

Оптоэлектронная система для контроля нефтесодержания в очищенной воде на основе элемента нарушенного полного внутреннего отражения

Н.Р. Рахимов, Ш.И. Мадумаров, Д.Д. Исломов, А.Н. Серьезнов

НГТУ, СГГА (Россия)

Аннотация. Предлагается новая конструкция оптоэлектронной системы для контроля нефтесодержания в очищенной воде на основе элемента нарушенного полного внутреннего отражения. Отличительными особенностями которого является то, что кювета выполнена в виде прозрачного цилиндра, внутри него имеется полость в виде призмы, проходящей через его центр, а также переключатель оптических пар, при этом нефтесодержащих сред контролируется $n + 1$ оптронами открытого канала.

Ключевые слова: Светоизлучающий диод, кювета, элемент нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), оптоэлектронная система.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все шире применяют автоматические экспресс-анализаторы, построенные на физических методах контроля нефтесодержания в очищенной воде. Экспресс-анализаторы – это приборы, которые обеспечивают контроль нефтесодержания в очищенной воде, а также обеспечивают работу аварийной сигнализации в случае превышения установленного контрольного значения. Принцип работы экспресс-анализатора следующий. В трубопровод, по которому протекает анализируемая вода, врезается штуцер, по которому часть воды направляется в сигнализатор. Эта вода проходит через специальную кювету прибора, в которой оптический датчик фиксирует содержание нефтепродуктов. В случае превышения установленного значения (например, 15 мг/л), прибор выдает сигнал, от которого могут быть задействованы аварийная сигнализация или специальные электромагнитные клапаны, управляющие всем потоком воды.

Среди количественных методов определения нефтесодержания в очищенной воде наиболее распространены диэлькометрические и оптические (ИК-спектроскопия, нефелометрия,

фотоколориметрия) [2]. Преимуществом оптического метода является то, что на его базе, в основном, созданы автоматические проточные анализаторы нефтесодержания в очищенной воде [3–6].

Сигнализаторы нефти типа «OMD» производства фирмы «DECKMA» (Гамбург, Германия) разработаны специально для применения совместно с сепараторами льяльных вод. Их технические данные и принцип работы соответствуют международным требованиям, изложенным в соответствующих нормативных документах. На рис. 1 сигнализатор «OMD-21» (а) и установка на технологический процесс (б).



а)



б)

Рис. 1. Сигнализатор «OMD-21» (а) и установка на технологический процесс (б) [9]

Фирма «Deckma» выпускает несколько типов сигнализаторов, используемых при оснащении судовых и береговых очистных установок.

С 2005 года фирма «Deckma» начала производить сигнализаторы типа «OMD-2005» (рис. 2), выполняющие требования Резолюции МЕРС.107(49). В соответствии с требованиями данной Резолюции, прибор дополнен запоминающим устройством с памятью на 18 месяцев работы. Остальные функции аналогичны тем, которые применяются на модели «OMD-21». Заводская тарировка приборов позволяет контролировать нефтесодержание в пределах 15 мг/л. Установка других значений, например 8 или 5 мг/л легко производится кнопками, расположенными на передней панели прибора. Данные приборы применяются для контроля работы установок «ОНВ-МБ», а также установок «ОНВ», смонтированных на судах внутреннего плавания.



Рис. 2. Сигнализатор «OMD-2005» [9]

Простота и надежность данных приборов послужила основанием для их применения в промышленности. Например, в Санкт-Петербурге на предприятии по изготовлению пластмассовых изделий применили «OMD-21» для контроля гидравлической системы прессов. По существующей технологии не допускается попадание нефтепродуктов в охлаждающую воду. В противном случае процесс приходится прекращать, промывать все механизмы и соответственно нести большие финансовые потери. Использование «OMD-21» устранило эту опасность.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ

Нисколько не уступая другим физико-химическим методам в точности и удобстве определения нефтесодержания в очищенной воде, метод нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) превосходит их в экспрессности, обеспечивая в то же время неразрушающий контроль. В основе метода НПВО лежит явление проникновения световой

волны в оптически менее плотную среду n_2 , когда световой поток $\Phi_{0\lambda_1}$ распространяется из оптически более плотной среды n_1 в менее плотную n_2 под углом Θ .

