

РАЗРАБОТКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА АФН

Рахимов Бахтиёржон Нематович

Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, доктор технических наук, профессор

brah2008@rambler.ru

Кенгесбаев Салават Куанишбаевич

Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, докторант кафедры “Системы телерадиовещания”

salawatkenesbaev@gmail.com

***Аннотация.** Оптоэлектронное устройство, основанное на эффекте АФН, имеет ряд преимуществ перед другими методами контроля воды, такими как высокая точность, скорость и универсальность. Разработка алгоритма программы оптоэлектронного автоматического калориметра также важна, так как позволяет эффективно и точно анализировать физико-химические параметры веществ в растворах. Это может привести к более точным измерениям и лучшему пониманию свойств жидкостей. Кроме того, будет полезно понять, как устроен программный алгоритм и какие параметры он учитывает при анализе жидкостей. В целом, в этой статье представлен многообещающий новый подход к анализу флюидов, который имеет важные применения в различных промышленных и исследовательских областях.*

***Ключевые слова:** блок обработки фотоэлектрического сигнала, измерительный прибор, лазерный диод, эффект АФН, оптопара, фотоприемник.*

***Abstract.** The optoelectronic device based on the APV effect has a number of advantages over other methods of water control, such as high accuracy, speed and versatility. The development of an algorithm for the program of an optoelectronic automatic calorimeter is also important, as it makes it possible to efficiently and accurately analyze the physicochemical parameters of substances in solutions. This can lead to more accurate measurements and a better understanding of the properties of liquids. In addition, it will be useful to understand how the software algorithm works and what parameters it takes into account when analyzing liquids. Overall, this paper presents a promising new approach to fluid analysis that has important applications in various industrial and research fields.*

***Key words:** photoelectric signal processing unit, measuring device, laser diode, effect of APV, optocoupler, photodetector.*

ВВЕДЕНИЕ

Оптоэлектронные измерительные устройства используют световую технологию для измерения физических свойств, включая расстояние, положение, угол и интенсивность. Они успешно применяются для количественного и качественного анализа различных веществ, включая жидкие полупрозрачные среды, такие как нефтепродукты, растительное масло, глицерин, соки, напитки, моча, кровь и т.д. По сравнению с другими физико-химическими методами анализа, они обладают высокой точностью, чувствительностью и экономичностью. Суть оптоэлектронного мониторинга заключается в том, что любое вещество взаимодействует со светом, отражая, поглощая или излучая его. Это приводит к изменению интенсивности света, коэффициента поглощения, угла отражения и других характеристик взаимодействия света и вещества, которые зависят от химического состава и количественного соотношения его элементов[1].

Оптоэлектронные методы управления физико-химическими параметрами жидких сред на основе эффекта аномального фотонапряжения (АФН) пленок являются перспективным направлением в области анализа жидких сред.

АФН - это явление, которое проявляется при освещении тонких пленок светом определенной длины волн. При этом возникает напряжение на границе раздела пленка-основа, которое не соответствует ожидаемому эффекту фотоэлектрического эффекта. Это объясняется тем, что АФН вызывается не только фотоэлектрическим эффектом, но и другими процессами, такими как термоэлектрический и фото термический эффекты.

Одним из возможных применений этого эффекта является разработка оптоэлектронных методов для измерения физико-химических параметров жидких сред. Например, путем изменения параметров пленки (толщина, химический состав) и параметров освещения (длина волны, интенсивность), можно получить изменение АФН, которое коррелирует с концентрацией или другими параметрами жидкой среды. Таким образом, измерение АФН позволяет получать информацию о физико-химических свойствах жидкой среды без необходимости ее прямого контакта или воздействия на нее[2].

