

УДК 621. 317.39

Sandler A.K., assistant professor

Tsupko Y.M., professor

National University “Odessa maritime academy”

**FIBER OPTIC pH-METER FOR CONTROL OF COOLING SYSTEMS**

Сандлер А.К., доцент

Цюпко Ю.М., профессор

Национальный университет «Одесская морская академия»

**ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ pH-МЕТР ДЛЯ КОНТРОЛЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ**

Сандлер А.К., доцент

Цюпко Ю.М., профессор

Національний університет «Одеська морська академія»

**ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ pH-МЕТР ДЛЯ КОНТРОЛЮ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ****Анализ проблемы и постановка цели исследования**

Водные режимы систем охлаждения двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ) должны обеспечивать предотвращение кавитационно-коррозионных разрушений втулок и блоков цилиндров и образования накипи, осадков в полостях охлаждения, клапанах и теплообменниках. Водные режимы в системах охлаждения ДВС и ГТУ определяются качеством охлаждающей воды, применением присадок и промывкой системы [1].

Одним из показателей, определяющим качество охлаждающей воды, является концентрация водородных ионов (показатель  $pH$ ). Для контроля этого показателя водной среды используются разнообразные химические сенсоры, которые дают прямую информацию о химическом составе среды, в которую погружен датчик, без отбора анализируемой пробы и ее специальной подготовки (рис. 1) [2].

Использование  $pH$ -метров позволяет измерять  $pH$  в более широком диапазоне и более точно (до 0,01 единицы  $pH$ ), чем с помощью индикаторов.

В тоже время, анализ существующих устройств контроля водной среды показал следующее. Возможности большинства используемых  $pH$ -метров не позволяют реализовать эффективный мониторинг систем охлаждения ДВС и ГТУ [2].

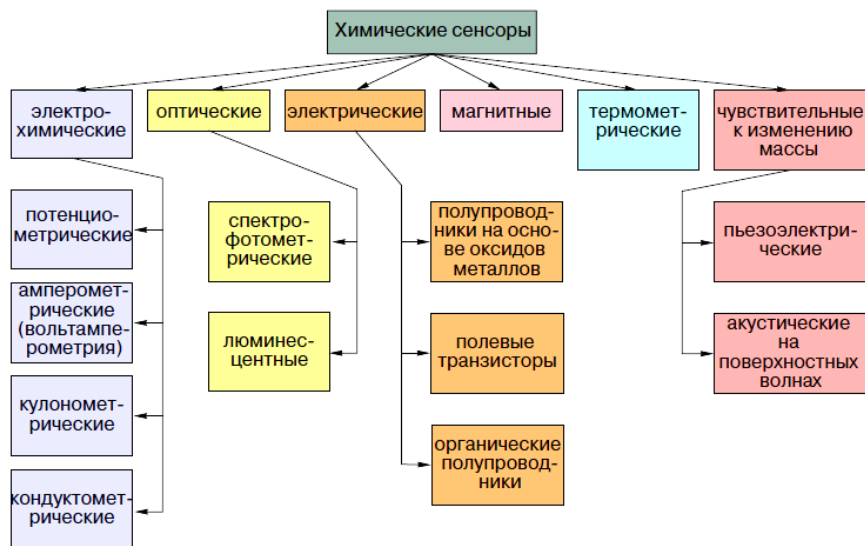


Рис. 1. Виды и типы химических датчиков, используемых для контроля показателя  $pH$  водной среды

Для выявления причин возникшего дисбаланса в задачах контроля водных режимов ДВС и ГТУ были рассмотрены конструкции наиболее распространенных типов  $pH$ -метров.

Известный  $pH$ -метр, основой которого является  $pH$ -электрод, состоящий из стеклянной трубки с тонкой стеклянной мембраной на конце, платиновой проволоки и водного буферного раствора электролита, находящегося с внутренней стороны мембраны (рис. 2) [3]. Наружная сторона этого мембранного стекла формирует гелевый слой, когда мембрана входит в контакт с водным раствором.



