

нагрузке, после приложения которой регистрировалась деформация с помощью встроенного в опору бесконтактного индуктивного преобразователя. По полученным функциям веса в соответствии с [7] рассчитывался коэффициент демпфирования (рис. 4):

$$\xi = \frac{\gamma}{\sqrt{\gamma^2 + \lambda^2}}, \quad \gamma = \frac{\lambda}{\pi} \ln \frac{B_1}{B_2}$$

В ходе обработки результатов эксперимента было установлено, что коэффициент демпфирования не зависит от жесткости пружин, а только от их габаритов и материала. Для пружин с габаритами, пригодными для создания весоизмерительных опор, изготовленными из стали ШХ15 с закалкой, величина коэффициента демпфирования составила примерно 150000 Н·с/м.



Рисунок 3 – Весоизмерительная опора (защитный кожух снят)

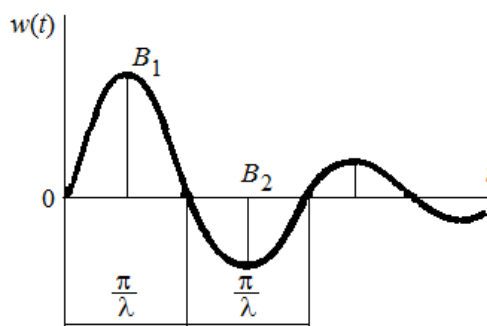


Рисунок 4 – Функция веса

1. ГОСТ 30414-96. Весы для взвешивания транспортных средств в движении. Общие технические требования. – Введ. 01.07.1998. – М.: Изд. стандартов, 1997. – 8 с.
2. СТБ 1845-2008. Весы автоматические для взвешивания транспортных средств в движении. Общие требования и методы испытаний. – Введ. 31.03.2008. – Минск: Госстандарт, 2008. – 39 с.
3. ГОСТ 33242-2015. Весы автоматические для взвешивания транспортных средств в движении и измерения нагрузок на оси. Метрологические и технические требования. Испытания – Введ. 27.02.2015. – М.: Стандартинформ, 2016. – 58 с.
4. ГОСТ 8.646-2015. Весы автоматические для взвешивания транспортных средств в движении и измерения нагрузок на оси. Методика поверки – Введ. 27.02.2015. – М.: Стандартинформ, 2016. – 18 с.
5. Детали машин. Расчет и конструирование: справочник: в 5 т. / Под ред. Н.С. Ачеркана. – М.: Машиностроение, 1968. – Т. 2. – 408 с.
6. Минченя, Н.Т., Савченко А.Н. Весоизмерительное устройство к дозатору компонентов бетонных смесей / Наука и технологии на рубеже XXI века: материалы МНТК. – Минск, 2000. – С. 491–495.
7. Бесекецкий, В.А. Теория систем автоматического регулирования / В.А. Бесекецкий, Е.П. Попов. – СПб.: Професия, 2004. – 752 с.

УДК 504.064, 681.785

### СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХЧАСТОТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Усольцев В.П., Уразманова О.И.

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашикова  
Ижевск, Российская Федерация

Облик современной цивилизации во многом определяет переработка и хозяйственное применение углеводородных систем. Производства по переработке углеводородных систем играют ключевую роль в мировом топливно-энергетическом комплексе и нефтехимии. По некоторым данным в отечественной нефте-газоперерабатывающей промышленности "выбрасывается" в атмосферу около 0,45% перерабатываемого сырья, со сточными водами нефтеперерабатывающих предприятий в водоемы поступает значительное количество нефтепродуктов, сульфидов, хлоридов, соединений азота, фенолов, солей тяжелых металлов, взвешенных веществ и др. На

нефтеперерабатывающих заводах, нефтебазах происходит загрязнение почвенного слоя нефтепродуктами на значительную глубину, а в подпочвенных горизонтах образуются линзы нефтепродуктов, которые с грунтовыми водами могут мигрировать, загрязнять окружающую среду и создавать аварийные ситуации.

Развитие городов и промышленных районов, а также градостроительная политика последних десятилетий привели к тому, что большинство предприятий по переработке углеводородных систем, включая нефтеперерабатывающие и нефтехимические производства, оказались в черте городских мегаполисов. Ежегодно на предприятиях

происходят аварии, материальный ущерб от которых исчисляется сотнями миллионов долларов. Ежегодно на предприятиях отрасли происходит порядка 50 крупных аварий и около 20 тыс. случаев, сопровождающихся значительными разливами нефти, попаданием ее в водоемы, большими материальными потерями.