ЛИТЕРАТУРА И МЕТОДОЛОГИЯ

Методы контроля и диагностики оптоэлектронного автоматического колориметра для контроля физико-химических параметров нефтепродуктов были исследованы отечественными учеными: Т.Д.Раджабовым, Ю.Г. Шипулиным, Н.Р. Рахимовым и другими. В последние годы в Узбекистане

проводятся целенаправленные исследования в области разработки методов и технологий автоматизированных измерительных систем конструкций на основе оптоэлектронных преобразователей. Однако для раскрытия всех преимуществ эффективного использования волоконно-оптических измерительных систем в различных сферах и отраслях требуются последующие дополнительные исследования.

Кроме того, в различных отраслях науки и техники при системных анализах применения оптоволоконных устройств, исследованиях волоконно-оптических систем в системах связи и контроля физико-химических параметров нефтепродуктов, диагностики и обеспечения надежности не проведены достаточно исследований, а методы решения практических проблем не отражены на должном уровне.

Оптические устройства для контроля физико-химических параметров жидкостей в зависимости от физических явлений, изменяющих параметры светового потока [3], прошедшего через исследуемую среду, можно подразделить на три группы: поляриметрические, рефрактометрические, фотометрические (Рис.1).



Рис. 1. Классификация оптических средств контроля физико-химических параметров нефтепродуктов

Рефрактометрический метод, основывающийся на определении показателя преломления исследуемых сред с применением эффекта нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) и многократного нарушенного полного внутреннего отражения (МНПВО), характеризуется высокой точностью, технической простотой и доступностью. Нисколько не уступая другим физико-химическим методам в точности и удобстве определения оптических параметров метод НПВО превосходит их в экспрессности, обеспечивая в то же время неразрушающий контроль [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для обеспечения эффективности работы предлагаемых устройств [5-7] необходимо иметь экспериментальные характеристики основных элементов колориметров, одной из которых является проходная характеристика оптронной пары с открытым оптическим каналом (ООК). Для сравнения результатов расчета коэффициента передачи оптического сигнала (ОС) с экспериментальным значением необходима характеристика оптронной пары без ООК. Были сняты характеристики оптронных пар, где в качестве светоизлучающих диодов (СИД) использовались следующие: синие (С), зеленые (З), красные (К), инфракрасные (ИК) (рис. 2). Приемником излучения служил фоторезистор СФ2-4, охватывающий широкую спектральную область. Эксперимент проводился при комнатной температуре ($t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Результаты эксперимента представлены на рис.1 в виде графической зависимости тока фотоприемника от тока источника излучения. Из результата эксперимента видно, что характеристики достаточно близки к линейной зависимости. В результате были выявлены светодиоды для разных спектральных диапазонов, для которых характеристика идет круче, так как этот светодиоды обладают большей мощностью излучения по сравнению с остальными. Очевидно, что для колориметра имеет смысл брать источник излучения с более крутой характеристикой, соответствующей определенной спектральной области среди синих, зеленых, красных, инфракрасных. В результате проведенных экспериментов в качестве источников оптического излучения было принято решение использовать следующие светодиоды: синие «Пираньи» LED470–P8L5–A80, зеленые «Пираньи» LED515–P8L5–A80, красные «Пираньи» LED625–P8L5–A80, инфракрасные «Пираньи» HIR36.

