

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НЕИНВАЗИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПО ВЫДЫХАЕМОМУ ВОЗДУХУ ПАЦИЕНТА

Р. М. Нафикова<sup>1</sup>, А. Ю. Демин<sup>2</sup>, Ю. О. Уразбахтина<sup>3</sup>

<sup>1</sup> rozaliya.nafikova.96@mail.ru, <sup>2</sup> deminal77@yandex.ru, <sup>3</sup> urjuol@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

**Аннотация.** Описывается принцип функционирования и структуры системы неинвазивной экспресс-диагностики желудочно-кишечного тракта для выявления поражения слизистой оболочки желудка инфекцией *Helicobacter Pylori*. Рассмотрена структурная схема предлагаемого прибора, приведена проверка работы системы.

**Ключевые слова:** *Helicobacter Pylori*; диагностика; датчики газа; аммиак.

### ВВЕДЕНИЕ

В современном мире с помощью масс-спектрометрических методов интенсивно анализируется выдыхаемый воздух человеческого организма на наличие множества следовых количеств летучих органических соединений и нескольких небольших неорганических молекул, таких как аммиак, оксид азота, сероуглерод и диоксид углерода [1]. Из них несколько газов, выдыхаемых при дыхании человека, например, аммиак, оксид азота, альдегиды и кетоны, были связаны с нарушениями функции почек и печени, астмой, диабетом, раком и язвами [2–4]. Другие, такие как сероуглерод, этан, бутан и пентан, были связаны с неврологическими расстройствами, включая шизофрению [5, 6].

### РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА

*Helicobacter pylori* – спиралевидная грамотрицательная бактерия, около 3 мкм в длину, диаметром около 0,5 мкм. Она обладает 4–6 жгутиками и способностью чрезвычайно быстро двигаться даже в густой слизи или агаре.

*Helicobacter pylori* обладает способностью формировать биопленки, способствующие невосприимчивости бактерии к антибиотикотерапии и защищающие клетки бактерий от иммунного ответа хозяина. Предполагают, что это увеличивает ее выживаемость в кислой и агрессивной среде желудка.

Наличие *Helicobacter pylori* в желудке у человека может вызвать такие заболевания как: язва желудка и двенадцатиперстной кишки, гастрит, дуоденит, и, возможно, некоторые случаи лимфом желудка и рака желудка.

Половина населения в мире инфицирована штаммом *Helicobacter pylori* [7]. Поэтому весьма актуальным является разработка системы неинвазивной диагностики заболеваний по выдыхаемому воздуху пациента.

Существуют несколько методов обнаружения *Helicobacter pylori*. Газоаналитический метод обладает несколькими неоспоримыми преимуществами по сравнению с ними. Он неинвазивен, что во много раз снижает требования к стерилизации, а также исключает возможность заражения пациента через медицинский инструмент. Благодаря простоте конструкции устройства и удобству в его обслуживании данный метод позволяет быстро устанавливать прибор в кабинете врача–гастроэнтеролога с минимальными затратами, либо делать прибор мобильным для проведения экспресс–диагностики.

Работа прибора основана на факте выделения бактерией в процессе жизнедеятельности уреазы, которая помогает *Helicobacter pylori* нейтрализовать кислоту в желудке.

Аммиак, выделяющийся при ферментировании мочевины уреазой, смешивается с воздухом и выдыхается пациентом. Концентрация аммиака в выдохе измеряется с помощью полупроводниковых газовых датчиков.

Были разработаны структурная на рис. 1 и принципиальная схемы системы. По результатам разработки зарегистрирована полезная модель устройства [8].

