

УДК 681.7.068

А. П. Марков

АНАЛИЗ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЖИДКИХ СРЕД

Рассмотрены методы и средства оптического контроля неоднородных сред и особенности использования волоконно-оптических турбидиметров.

На работоспособность машин, механизмов и других агрегатов существенное влияние оказывает среда, в условиях которой они функционируют. При этом параметры данной среды определяются, с одной стороны, технологией, с другой – текущим характером работы технического средства. По состоянию жидких сред, таких как технические масла, коллоидные растворы, эмульсии, суспензии, аэрозоли и т. д. можно однозначно оценить работоспособность того или иного агрегата или блока. Большое значение имеет организация процесса контроля непосредственно на месте и получение результатов замеров в режиме реального времени [1].

Для оценки состояния жидких сред используются различные методы измерения и контроля их параметров. Прямые измерения концентрации, формы и размеров инородных частиц в виде сухого остатка, приходящегося на определенный объем жидкости, весьма трудоемкие и применяются в аналитическом приборостроении при научных исследованиях и разработках новых методов и средств. Более распространены косвенные измерения, когда мутность исследуемой жидкости оценивается по характеру взаимодействия неоднородной среды с оптическим излучением. Диапазон зондирующего излучения охватывает видимую область спектра (0,35-0,76 мкм), ультрафиолетовую в ближнем диапазоне и инфракрасную область с длинами волн от 0,8 мкм и выше. При взаимодействии оптического излучения с мутной средой параметры электромагнитной волны определенной частоты (скорость распространения, амплитуда) могут изменяться, так как частота является неизменной. При незначительном влиянии этого эффекта существенно ограничивается точность измерений и усложняется процесс моделирования.

При комплексных измерениях применяются различные оптические методы и приборы контроля. В нефелометрах используется модель зависимости измеряемого излучения рассеяния от определенного угла к направлению потока стимулирующего излучения. В этих приборах используются схемы относительных измерений, для чего требуется наличие определенных эталонов мутности. Они должны иметь оптические характеристики, идентичные таковым у контролируемой жидкости. По характеру отраженного излучения оценивается блеск и цвет жидкости. При этом излучение может отражаться регулярно или диффузно.

Поляриметры, основанные на принципах измерения оптической активности веществ, используются для определения концентрации и идентификации исследуемых жидкостей. К сожалению, реализация на основе вышеописанных методов и средств экспресс-контроля состояния жидких сред с помощью переносных приборов трудновыполнима.

На зависимости коэффициентов рассеяния и поглощения излучения от размеров, формы, числа частиц среды основывается оптический метод измерения мутности – турбидиметрический. Сущность метода состоит в том, что через мутную среду пропускается световой поток, и некоторая часть света рассеивается взвешенными частицами. При этом, чем выше концентрация взвеси в

контролируемой среде, тем рассеивается большая часть излучения. Тогда мерой концентрации взвешенных частиц является ослабление интенсивности прошедшего светового потока. Для контроля концентрации дисперсной среды в жидких средах данный метод находит широкое применение.

Турбидиметр дает комплексную оценку содержания твердой фазы. Принцип его работы заключается в измерении степени ослабления интенсивности светового потока. Прибор позволяет контролировать среды от низкой до высокой степени мутности.

Технические масла, являясь жидкостями, также пригодны для контроля данным методом. Прозрачность моторного либо гидравлического масла в определенном диапазоне длин волн является интегральной характеристикой его основных эксплуатационных параметров, так как в процессе наработки происходит изменение дисперсной фазы и спектральной характеристики масла. Косвенно, по изменению распределения размеров дисперсных частиц, возможно определить степень наработки и износа агрегата [2].

Зарубежными фирмами производится ряд приборов подобного типа (рис. 1). Портативные турбидиметры выпускает фирма «Гамма Инструмент», Hi 93703 – портативный микропроцессорный турбидиметр, обеспечивающий лабораторную точность измерений и в полевых условиях (рис. 1, а). Прибор работает в широком диапазоне от 0 до 1000 FTU (NTU). Недостатки: невозможность проведения спектрального анализа и главное – отсутствие выносных датчиков.

Фирма «Меттлер Толедо» также давно известна на мировом рынке своими разработками в этой области (рис. 1, б, в). Диапазон измерения прибора позволяет работать со средами от низкой до высокой степени мутности.