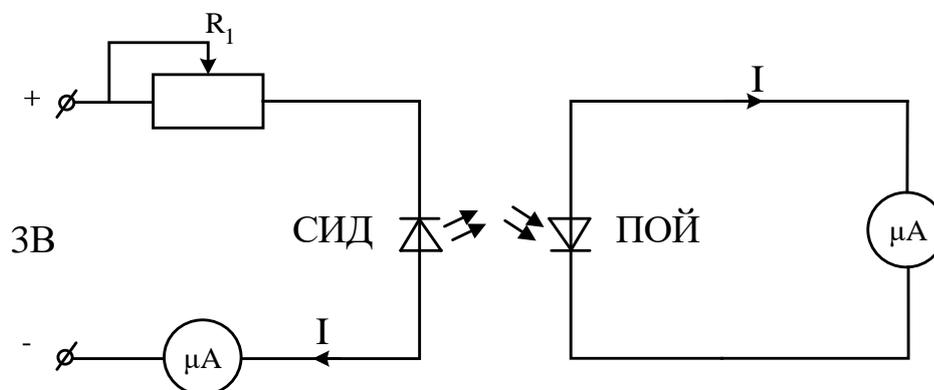


Рис. 2. Схема снятия характеристики оптронной пары

В большинстве применяемых в настоящее время приборов используют дифференциальный метод измерения светопоглощения, при этом необходимо иметь образцовые средства, в качестве которых могут быть светофильтры из

цветных стекол или подобранные по равноценной спектральной характеристике жидкости. Отношение оптической плотности контролируемого продукта к оптической плотности образцового средства и измеряют при помощи оптической системы с электрической компенсацией. Пропорционально изменению отношения оптических плотностей изменяется выходное напряжение, подаваемое на регистрирующий прибор[8].

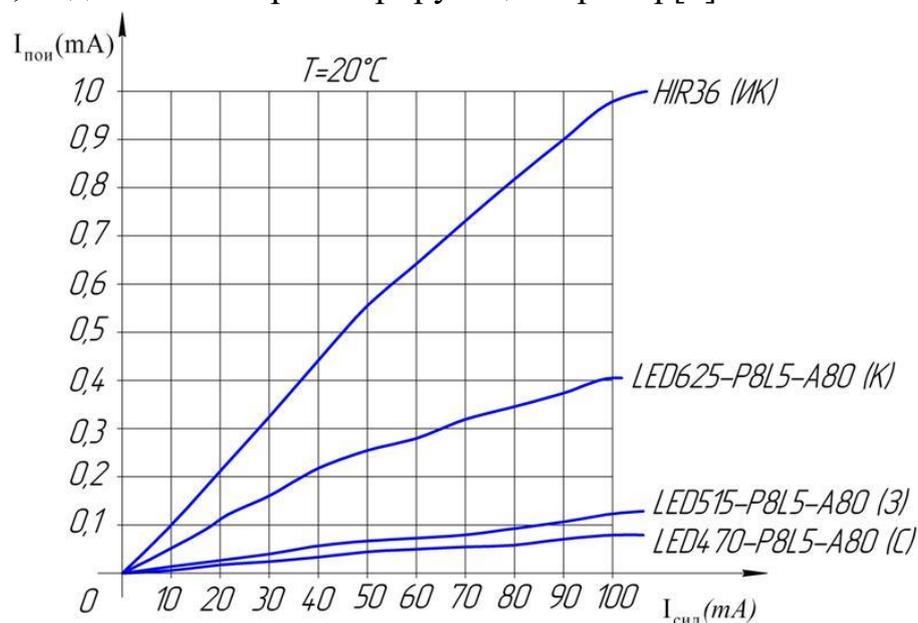


Рис. 3. Характеристики оптронной пары

Главными недостатками данных устройств, кроме необходимости наличия образцов, являются сложность конструкции, низкая чувствительность и неточность, за счет несовершенства кюветы и кюветодержателя, когда для каждого последующего анализа необходимо извлекать кювету из прибора, заполнять её очередной пробой, мыть и протирать оптические поверхности кювет от потеков исследуемой жидкости.

В работах [1, 2,] предлагалась конструкция колориметра кювета которого, в отличие от уже существующих конструкций, выполнена стационарно в виде прозрачной линзы-шара, внутри которой выполнена полость в виде цилиндра, а в центр цилиндра может быть установлена цилиндрическая или призматическая серебряная отражающая поверхность, например четырехгранный стержень с отражающими поверхностями. Сложность изготовления линзы-шара, особенно полированной поверхности центрального отверстия, является существенным недостатком колориметра.