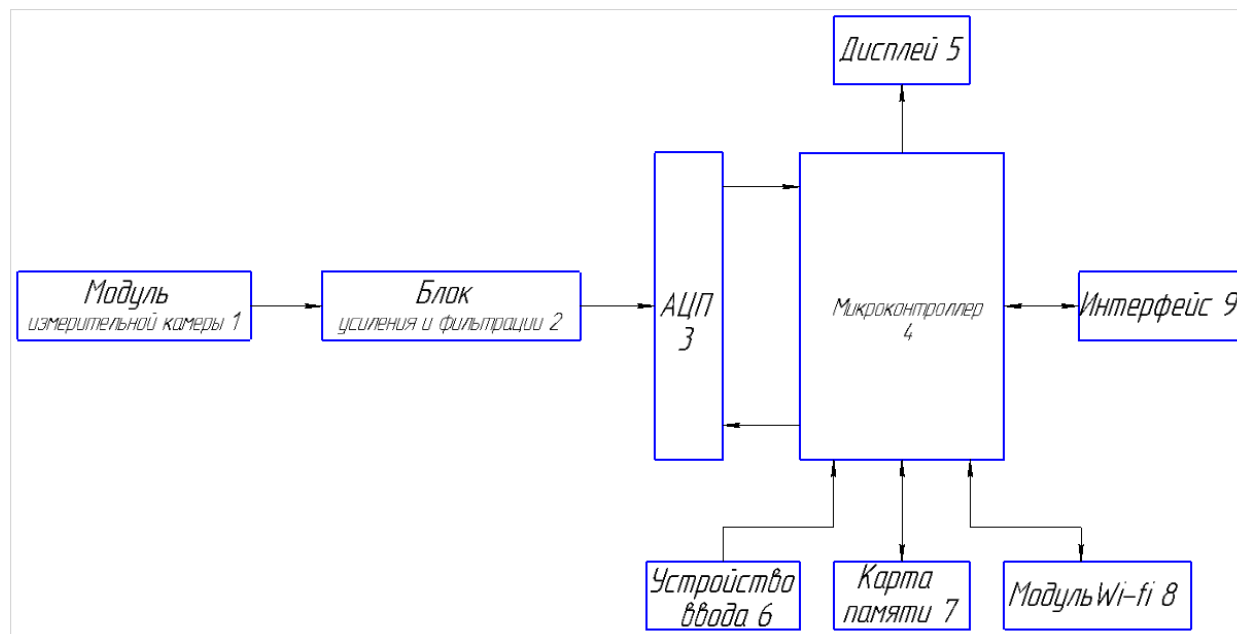


Рис. 1. Структурная схема

Система работает следующим образом. В измерительную камеру с модулем 1, содержащим электрохимический датчик газа чувствительный к аммиаку, подают воздух выдыхаемый пациентом. Сформированный датчиком электрический сигнал поступает на блок усиления и фильтрации 2. Затем усиленный и отфильтрованный сигнал поступает на программируемый аналогово-цифровой преобразователь 3 в котором производится цифровая оценка уровня сигнала. Оценочные данные передаются МК 4. Обработанные данные высвечиваются на дисплее 5. С помощью устройства ввода 6 обеспечивается управление функциями системы. Пользователь может задать режим и параметры измерения, отправить данные на карту памяти 7. Карта памяти 7 может быть использована в качестве дневника при ведении лечения, а также как временное хранилище данных при невозможности сбора последних с помощью ПК. Модуль Wi-Fi 8 обеспечивает беспроводную связь устройства с принтером, телефоном, ПК. Интерфейс 9 может быть использован для сбора и обработки данных на ПК, что может быть полезно для централизованного сетевого сбора статистики инфицированности.

По разработанной принципиальной схеме, был собран макет системы.

Для проверки корректности работы собранного макета, был привлечен, пациент инфицированный данной бактерией.

Пациент участвующий в эксперименте прошел неинвазивную диагностику на аппарате Хелик-тест.

Для получения достоверных данных, пациент должен быть готов к обследованию, поэтому необходимо соблюсти следующие требования:

1. Обследование должно проводиться утром натощак (последний прием пищи не позднее 22:00 накануне). Допускается употребление воды, но за час до обследования можно выпить не более 100 мл.

2. Нельзя принимать некоторые лекарства (антибиотики и антисекреторные средства в течение 2-х недель, противо-воспалительные, антацидные препараты и анальгетики в течение 5 дней)

3. Нельзя принимать крепкие спиртные напитки в течении 3-х суток перед обследованием.
4. Нельзя есть бобовые в течение суток перед обследованием.
5. Отказаться от жевательной резинки за 3 часа до обследования.
6. Не курить 3 часа до обследования.
7. Обязательно почистить зубы и тщательно прополоскать рот.

Диагностика на аппарате Хелик-тест, показала положительный результат, заключение врача приведено на рис. 2.

Тест-система ХЕЛИК®с  
индикаторной трубкой

для врача

ФИО пациента: [Handwritten name]

Дата обследования: 6.06.19

Обследование №: 96

Базальный уровень (сразу после измерения): 4 мм

Нагрузочный уровень (сразу после измерения): 9 мм

Показатель прироста: 5 мм

Заключение об инфицированности: (+) положительное

Рис. 2. Заключение врача после прохождения диагностики на аппарате Хелик–тест

Для подтверждения результата пациент прошел инвазивную диагностику, на аппарате ФГДС.

Положительный результат подтвердился. Заключение врача приведено на рис. 3.