Действующая сегодня в России система анализа и контроля нормируемых химических и микробиологических показателей воды основана на дифференцированном определении их концентрации и сопоставлении ее с нормируемыми значениями. Для водных объектов хозяйственно-бытового и культурно-бытового использования выявлено и нормировано около тысячи вредных веществ и около 700 веществ для рыбо-хозяйственных водоемов. При этом существующие методы анализа могут выявить превышение предельно допустимых концентраций лишь 10% общего количества нормированных веществ. К тому же, процессы эти сложны и длительны. Чтобы определить все показатели воды, нужно иметь соответствующее техническое оснащение, научный и технический потенциал, средства на приобретение реактивов.

Существующая система обеспечения единства измерений физических параметров жидких сред на современной промышленной метрологически аттестованной аппаратуре разработана достаточно хорошо только для традиционных показателей, измерения проводятся стандартизованными “лабораторными” методами, характеризующимися исключительной надежностью. Но эти методы анализа длительны и трудоемки (результаты можно получить только через 24-48 ч), их нельзя реализовать в системе автоматизированного контроля и трудно использовать в полевых условиях. На сегодняшний день существуют следующие методы анализа воды, которые могут быть использованы для экспресс-анализа: титрометрия, потенциометрия, спектрофотометрия, турбидиметрия, нефелометрия, кондуктометрия, атомно-абсорбционная спектрофотометрия, фотометрия и пламенная фотометрия, газовая хроматография, флуориметрия.

Широкое распространение получили оптические методы анализа неоднородных жидких сред, основанные на измерении пропускания, поглощения или рассеяния света анализируемыми веществами в области ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных волн. Данные методы различаются в зависимости от характера взаимодействия анализируемого вещества со световой энергией, способа ее измерения и спектральных характеристик используемой оптоэлектронной измерительной аппаратуры [1].

Для повышения достоверности, объективности, оперативности оптоэлектронного контроля загрязнения сточных вод, снижения длительности кон-

троля, исключения влияния методики и аппаратуры контроля на санитарно-бактериологические свойства контролируемых проб, использована регистрирующая аппаратура, работающая в видимом оптическом диапазоне 0,38 – 0,78 мкм. В результате анализа спектров поглощения воды, как основного компонента сточных вод, и загрязнителей в виде нефти, нефтепродуктов, масел выбран рабочий диапазон частот от 0.25 до 0.65 мкм. В этом диапазоне вода достаточно прозрачна, что позволяет оптическому излучению проникать на большую глубину, а следы загрязнений, даже небольшого размера, хорошо различимы.

Проведение натурных экспериментов на специализированной экспериментальной установке [2], разработанной на основе имитационной модели поступления загрязнения сточных вод на очистные сооружения [3], позволяющей имитировать любое из распространенных загрязнений, вид, содержание и концентрацию загрязнений, влияние факторов, снижающих достоверность контроля, и позволило экспериментально обосновать выбор спектральных характеристик источников и приемников излучения, их количества и модель. Эксперименты проводились с тремя источниками оптического излучения: синим (450–480нм), зеленым (510–550 нм), красным ( $\geq 630$  нм) и приемником излучения со спектральной областью чувствительности 0,4–1,1 мкм.

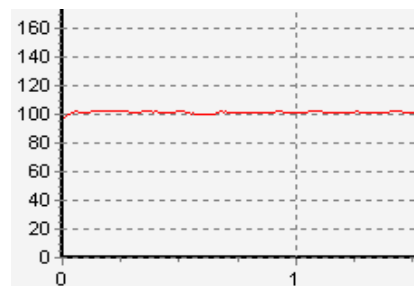


Рисунок 1 – График изменения оптической плотности при протекании загрязнения в виде сырой нефти и зеленом источнике излучения

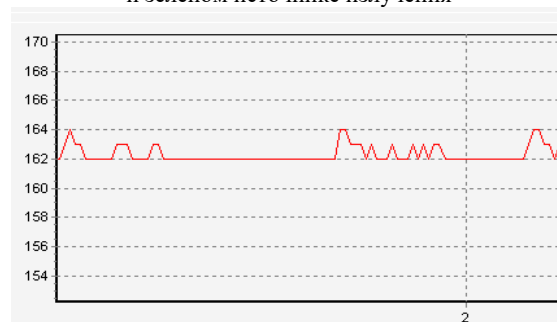


Рисунок 2 – График изменения оптической плотности при протекании загрязнения в виде сырой нефти и синем источнике излучения

При загрязнении в виде сырой нефти, источнике излучения с длиной волны  $\lambda=0,5$  мкм, средней мощностью излучения  $P_{cp}=1$  мВт, приемнике

излучения с областью спектральной чувствительности 0,3-1,1 мкм, максимальной спектральной характеристикой 0,75-0,85 мкм, рабочим напряжением 10В, интегральной токовой чувствительностью не менее 3,5мА/лм полученный график приведен на рисунке 1.