Физический смысл заключается в следующем. Используются два световых потока с разными длинами волн, например, $\lambda_1 = 4,63 \text{ мкм}$ (измерительный) и $\lambda_2 = 1,7 \text{ мкм}$ (опорный), соответствующим максимальному и минимальному поглощению нефтесодержащих сред. Световой поток $\Phi_{0\lambda}$ распространяется из оптически плотной среды с показателем преломления n_1 , в менее плотную с n_2 под углом Θ , превышающим предельный (критический) угол полного внутреннего отражения Θ_k . Световой поток $\Phi_{0\lambda_1}$ частично проникает в среду n_2 ; на глубину порядка длины волны падающего излучения [7]:

$$d_p = \frac{\lambda_1}{2\pi(\sin^2 \Theta - n_{21})^{1/2}}$$

где λ_1 – длина волны излучения в оптически плотной среде с показателем преломления n_1 ; $n_{21} = n_2/n_1$ – относительный показатель преломления. Если угол излучения равен или превышает критический $\Theta_k = \arcsin n_1/n_2$, то наблюдается полное внутреннее отражение (метод ПВО). Поскольку менее плотная среда с комплексным показателем преломления $\tilde{n} = n_2 - j\chi_2$: обладает поглощением, отражение не будет полным, т. е. условия для этого нарушаются и коэффициент отражения ($R = \Phi_{\lambda_1} / \Phi_{0\lambda_1}$) станет меньше единицы. Степень ослабления R пропорциональна показателю поглощения. Таким образом, чем выше поглощение, тем сильнее нарушается отражение. Это называется эффект НПВО.

В ИК-области спектра для достижения условия $n_1 > n_2$ используются измерительные элементы НПВО из высокопреломляющих оптических материалов, прозрачных в соответствующем диапазоне.

Предлагаемая авторами оптоэлектронная система [8] для определения содержания эмульсионной воды в нефти и нефтепродуктах показана на рис. 3. Устройство содержит цилиндр 1 с полостью в виде призмы 2, проходящей через его центр, задающий генератор (источник импульсного питания) 17, триггер 18 со счетным входом (счетчик), светоизлучающие диоды (СИД) 3–8 и компенсационный СИД 15, измерительные 9–14 и компенсационный 16 приемники оптического излучения (ПОИ), сумматор 19, блок обработки фотоэлектрического сигнала 20 и регистрирующий прибор или ЭВМ 21.

Система работает следующим образом. При включении задающего генератора 17 вырабатываемые им прямоугольные импульсы с частотой 8...10 кГц подаются на вход триггера 18. Разделенные импульсы поступают на СИД 3–8

измерительных каналов и СИД 15 опорного канала. Поток излучения светоизлучающих диодов фокусируется на измерительных поверхностях и подается на фотоприемники 9–14. Далее сигналы с фотоприемников суммируются в сумматоре 19. Излучение компенсационного светоизлучающего диода через световод попадает на компенсационный фотоприемник 16. Затем сигнал с компенсационного фотоприемника поступает в блок обработки фотоэлектрического сигнала 20, где измеряется отношение компенсационного и измерительного сигналов. Сигнал отношения, несущий информацию о содержании нефти в среде, подается на регистрирующий прибор или ЭВМ 21, по показанию которого судят о нефтесодержании в очищенной воде.