Рис. 1. Портативный и стационарный турбидиметры с выносными датчиками

Комплект турбидиметра состоит из трансмиттера Trb8300 (см. рис. 1, б) и датчика серии InPro8000 (см. рис. 1, в), который является одновременно источником и приемником света.

Основные недостатки для применения данного прибора в качестве средства экспресс-контроля: отсутствие автономного питания и, как следствие, невозможность

проведения замеров в полевых условиях, отсутствие кюветного отсека. Применение зондирующего излучения одной длины волны не позволяет решать задачи спектрального анализа.

Успешно реализовать турбидиметрический метод контроля позволяет современная волоконная оптика, обеспечивающая уменьшение габаритов, веса, повышение надежности и улучшение метрологических и эксплуатационных характеристик турбидиметров [3].

В настоящее время ведутся работы по созданию комплексных и универсальных методов, приборов и систем измерения мутности различных неоднородных сред непосредственно на объекте контроля учитывая также те обстоятельства, что доступ к исследуемой жидкости не всегда прост. Существуют такие объекты, содержащие контролируемую жидкость, где измерение необходимо проводить в труднодоступных местах. К ним относятся например, картеры двигателей, трубопроводы и др.

Перспективна разработка универсального переносного турбидиметра с выносными волоконно-оптическими датчиками для технологического контроля в промышленности и лабораторных исследованиях [4].

Эффективность применения волоконно-оптических датчиков определяется возможностью контроля в труднодоступных зонах, при воздействии помех и различных дестабилизирующих факторов, получении результатов контроля в реальном времени. Минимизация массогабаритных параметров датчиков обеспечивает незначительное воздействие на состояние тестируемого объекта.

Анализ схем волоконно-оптических датчиков показывает, что наиболее применимыми являются одноканальные и двухканальные волоконно-оптические датчики. В одноканальном волоконно-оптическом датчике поток излучения из источника направляется через излучающий световод в исследуемую среду (рис. 2). Промодулированное средой излучение воспринимается приемным световодом и выводится на фотоприемник. Информативным параметром является амплитуда сигнала на выходе фотоприемника. Основные недостатки: влияние на процесс измерения нестабильности источника излучения, наличие внешней засветки, загрязнение торцов световодов.

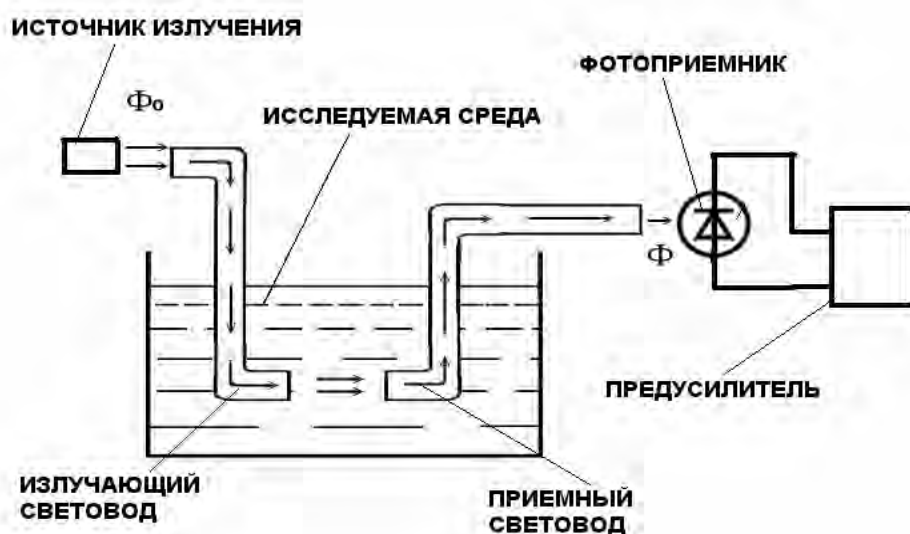


Рис. 2. Оптическая схема одноканального световодного датчика

Двухканальные световодные датчики с пространственным разделением каналов не имеют указанного недостатка благодаря введению опорного канала (рис. 3).



Рис. 3. Оптическая схема двухканального световодного датчика

В них свет от источника передается одновременно по двум световодам: опорному и измерительному. По измерительному световоду он подводится к анализируемой жидкости. Пройдя через нее, попадает на входной торец приемного световода и передается по нему к измерительному фотоприемнику. По опорному световоду передается эталонное излучение, которое попадает на фотоприемник сравнения, и его интенсивность определяется только мощностью источника. Измерительный и опорный фотоприемники включены по мостовой схеме, позволяющей сравнивать электрические токи измерительного и опорного каналов.