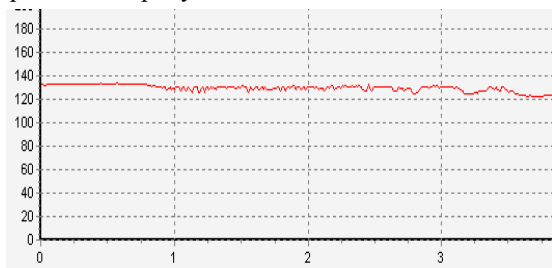


Рисунок 3 – График изменения оптической плотности при протекании загрязнения в виде сырой нефти и красном источнике излучения

Аналогичные опыты проведены с двумя источниками излучения с длиной волны  $\lambda = 0,4$  мкм и  $\lambda = 0,7$  мкм, графики приведены на рисунках 2 и 3.

На графиках наглядно видны изменения, полученные в результате замены лазерного излучателя. Меняя лазерный излучатель, можно зафиксировать изменения показателей импульсного сигнала.

УДК 621.3.049.77: 681.586

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МОДУЛЬ КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Здоровцев С.В., Кушнеров Д.П., Паршков А.В., Сушко В. А.

Открытое акционерное общество «МНИПИ», Минск, Республика Беларусь

В устройствах контроля линейных перемещений (расстояния до объекта) применяются чувствительные элементы (датчики), основанные на различных принципах работы: емкостные, стрикционные, потенциометрические, индуктивные, магнитометрические, оптические, ультразвуковые и др.

Одним из наиболее распространенных датчиков линейных перемещений являются ультразвуковые (УЗ) датчики [1-2], в состав которых входят излучатель и приемник ультразвуковых волн. Излучатель формирует короткие импульсы звука с определенной периодичностью. Импульсы отражаются от предметов и препятствий и возвращаются обратно, где фиксируются при помощи приемника. Структурная схема УЗ-датчика показана на рисунке 1. На рисунке 2 представлена временная диаграмма, иллюстрирующая работу УЗ-датчика. Фиксируя время между посылкой импульса и приходом отраженного сигнала (эхо-импульса) и зная скорость распространения звука рассчитывается расстояние до объекта по формуле:

$$L = \frac{t * V}{2}, \quad (1)$$

где L – расстояние t – время эхо-импульса, V – скорость ультразвука.

Эксперименты показывают, что с помощью трехчастотного зондирования можно наиболее точно распознать вид загрязнения, улучшить показатели качества на выходе сточных вод. По результатам экспериментов может быть составлена база данных, использование которой позволяет выбрать зависимость для каждого конкретного случая.

1. Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И. Контроль загрязнений сточных вод и промышленных стоков с использованием двухчастотного лазерного зондирования // Безопасность в техносфере, 2017, №1. – С. 3–9.
2. Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И. Система интерполяционного контроля загрязнений сточных вод природно-промышленных территориальных комплексов / Приборостроение - 2016 : материалы 9-й Международной научно-технической конференции, 23-25 ноября 2016 года, Минск, Республика Беларусь / пред. редкол. Гусев О. К.; ред. Гурина Е. В. [и др.]. – Минск : БНТУ, 2016. – С. 15–16. – 480 с.
3. Усольцев В.П., Юран С.И. Достоверность санитарно-эпидемиологического анализа сточных вод при большом количестве случайных воздействий и отсутствии доминирующего фактора // Теоретическая и прикладная экология. – 2016. – № 3. – С. 19–24.

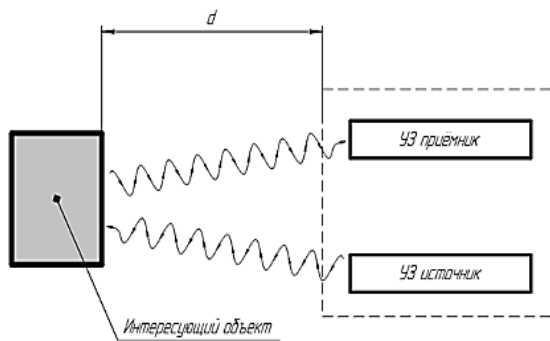


Рисунок 1 – Структурная схема УЗ-датчика

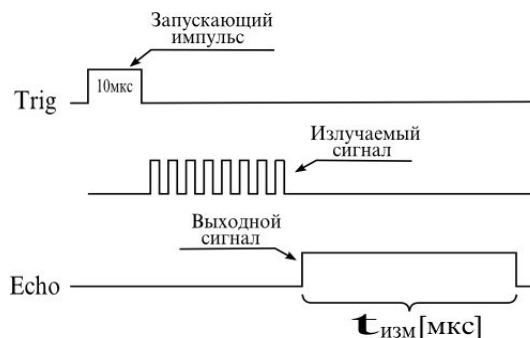


Рисунок 2 – Временная диаграмма, иллюстрирующая работу УЗ датчика