Рассматриваемый в данной статье разработка оптоэлектронного устройства для контроля технологических параметров питьевой воды гораздо проще изготовить, так как кварцевая кювета состоит из двух

полуцилиндрических трубок 15, между которыми приклеивается плоское зеркало с двухсторонним отражением 8 (рис. 4, а, б). К кювете присоединяется стеклянная градуированная воронка 18, куда заливается контролируемая жидкость 9. Снизу полость может перекрываться краном 19. Вся конструкция помещена в корпус 18 (рис. 4, а), а само устройство можно установить на линии технологического процесса, т.е. контролировать жидкости (соки, напитки, пиво и т.д.), протекающие через трубу по стрелке, указанной на рис. 4, а.

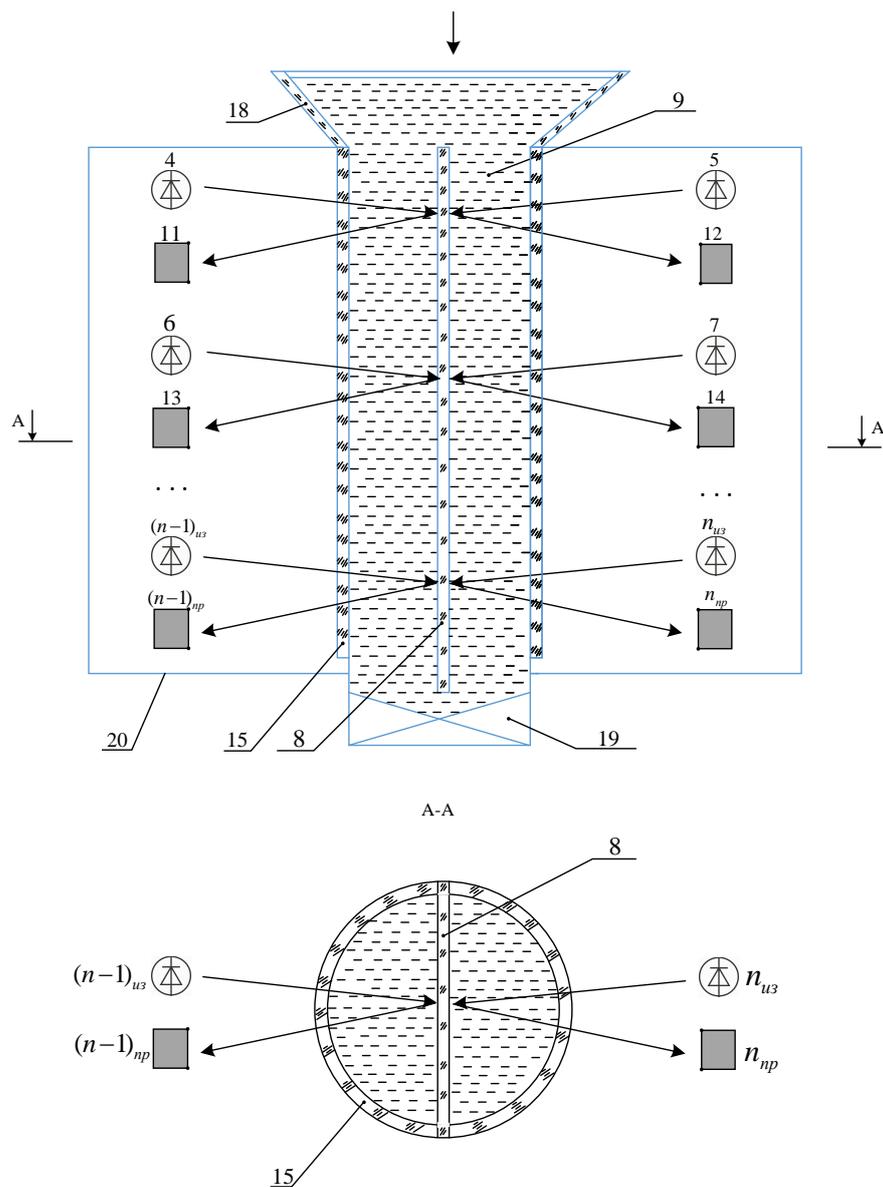
Кроме того оптоэлектронная устройства для контроля технологических параметров питьевой воды (рис. 4, б) состоит из задающего генератора 1 (источника импульсного питания), коммутатора 2, опорного лазерного диода 3, измерительных лазерных диодов 4, 5, 6, 7, $(n-1)_{из}$, $n_{из}$, измерительных фотоприемников 11, 12, 13, 14, $(n-1)_{пр}$, $n_{пр}$, блока обработки фотоэлектрического сигнала 16, регистрирующего прибора 17 (например, ЭВМ).