Влияние внешней засветки в волоконно-оптических датчиках устраняется путем модулирования потока излучения. Минимизация влияния погрешности измерения, возникающей вследствие загрязнения торцов световодов, происходит путем помещения световода опорного канала в исследуемую среду и сравнения сигналов на выходе [5].

Однако применение в оптической схеме двух световодов для датчиков экспресс-контроля не всегда целесообразно, так как это приводит к снижению надежности и удорожанию. С введением второго канала и модуляции зондирующего излучения значительно усложняется электронная схема преобразователя, что обуславливает возникновение дополнительных погрешностей измерения.

Исследования различных схем волоконно-оптических датчиков показали, что в процессе экспресс-контроля загрязнение торцов световодов можно минимизировать путем совершенствования методики проведения измерений. Данная задача более актуальна для стационарных средств контроля. Даже в двухканальных датчиках решить эту проблему полностью не удастся из-за неравномерного загрязнения торцов световодов опорного и измерительного каналов.

Нестабильность светового потока источника излучения, возникающая из-за флуктуаций оптико-электронных характеристик излучателя и фотоприемника, компенсируется в электронном тракте. Влияние внешней засветки минимизируется

за счет конструктивного исполнения датчика и повышения мощности излучателя. Из результатов исследований следует, что для проектируемого прибора более перспективной является оптическая схема одноканального датчика.

При одностороннем доступе к объекту контроля применяются волоконно-оптические датчики с постоянной или переменной оптической базой. В первичных преобразователях датчиков с постоянной базой (рис. 4) световой поток излучающего световода пройдя через исследуемую среду, воспринимается приемным световодом.

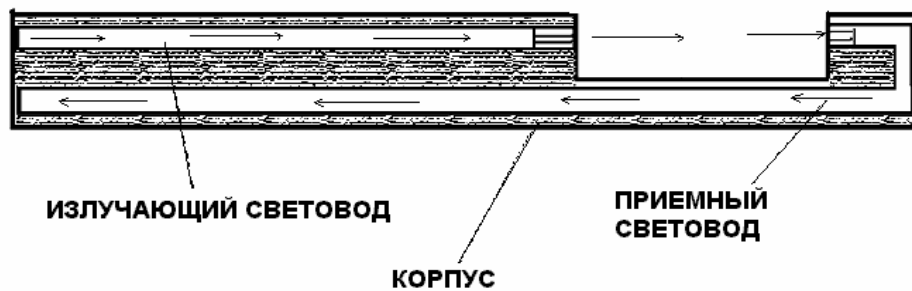


Рис. 4. Конструктивная схема первичного преобразователя с постоянной оптической базой

Просвечивание исследуемой среды осуществляется излучающим световодом путем изменения пространственного положения одного из световодов по отношению к другому на 180 градусов.

В первичных преобразователях датчиков с переменной базой эта задача решается применением отражающей насадки, включающей в себя зеркальный либо призмный отражающий элемент (рис. 5). Некоторые из первичных преобразователей и датчиков показаны на рис. 6, 7 и 8.

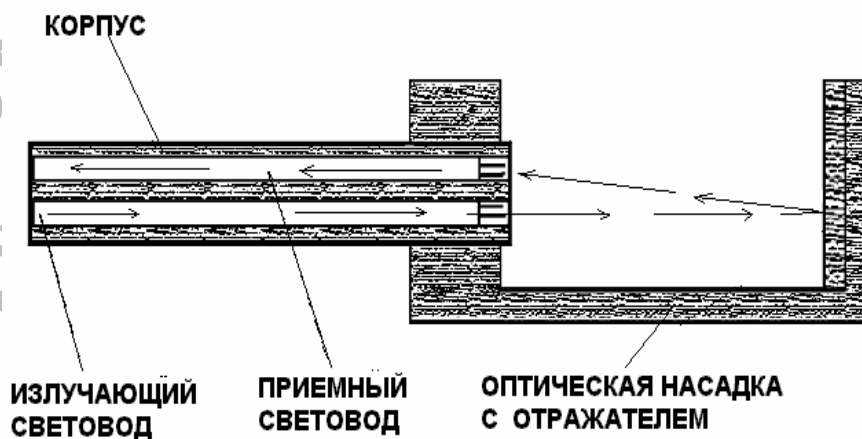


Рис. 5. Конструктивная схема первичного преобразователя с отражающим элементом



Рис. 6. Первичный преобразователь волоконно-оптического датчика с постоянной оптической базой 10 мм для контроля прозрачности гидравлического масла

