоанализатора для определения концентрации СО2. С помощью построенного прибора проведены первые измерения.