Устройство работает следующим образом. При включении, задающий генератор 1, вырабатывает прямоугольные импульсы 8 - 10 Гц. Разделенные импульсы через коммутатор - переключатель оптронов 2 подаются попеременно на лазерные диоды 4, 5, 6, 7, $(n-1)_{из}$, $n_{из}$, которые имеют определенные спектральные характеристики, соответствующие спектральным характеристикам n компонентов (параметров), содержащихся в полупрозрачных жидкостях. При этом оптопары могут включаться последовательно. Лазерный диод 3 и измерительный фотоприемник 10 образуют опорную оптопару, которая предусмотрена для того, чтобы сравнивать измерительные сигналы с сигналом опорного канала и обеспечивать достоверность результатов измерения. При заполнении цилиндрического отверстия кюветы 15 контролируемой жидкостью 9 она облучается лазерными диодами. В первом положении переключателя, поток излучения лазерного диода 4 фокусируется, проходит через контролируемую жидкость 9, отражается от одной из двух поверхностей плоского зеркала 8, и вновь проходя через контролируемый образец 9, далее попадает на измерительный фотоприемник 11. Затем сигналы поступают в блок обработки фотоэлектрического сигнала (БОФС) - 16, где реализуется отношение сигналов этого измерительного потока и компенсационного - от диода 3 и измерительного фотоприемника 10. Во втором положении переключателя 2 подключается вторая оптопара, процесс измерения повторяется, и так далее происходит для остальных оптопар.

Полученный сигнал отношения пропорционален величине коэффициента пропускания и оптической плотности жидких сред или прозрачных твердых тел, кроме того можно определить наличие и концентрации веществ (параметров) в

растворе. Результаты подаются на измерительный прибор или ЭВМ 17, по показанию которого судят о параметрах жидких сред при наличии предварительно определенных градуировочных характеристик. ЭВМ обеспечивает автоматическое выполнение аналого-цифровых измерительных преобразований, вычислительных процедур, выдачу полученной информации, формирование командной и другой служебной информации, необходимой для функционирования оптоэлектронных многофункциональных автоматических контрольно-измерительных систем[10,11].

a)



б)