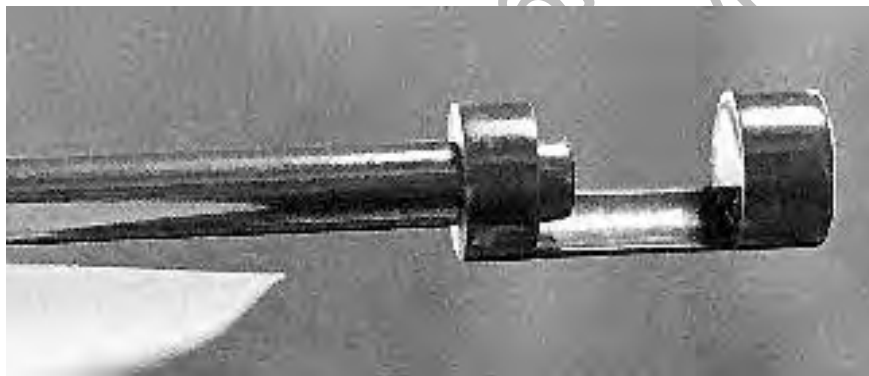


Рис. 7. Универсальный первичный преобразователь волоконно-оптического датчика с призмным отражателем



Рис. 8. Волоконно-оптический датчик прибора ИП-3М-2 с постоянной оптической базой 15 мм

Рассмотренными датчиками комплектуются турбидиметры ИП-2М и ИП-3М-2 (рис. 9). Эти приборы являются портативными турбидиметрами, обеспечивающими приемлемую точность измерений в полевых условиях. Их отличительной особенностью является режим индикации – ИП-3М имеет цифровую индикацию измеряемого параметра, а ИП-2М имеет шкалу из 10 светодиодов. В приборе ИП-2М предусмотрена регулировка диапазона измерения. В зависимости от конкретных поставленных задач прибор может комплектоваться четырьмя и более типами датчиков с различными длинами волн зондирующего излучения. Применяемые преобразователи имеют постоянную либо переменную оптическую базу (в зависимости от поставленных задач). Длины рабочих частей датчиков 150-700 мм. Диаметры рабочих частей 5-14 мм. С помощью данных приборов успешно решаются задачи оптического экспресс-контроля технических жидкостей. Прибор ИП-2М применяется на ОДО «ГидроТехСервис» для контроля состояния гидравлических масел в строительно-дорожных машинах.



Рис. 9. Портативные турбидиметры ИП-2М и ИП-3М-2

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Perez, J. J.** Применение волоконно-оптических анализаторов в химии. *Instrumentation spectrometrique et capteurs a fibres optiques en chimie* / J. J. Perez, G. Boide, F. Blanc // *Optoelectron.* – 1989. – № 49. – P. 113-117.
2. **Максименко, А. Н.** Влияние состояния масел и технических жидкостей на работоспособность строительно-дорожных машин / А.Н. Максименко, А.П. Марков // *Новые конкурентоспособные и прогрессивные технологии, машины и механизмы в условиях современного рынка* : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : МГТУ, 2000. – С. 465.
3. **Марков, П. И.** Волоконно-оптические преобразователи в приборах технологического контроля / П. И. Марков, В. М. Шаповалов. – Минск : Наука и техника, 1984. – 112 с.
4. **Афанасьев, А. А.** Световодная техника контроля газообразных и жидких сред / А. А. Афанасьев, А. П. Марков, А. В. Тихонов // *Экология и ресурсосбережение* : тезисы докл. республ. науч.-техн. конф. – Могилев : ММИ, 1993. – С. 176.
5. **Марков, А. П.** Оптические зонды для контроля жидких сред в статическом и динамическом

режимах / А.П. Марков // Современные направления развития производственных технологий и робототехника : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : ММИ, 1999. – С. 303.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 12.03.2006

A. Markau
The analysis of optically-electronic
devices of the technological control
of liquid environments
Belarusian-Russian University

Methods and means of the optical control of non-uniform environments and features of use of optical fibre sensors controls are considered.

Электронная библиотека
Белорусско-Российского университета