

# Волоконно-оптическая система измерения уровня жидкости

Дмитрий Серебряков, Татьяна Мурашкина, Олег Граевский, Ольга Юрова (г. Пенза)

В статье рассмотрена система измерения уровня жидкости, разработанная на базе волоконно-оптических сигнализаторов уровня жидкости и предназначенная для дискретного измерения уровня жидкости с повышенной надёжностью и безопасностью.

Современные и перспективные разработки авиационной, ракетно-космической и другой техники нуждаются в определённой номенклатуре датчиков для систем диагностики и управления, к которым предъявляют повышенные требования, в первую очередь, в части работоспособности в жёстких условиях эксплуатации и обеспечения безопасности. Особенно это актуально при измерении уровня взрывоопасных жидкостей.

Существующие датчики и системы измерения уровня жидкости, основанные на емкостном, индуктивном и других принципах преобразования, обязательно оснащаются системами защиты от случайного искрообразования, поскольку для получения и передачи измерительной информации в них используются электрические сигналы. Это, в свою очередь, приводит к увеличению массы устройств и приборов.

В этой связи была поставлена задача создания системы измерения уровня жидкости, отвечающей вышеупомянутым требованиям и исключающей недостатки существующих средств измерения уровня жидкости.

В работе [1] описан волоконно-оптический сигнализатор уровня жидкости (ВОСУЖ), который частично решает поставленную задачу. Недостатками данного сигнализатора является отсутствие возможности контролировать несколько значений уровня жидкости.

Для полного решения поставленной задачи авторами была предложена конструкция волоконно-оптической системы измерения уровня жидкости (ВОСИУЖ), приведённая на рисунке 1, где: 1 – источники излучения, например, полупроводниковые светодиоды (лазеры); 2 – подводящие и 3 – отводящие оптические волокна; 4 – оптические стержни; 5 – Г-образные корпуса, состоящие из трёх частей (6, 7, 8); 9 – труба; 10 – заглушка; 11 – приёмники излучения, например фотодиоды.

С источниками излучения 1 состыкованы подводящие оптические волокна 2, количество которых равно числу точек съёма информации об уровне жидкости. Стержни 4 имеют круглое сечение и выполнены с шаровидными сегментами на рабочем торце, обращёнными в сторону жидкости; сегменты имеют радиус  $R$ , определяемый выражением:

$$d_{об} \leq R \leq 1,5d_{об}, \quad (1)$$

где  $d_{об}$  – диаметр оболочки оптического волокна из оптически прозрачного материала, например, из кварцевого стекла, для которого выполняется условие:

$$n_{сп} < n_{ж} < n_1, \quad (2)$$

где  $n_{сп}$ ,  $n_{ж}$ ,  $n_1$  – показатели преломления окружающей среды, жидкости и стержня соответственно.