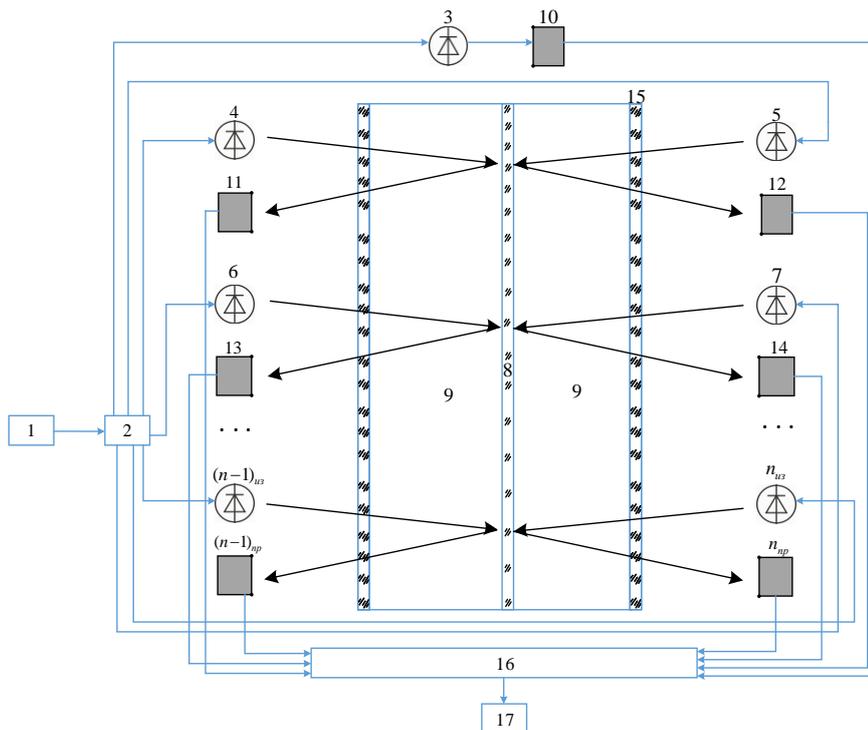


Рис. 4. Оптоэлектронный многопараметровый колориметр
 а – конструкция датчика; б – блок схема.

Концентрацию одного нефтепродукта в другом определяют по интенсивности окраски их смеси на основании закона Бугера-Ламберта-Бера:

$$\Phi_{\lambda} = \Phi_{0\lambda} e^{-k_{\lambda}Cd} \tag{1}$$

где Φ_{λ} – поток монохроматического излучения с длиной волны λ , после прохождения через нефтепродукт; $\Phi_{0\lambda}$ – первоначальный поток монохроматического излучения, попадающий в нефтепродукт; k_{λ} – коэффициент поглощения, зависящий от длины волны излучения, природы растворенного нефтепродукта и температуры; C – концентрация растворенного вещества; d – толщина поглощающего слоя.

Изменяя это уравнение, можно определить концентрацию растворенного вещества.

$$C = \frac{\ln(\Phi_0 / \Phi)}{k_{\lambda}d} \tag{2}$$

Обычно способность вещества поглощать излучения характеризуется относительной величиной пропускания