ФИБРОГАСТРОДУОДЕНОСКОПИЯ

ФИО пациента: [Handwritten name] Год рождения: 1996

Дата проведения: [Handwritten date]

Клинический диагноз:

Аппарат: Q40

Пищевод свободно проходим, кардия смыкается полностью. Слизистая пищевода бледно-розового цвета. В желудке натощак желудочный сок, слизь. Слизистая желудка гиперемирована, складки высокие, перистальтика прослеживается. Привратник округлой формы проходим свободно. 12 перстная кишка: луковица 12 п.к. не деформирована, слизистая 12 п.к. гиперемирована

Заключение:

Поверхностный гастрит. Дуоденит. Н.в.р.(+++). полож.

18.06.2019

Рис. 3. Заключение врача на аппарате ФГДС

Тот же самый пациент подвергся исследованиям с использованием разработанного макета.

Вначале была произведена «контрольная проба»: пациент производит выдох в измерительную камеру макета. Результат с первой пробы приведен на рис. 4.

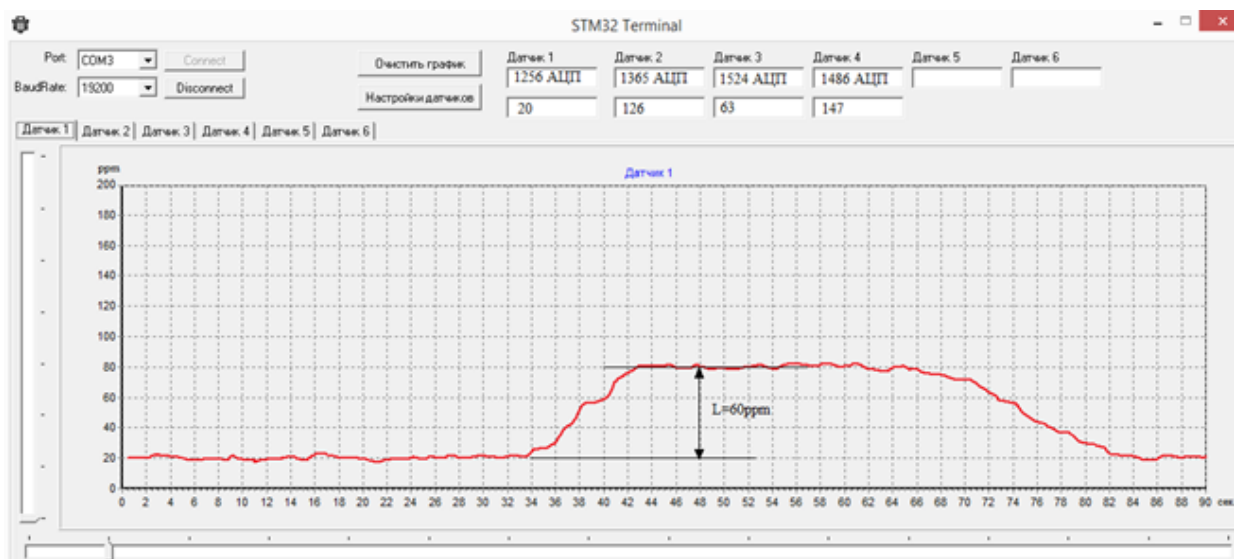


Рис. 4. Результат с первой пробы на разработанном макете

Далее, пациент принял воду с растворенной в ней мочевиной, и тест повторился через 9 минут. Результат со второй пробы (после приема мочевины) приведен на рис. 5.