Разработанная ВОСИУЖ позволяет измерять несколько значений уровня

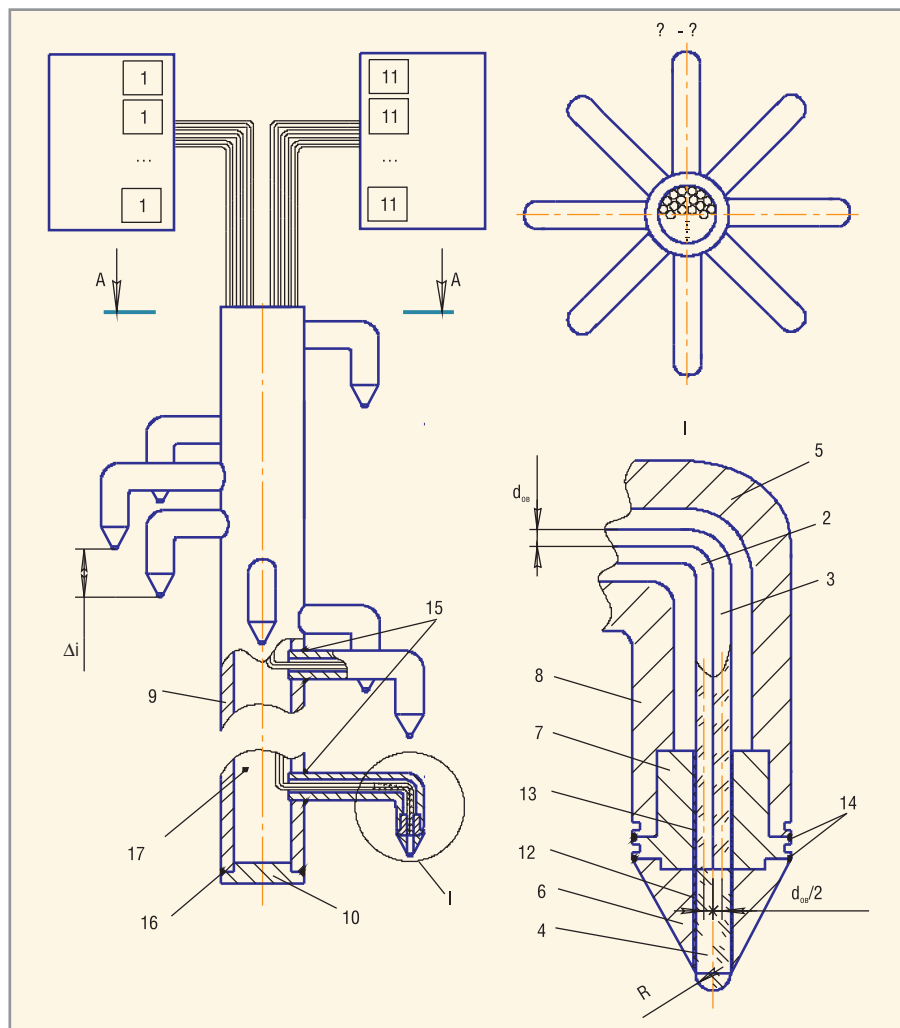


Рис. 1. Конструкция волоконно-оптической системы измерения уровня жидкости

жидкости с минимальной дискретностью, равной  $\Delta_i = d_{\text{ов}}$ . Цилиндрическая часть стержней 4 закрепляется в конусообразной втулке 6 корпуса 5 с помощью соединительного состава 12 с коэффициентом преломления  $n_2$ , меньшим коэффициента преломления жидкости  $n_{\text{ж}}$  ( $n_2 < n_{\text{ж}}$ ), уровень которой измеряется. При этом шаровой сегмент выступает за пределы части 6 корпуса 5 на значение, равное  $R$ .

Подводящее оптическое волокно 2 и отводящее оптическое волокно 3 закреплены во втулке 7 корпуса 5 с помощью клея 13, обладающего большой упругостью. Части 6, 7, 8 корпуса 5 соединены между собой с помощью сварки 14, при этом центры торцов подводящего оптического волокна 2 и отводящего оптического волокна 3 смещены относительно центра торца стержня 4 на значение, равное  $(d_{\text{ов}}/2 \dots 1,5d_{\text{ов}}/2)$ . Количество корпусов соответствует числу точек съёма информации об уровне жидкости.

Длина трубы 9 должна превышать максимальное значение измеряемого уровня жидкости. Поперечное сечение трубы может быть круглым или прямоугольным (на рисунке 1 показана круглая труба). В трубе изготовлены сквозные отверстия так, чтобы их оси были перпендикулярны продольной оси трубы. Например (см. рис. 1), отверстия могут быть выполнены по спирали, с равномерным шагом, соответствующим расстоянию между точками съёма информации. Количество отверстий соответствует числу точек съёма информации об уровне жидкости.

Отводящие оптические волокна 3, количество которых равно числу точек съёма информации об уровне жидкости, соединены с приёмниками излучения 11. Оптические волокна 2 и 3 проходят внутри трубы 9 и через отверстия в трубе 9 протянуты к приёмному торцу стержня 4.

Общее количество оптических волокон ВОСИУЖ равно  $2n$ , где  $n$  – количество контролируемых точек уровня жидкости, причем длина  $L_i$  двух отдельных  $i$ -х волокон определяется соотношениями (см. рис. 2):

- когда точки контроля уровня жидкости равноудалены:

$$L_i \geq L + [H - (i - 1) \Delta_i];$$

- когда точки контроля уровня жидкости распределены по длине ёмкости неравномерно:

$$L_i \geq L + (H - \sum_{i=1}^n \Delta_i),$$

где  $L$  – длина участка от источника 1 или приёмника излучения 11 до ёмкости 19;  $H$  – высота ёмкости 19 (или расстояние от верхней границы ёмкости до последней точки съёма информации);  $\Delta_i$  – расстояние между ближайшими точками контроля;  $i = 1, 2, \dots, n$  – порядковый номер точки.

При отсутствии контакта шарового сегмента стержня 4 с жидкостью лучи света полностью отражаются от поверхности стержня и возвращаются к входному торцу стержня 4, преломляются и выходят из стержня 4, падая на приёмный торец отводящего оптического волокна 3. По отводящему оптическому волокну 3 поток излучения распространяется до приёмника излучения 11, где происходит его регистрация.

При контакте шарового сегмента с жидкостью происходит нарушение условия полного внутреннего отражения, и большая часть излучения выходит из стержня; оставшаяся, меньшая часть по отводящему оптическому волокну 3 распространяется до приёмника излучения 11.

Наличие жидкости в зоне измерения соответствует высокий уровень напряжения приёмника излучения 11, отсутствию жидкости – низкий уровень напряжения. Повышение или понижение уровня жидкости в ёмкости 19 ведёт к последовательному срабатыва-

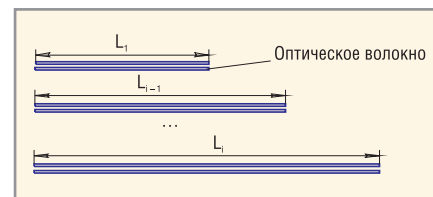


Рис. 2. Определение длины оптических волокон

нию измерительных каналов. Сигналы с приёмников излучения 11 передаются в систему обработки информации, которая может выдавать сигнал в виде последовательного дискретного повышения или понижения напряжения соответственно при повышении и понижении уровня жидкости или обрабатывать индивидуально сигналы каждого измерительного канала.

Таким образом, предлагаемая конструкция ВОСИУЖ реализует дискретное измерение уровня жидкости, что позволяет контролировать несколько значений уровня жидкости в требуемых точках ёмкости. Система работоспособна в жёстких условиях, обладает абсолютной искро-/взрыво-/пожаробезопасностью, поскольку в качестве передающей среды используется световой поток, и не требует сложных технологических и калибровочных операций при изготовлении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Серебряков Д. И., Мурашкина Т. И. Волоконно-оптический сигнализатор уровня жидкости. Патент на изобретение №2297602, МПК G 01 F 23/22, 20.04.2007.

