

## Мониторинг жидкостных сред с помощью волоконно-оптического микросенсора

*Бадеев Владислав Александрович*

*Студент (специалист)*

Пензенский государственный университет, Политехнический институт, Пенза, Russia

*E-mail: badeeff.vladislav@yandex.ru*

На сегодняшний день проблема быстрого измерения (в течение 5...10 с) показателя преломления жидкостных сред (например, жидкостей в системах жизнеобеспечения космонавтов), прозрачных для видимого и ИК-излучения, в реальном масштабе времени с высокой точностью и высокой воспроизводимостью не решена, поэтому разработка теоретических основ преобразования оптического потока в волоконно-оптической системе микросенсоров, реализующих новый рефрактометрический способ экспресс-диагностики качества жидкостных сред, представляет собой актуальную научно-техническую задачу, решение которой повысит результативность экомороприятий.

Концепция экспресс-диагностики качества жидкостных сред базируется на следующих положениях:

1) качество природных и техногенных жидкостей (в том числе, биожидкостей) можно определять по изменению их коэффициента преломления при расположении жидкости в прозрачной для ИК-излучения микротрубке, расположенной в разрыве волоконно-оптического тракта;

2) параметры жидкости определяют конструктивно-технологические, метрологические и эксплуатационные характеристики ВОРМС;

3) в качестве базовых элементов системы мониторинга качества жидкостных сред применяются инфракрасные волоконно-оптические рефрактометрические микросенсоры;

4) для повышения точности измерения коэффициентов преломления жидкости осуществляется двухканальное преобразование оптических сигналов, при котором осуществляется деление светового потока на два и более потока с помощью цилиндрической прозрачной для ИК-излучения трубки;

5) учитывается пространственное распределение мощности оптического сигнала от светодиода на выходе подводящих оптических волокон в виде полого усеченного конуса, а преобразования оптического сигнала осуществляются в дальней зоне дифракции в зоне с равномерным распределением освещенности в поперечном сечении открытого оптического канала.

Авторами в соответствии с этой концепцией разработан волоконно-оптический рефрактометрический микросенсор (ВОРМС), который содержит прозрачную цилиндрическую трубку 1 с жидкостью 2 (рисунок 1) [1].

Трубка 1 установлена в продольном отверстии корпуса 3 на прокладку 4 и нижнюю часть корпуса 3. Сверху трубка фиксируется крышкой 5. С одной стороны трубки 1 на расчетном расстоянии  $l_1$ , соосно с ней расположен излучающий торец подводящего оптического волокна (ПОВ) 6, с другой стороны трубки 1 на расчетном расстоянии  $l_2$ , расположены приемные торцы отводящих оптических волокон (ООВ) 7 и 8 первого и второго измерительных каналов. ООВ 7 и 8 располагаются вертикально друг над другом в непосредственной близости друг к другу или на расчетном расстоянии  $D$ .

Приемный торец ПОВ 6 состыкован с источником излучения - светодиодом 9. Излучающие торцы ООВ 7 и 8 состыкованы с приемниками излучения – фотодиодами 10, 11 первого и второго измерительных каналов соответственно или с одним приемником излучения.

Волоконно-оптический способ определения коэффициента преломления жидкости реализуется с помощью предлагаемого ВОРМС следующим образом. Световой поток  $\Phi_0$ , сформированный источником излучения по ПОВ 6 направляется в зону измерения, на излучающем торце ПОВ 6 выходит под углом  $Q_{NA}$  в виде конуса [2], передается в направлении трубки 1. Изображение излучающего торца ПОВ 6 в плоскости А-А, где расположены приемные торцы ООВ, меняет свой контур при изменении показателя преломления жидкости, что, в свою очередь, ведет к изменению площади перекрытия приемных торцов ООВ 6 и 7 световым пятном.

Применение сначала жидкости с известным коэффициентом преломления  $n_0$ , налитой в цилиндрическую трубку, а потом жидкости, коэффициент преломления  $n_{ж}$  которой измеряется, позволяет изменить углы  $\Theta_{вх1}$  и  $\Theta_{вх2}$ , под которыми световой поток поступит на приемные торцы ООВ 7 и 8 и, соответственно, изменять площадь пересечения светового пятна (изображения излучающего торца) и плоскости торца оптических волокон, что ведет к изменению интенсивности оптического сигнала, передаваемому по ООВ 7 и 8 на приемники излучения.

### **Благодарности**

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда и администрации Пензенской области в виде гранта № 23-29-10017

\*\*

Выражаем огромную благодарность, за помощь в проведении исследований, консультирование и поддержку нашему научному руководителю, доктору технических наук, профессору - Мурашкиной Т.И.

### **Источники и литература**

- 1) Бадеева Е.А., Бадеев В.А., Мурашкина Т.И., Серебряков Д.И., Хасаншина Н.А., Васильев Ю.А., Кукушкин А.Н. Заявка на изобретение №2021130405 от 18.10.2021, Волоконно-оптический способ определения коэффициента преломления прозрачного вещества и реализующий его волоконно-оптический рефрактометрический измерительный преобразователь.
- 2) Мурашкина Т. И., Бадеева Е. А. Волоконно-оптические приборы и системы: Научные разработки НТЦ "Нанотехнологии волоконно-оптических систем" Пензенского государственного университета Ч. I / СПб.: Политехника, 2018. 187 с. – с. 68

### **Иллюстрации**

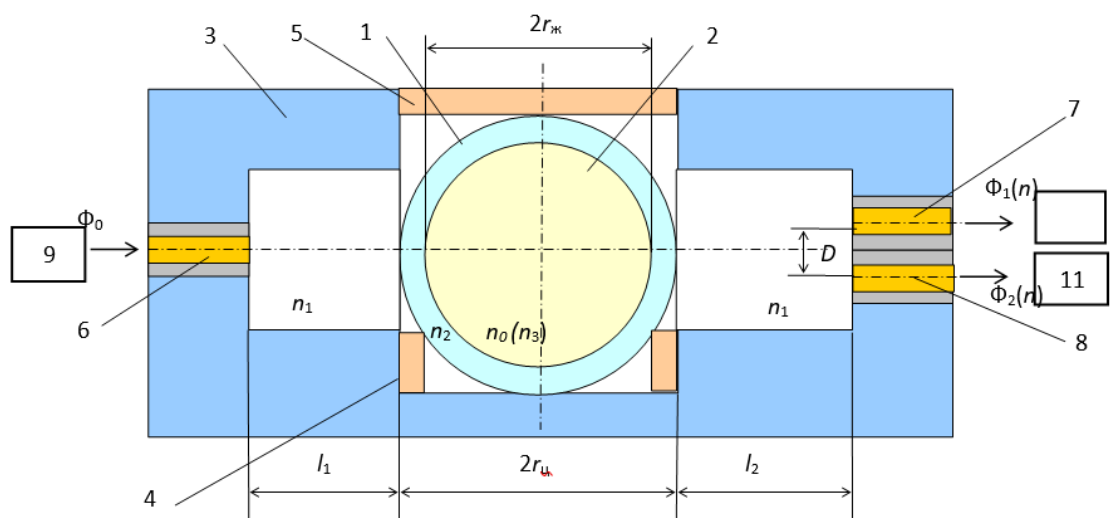


Рис. : 1 - Взаимное расположение элементов BORMS