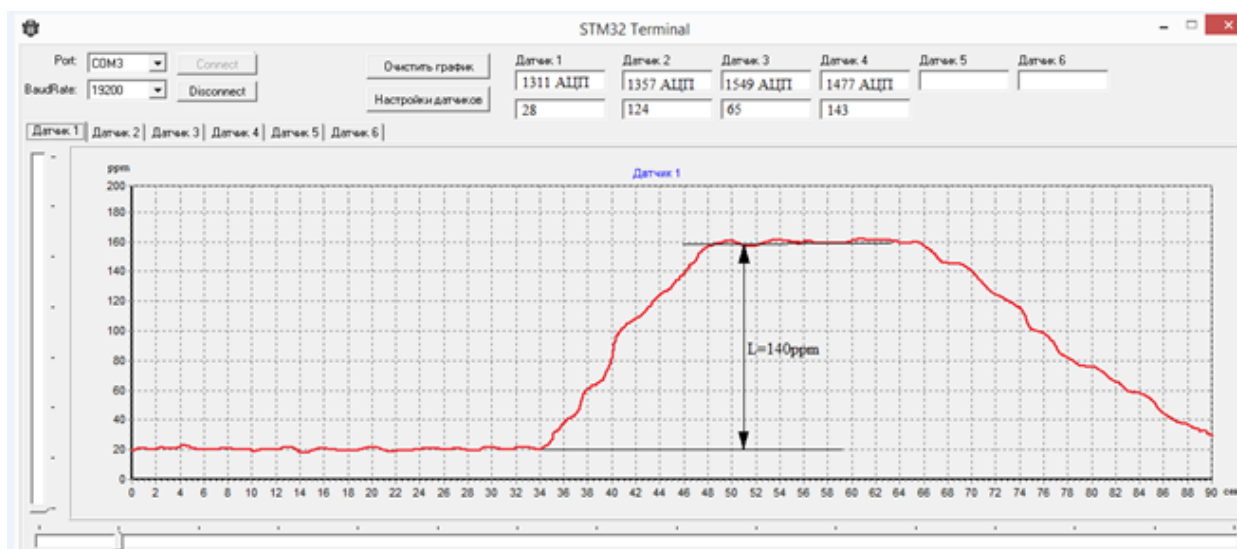


Рис. 5. Результат со второй пробы (после приема мочевины) на разработанном макете

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по результатам диагностики можно сделать вывод, что показания с датчика аммиака возросли больше чем в 2 раза, это говорит об увеличении концентрации аммиака в желудке, соответственно о наличии инфекции у обследуемого пациента. Таким образом, можно сделать вывод, что данное устройство работает корректно.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филлипс М., Эррера Дж., Кришнан С., Зейн М., Гринберг Дж., Катанео Р. Дж. Хроматогр. 1999; В729 : 75–88. [ PubMed ] [ Google Scholar ]
2. Alving K, Weitzberg E, Lundberg J M. Eur Respir J. 1993; 6 : 1368–1370. [ PubMed ] [ Google Scholar ]
3. Пареди П., Бернацкий В., Инвернизци Г., Харитонов С. А., Барнс П. Дж. Сундук. 1999; 116 : 1007–1011. [ PubMed ] [ Google Scholar ]
4. Atherton J C, Spiller R C. Gut. 1994; 35 : 723–725. [ PMC бесплатная статья ] [ PubMed ] [ Google Scholar ]
5. Филлипс М., Сабас М., Гринберг Дж., Дж. Клин Патол. 1993; 46 : 861–864. [ PubMed ] [ Google Scholar ]

6. Филлипс М., Эроксон Г.А., Сабас М., СитДж. П., Гринберг Дж., Дж. Клини Патол. 1995; 48 : 466–469. [ PubMed ] [ Google-Scholar ]
7. Федеральная служба государственной статистики, Здравоохранение в России официальное издание, 2019. 29с.
8. Нафикова Р. М., Уразбахтина Ю.О., Матанцев А. Б. 2019; патент на ПМ № 194791
9. Нафикова Р. М., Уразбахтина Ю.О., Матанцев А.Б. 2019; <https://ieeexplore.ieee.org/document/8728867>

#### ОБ АВТОРАХ

**НАФИКОВА Розалия Марселевна**, аспирант 3-го курса ФАВИЭТ.

**ДЕМИН Алексей Юрьевич**, д.т.н, профессор, каф. ЭИ, ФАВИЭТ.

**УРАЗБАХТИНА Юлия Олеговна**, к.т.н, доцент, каф. ЭИ, ФАВИЭТ.

#### METADATA

**Title:** Development of systems for non-invasive diagnosis of diseases by the patient's exhaled air.

**Authors:** R. M. Nafikova <sup>1</sup>, A. Yu. Demin <sup>2</sup>, Yu. O. Urazbakhtina <sup>3</sup>

**Affiliation:** Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

**Email:** <sup>1</sup> rozaliya.nafikova.96@mail.ru, <sup>2</sup> deminal77@yandex.ru, <sup>3</sup> urjuol@mail.ru

**Language:** Russian.

**Source:** Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (26), pp. 59-63, 2022. ISSN 2225-9309 (Print).

**Abstract.** The principle of functioning and structure of the system of non-invasive express diagnostics of the gastrointestinal tract to detect damage to the gastric mucosa by Helicobacter Pylori infection is described. The block diagram of the proposed device is considered, the check of the system operation is given.

**Key words:** Helicobacter Pylori; diagnostics; gas sensors; ammonia.

#### About authors:

**NAFIKOVA, Rozaliya Marselevna**, graduate student 3 year, Ufa State Aviation Technical University.

**DEMIN, Alexey Yurievich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ufa State Aviation Technical University.

**URAZBAKHTINA, Yulia Olegovna**, Ph.D., Associate Professor, Ufa State Aviation Technical University.