$$\tau_{\lambda} = \frac{\Phi}{\Phi_0} \cdot 100\% \tag{3}$$

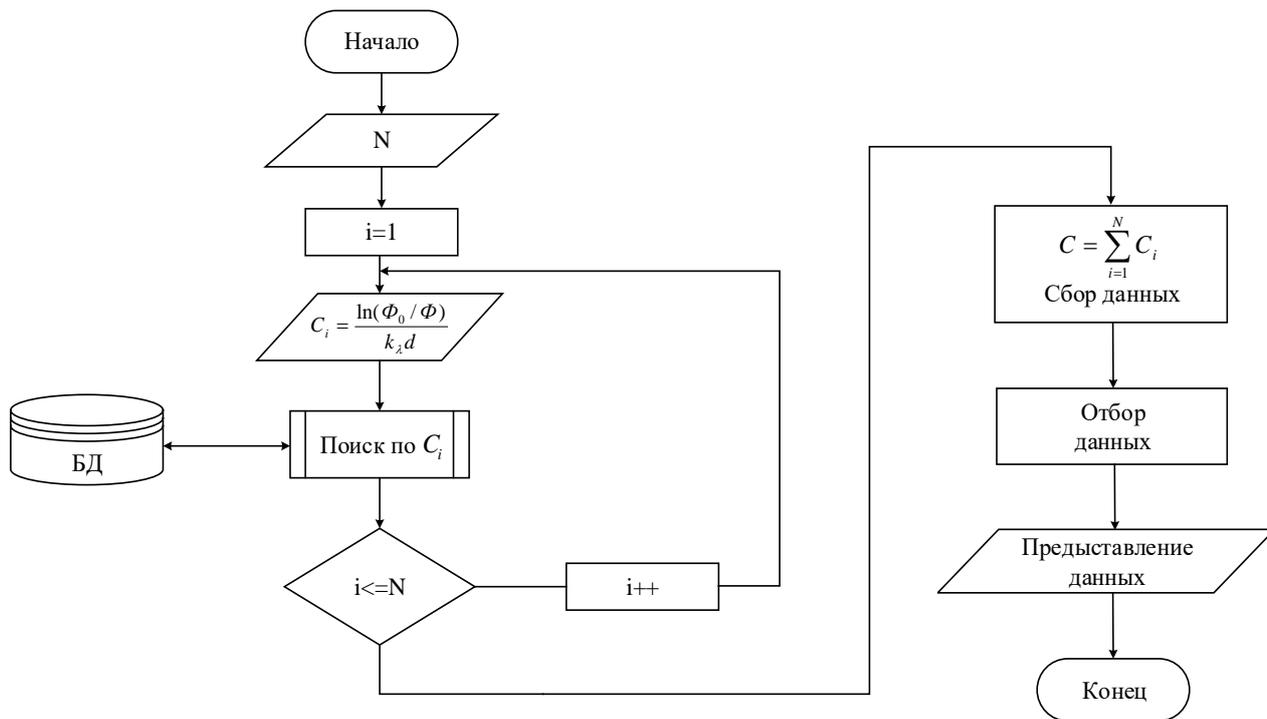


Рис.5. Алгоритм программы оптоэлектронного автоматического колориметра

Для проектирования баз данных необходимо проанализировать следующие этапы:

1. Разработка информационной структуры для хранения всей необходимой информации в базе данных;
2. Постройт возможность и процедуры получения всей информации , соответствующей заданному запросу в базе данных;
3. Выстраивание взаимных логических связей во избежание избыточности и дублирования информации;
4. Построение модели объектных отношений (ER) для обеспечения целостности базы данных.

В последовательности указанных этапов формируется база данных концентрации нефтепродуктов.

Генератор генерирует прямоугольные импульсы, и через переключатель импульсы поочередно подаются на светодиоды. Отсюда начальный поток монохроматического излучения (Φ_0), поступающий в нефтепродукт, фокусируется и отражается от стержня, а измерительный (Φ) поступает в фотоприемник. Затем сигнал поступает в блок обработки, где с помощью

измеренных потоков излучения проверяется концентрация образца. То есть n в базе данных последовательно сравнивается с концентрациями существующих жидкостей. Клапан открывается, если концентрация раствора совпадает с концентрацией в базе данных в противном случае он будет закрыт.

Проверенная концентрация пробы сравнивается с концентрацией единиц доступных жидкостей в базе данных. Если концентрация пробы совпадает с концентрацией нефтепродукта $i=1$ в базе данных, клапан открывается, в противном случае проводится повторное сравнение с базой данных, т.е. со следующим продуктом. Это состояние повторяется до тех пор, пока $i \leq N$ не станет. Если концентрация пробы не соответствует концентрации жидкости в базе данных, клапан закрывается (рис. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ

На данный момент существует ряд научных исследований, которые подтверждают возможность использования эффекта аномального фотонапряжения для контроля технологических параметров питьевой воды. Были разработаны оптико-электронные устройства, которые позволяют определить содержание органических веществ, солей, а также других загрязнений в воде.

Однако, несмотря на успехи в этой области, существуют проблемы и ограничения, которые затрудняют широкое внедрение данной технологии. Например, эффект аномального фотонапряжения является довольно слабым, поэтому для его обнаружения требуется высокочувствительное оборудование. Кроме того, для каждого типа загрязнения требуется отдельная калибровка, что затрудняет использование устройства в условиях производства.

Также необходимо учитывать, что питьевая вода может содержать различные типы загрязнений, которые не всегда могут быть обнаружены с помощью эффекта аномального фотонапряжения. Поэтому, для полноценного контроля качества воды, необходимо использовать несколько методов анализа.