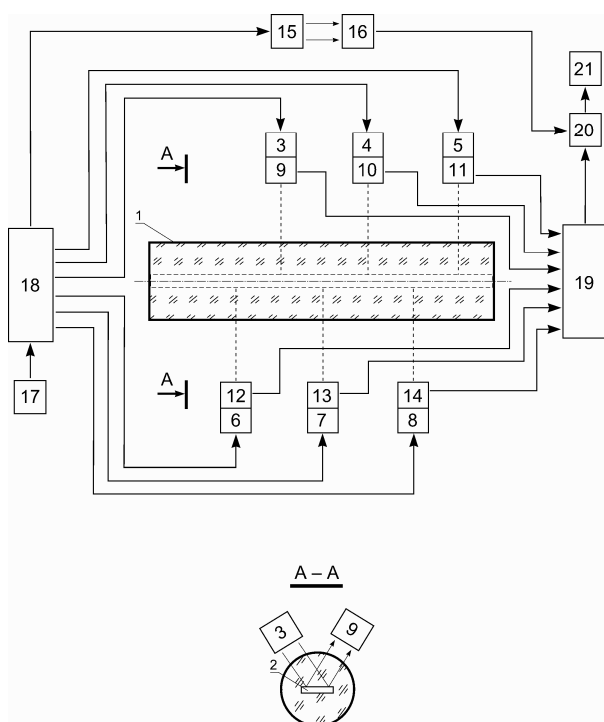


Рис. 3. Блок-схема оптоэлектронной системы для определения нефтесодержания в очищенной воде

Недостатком известных датчиков является наличие погрешностей, обусловленных неравномерностью распределения нефтесодержащих сред в объеме очищенной воды. Предлагаемое устройство повышает точность за счет многократного объемного измерения, суммирования и осреднения фотоэлектрического сигнала. Кроме этого, с его помощью можно определить содержание нефтепродуктов в эмульсионной воде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа выполнена по заданию Министерства образования и науки по проекту «Исследование предельных точностей оптических методов измерения параметров движения и мехатронных методов управления движением и разработка

новых робототехнических и электромеханических систем», Темплан, проект № 7.559.2011, НИР № 01201255056.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Левченко Д.Н., Бергштейн А. и др. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения / Химия, 1967. – С. 14.
- [2] Абдуллаев А.А. и др. Контроль в процессах транспорта и хранения нефтепродуктов / М.: Недра, 1990 г. – С. 194–195.
- [3] Рахимов Н.Р., Парфирьев Л.Ф. Оптоэлектронные системы на основе эффекта НПВО для контроля технологических параметров нефти и нефтепродуктов / Изв. вузов. Приборостроение, 2006. № 1. – С. 41–45
- [4] Мирзамахмудов Т.М., Рахимов Н.Р., Гафуров У.А., Зокиров Р.З., Атакулов О.Х.. Устройство для определения оптических параметров жидких сред / Авторское свидетельство № 1693482 от 23.11.91 г.
- [5] Рахимов Н.Р. Оптический контроль в нефтеперерабатывающем производстве / Монография. – Фергана: Техника, 2004. – 91 с.
- [6] Харрик Н. Дж. Спектроскопия внутреннего отражения / М.: Мир, 1970. – 305 с.
- [7] Патент РУз IAP 20030713 от 17.09.2004 г. Устройство для определения содержания эмульсионной воды в нефти и нефтепродуктах / Ш.М. Сайдахмедов; Р.Ж. Тожиев; Н.Р. Рахимов; А.Х. Хайдаров // Б.И. 2005. № 8. – С. 141.
- [8] Заявка № 2011153209 Российская федерация. Оптоэлектронный многопараметровый колориметр / Б.Н. Рахимов и др.; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная геодезическая академия».
- [9] Интернет-ресурс: <http://www.ecos.su>

Abstract. To suggest new design optoelectronic multifunctional test-systems on the base of semi conductive optron of an open channel have been constructed and worked out for the first time. Which distinctive features is that a ditch is made in the form of a transparent sphere, in side has a cavity in a form cylinder, and at the centre cylinder installed the cylindrical or prismatic silver reflecting surface, and also the switch of optical pairs. In the each parameter is supervised by four radians and detectors the open channel.

Keywords: emitting diodes, emitting receiver (OER), destructed full inner reflection (DFIR), optoelectronic systems.

Неъматжон Рахимович Рахимов – д.т.н., профессор кафедры Специальных устройств и технологий ФГБОУ ВПО «СГГА». E-mail: nerah@rambler.ru

Шерзод Ильхомович Мадумаров – аспирант НГТУ кафедры Автоматики. E-mail: fergana_10@mail.ru

Донер Дилмуродович Исломов – магистрант ФГБОУ ВПО «СГГА». E-mail: n_rah@ngs.ru

Серьезнов Алексей Николаевич – профессор кафедры самолето- и вертолетостроения ФГБОУ ВПО НГТУ, д.т.н.