Тем не менее, разработка оптико-электронного устройства на основе эффекта аномального фотонапряжения для контроля технологических параметров питьевой воды является перспективной областью исследований. Её дальнейшее развитие может помочь повысить качество питьевой воды и обеспечить её безопасность для потребления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно отметить, что разработка оптоэлектронного устройства контроля технологических параметров питьевой воды на основе эффекта АФН является актуальной и перспективной задачей. Такое устройство позволит оперативно и точно контролировать качество питьевой воды на различных этапах производства и обеспечивать ее соответствие санитарно-гигиеническим нормам и требованиям.

Создана новая конструкция оптико-электронного автоматического колориметра для анализа состава жидкостей.

Установлено, что при использовании оптической технологии, сигнал, получаемый при прохождении света через жидкие среды или прозрачные твердые тела, пропорционален отношению коэффициента пропускания и оптической плотности. Это позволяет измерять концентрации веществ в растворах с использованием предварительно измеренных градуировочных характеристик.

Для получения информации о параметрах жидких сред используются измерительные приборы или компьютеры. Компьютеры обеспечивают автоматическое выполнение аналого-цифровых измерительных преобразований, вычислительных процедур и формирование командной и служебной информации, необходимой для работы оптоэлектронных многофункциональных автоматических контрольно-измерительных систем. Кроме того, был разработан алгоритм снабжения.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1].Н.Р.Рахимов and Б.Н.Рахимов, Оптоэлектронные преобразователи в нефтегазовой отрасли. 2018.

[2].Н.Р.Рахимов, Что такое АФН-эффект. Автоматика и программная инженерия. 2014, №1(7)

[3].Т.В.Ларина, Б.Н.Рахимов, and С.Х.Шамирзаев, “Оптоэлектронный неразрушающий метод контроля усталости металлических конструкций,” Интерэкспо ГЕО-Сибирь, 2012.

[4].Рахимов Н.Р., Сайдахмедов Ш.М. и др. Оптический метод определения содержания воды в нефтепродуктах. Узбекский журнал нефти и газа, 2001 г., №1, с. 40-42.

[5].Пат. 2413201 Российская Федерация, МПК51 G01N 21/03. Оптоэлектронный фотоколориметр/ Рахимов Б.Н., Ушаков О.К., Кутенкова

Е.Ю., Ларина Т.В.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная геодезическая академия». - №2009146659/28; заявл. 15.12.2009; опубл. 27.02.11, Бюл. №6. – 4 с.: ил.

[6].Рахимов, Б.Н. Оптоэлектронный автоматический колориметр. Б.Н. Рахимов, О.К. Ушаков, Е.Ю. Кутенкова, Т.В. Ларина//Приборы и техника эксперимента, 2011. - № 5. - С. 161 – 162.

[7].Заявка № 2011153209 Российская федерация. Оптоэлектронный многопараметровый колориметр. Б.Н. Рахимов и др.; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная геодезическая академия»

[8].Ермолов И.Н. Неразрушающий контроль: Справочник. В 7-ми т. Под ред. В.В. Клюева. Т. 6. Магнитные методы контроля, Оптический контроль, Радиоволновый контроль. М.: Машиностроение, 2004.

[10]. Н.Р.Рахимов, А.М. Касымохунова, Ш. Усманов. Оптоэлектронные средства неразрушающего контроля физико-химических параметров жидких сред. Журнал «Техническая диагностика и неразрушающий контроль». – Киев, 2001. № 3. – С. 40–42.

[11]. Н.Р. Рахимов С.О. Хатамов. Получение отражающих серебряных покрытий ионной бомбардировкой для увеличения АФН-эффекта. кн. «Взаимодействие ионов с поверхностью ВИП – 2001». – Москва, 2001. Том 2. – С. 191–194.