Рис. 2. Схема  $pH$ -электрода с чувствительной мембраной

Подобный гелевый слой также формируется на внутренней поверхности мембранного стекла, так как электрод также наполнен водным раствором электролита.  $H^+$ -ионы в гелевом слое и вокруг него могут диффундировать как внутрь слоя, так и из него в зависимости от значения  $pH$  и, следовательно, от концентрации  $H^+$ -ионов в измеряемом растворе. Если раствор щелочной,  $H^+$ -ионы диффундируют из слоя и на наружной стороне мембраны устанавливается отрицательный заряд. Поскольку стеклянный электрод имеет внутренний буферный раствор с постоянным значением  $pH$ , потенциал на внутренней поверхности мембраны остаётся постоянным в течение измерения.

Наличие платиновой проволоки, мембраны и водного раствора электролита нашло свое отражение в таких недостатках прибора:

- наличие элементов, выполненных из материалов с различными коэффициентами теплового расширения;
- необходимость компенсации изменений свойств буферного раствора электролита под влиянием колебаний температуры и естественных деградиационных процессов старения;
- необходимость применения дорогостоящей платиновой проволоки та электрического питания устройства.

В меньшей степени эксплуатационные факторы влияют на метрологические характеристики волоконно-оптического  $pH$ -метра (рис. 3) [4].

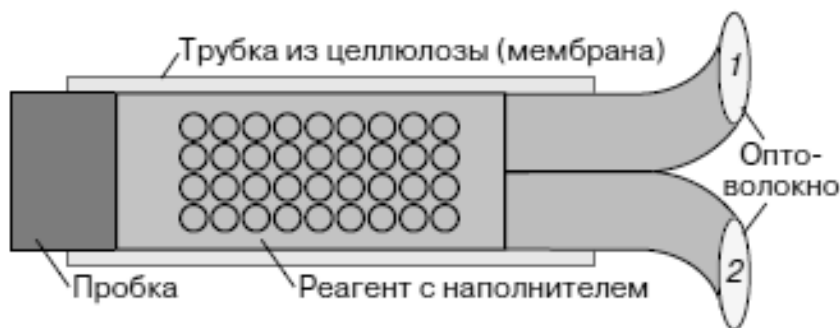


Рис. 2. Схема обратимого волоконно-оптического  $pH$ -метра: 1 - излучение от источника; 2 – детектируемое излучение

Устройство такого сенсора является достаточно простым: два пластиковых волокна вмонтированы в целлюлозную трубочку, содержащую краситель фиолетовый красный, иммобилизованный с помощью ковалентного связывания на полиакриламидных микроша-

риках. Кроме этих микрошариков внутрь трубочки помещены такого же размера шарики из полистирола для лучшего рассеяния света. Волонные световоды служат для подвода и отвода излучения. Интенсивность выходящего потока света измеряется детектором, настроенным на соответствующую область длин волн. Величина информативного сигнала обусловлена тушением флуоресценции реагента при взаимодействии с контролируемой средой.

Использование оптического волокна гарантирует инвариантность ко многим дестабилизирующим факторам. Однако, характеристики сенсора существенно ограничивают:

- необходимость компенсации изменения свойств красителя и жидкого реагента под влиянием флуктуации температуры естественных деградиационных процессов старения;

- малый эксплуатационный период целлюлозной трубки и микрошариков под влиянием контролируемой среды.

**Цель работы** - разработка нового схмотехнического решения *pH*-метра.

**Изложение основного материала.** Новый сенсор позиционировался как конструкция на базе деталей из однородных материалов, обеспечивающая повышенную защищенность элементов прибора. Одновременно предполагалось, что конструктивное исполнение сенсора обеспечит:

- отказ от использования элементов из дорогостоящих материалов и жидких электролитических растворов;

- сохранение высокого уровня чувствительности и быстродействия сенсоров на основе *pH*-электродов или красителя и жидкого реагента.

Для решения поставленной задачи предлагается схема *pH*-метра (рис. 4). К основе 1 из кварцевого стекла прикреплен отражающий слой из сапфирового стекла 2, основной световод 3, торцовыми поверхностями соединенный с отражающим слоем и оптическим разветвителем 7, ветви которого включают на входе мультиплексор 5, а на выходе демультиплексор 6, а также коаксиальный световод из литиевого стекла 4.

В статическом режиме, т.е. при отсутствии контролируемой среды с определенной величиной *pH*, в основном световоде, происходит уменьшение интенсивности проходящего оптического излучения, что обусловлено только затуханием в материале световода.

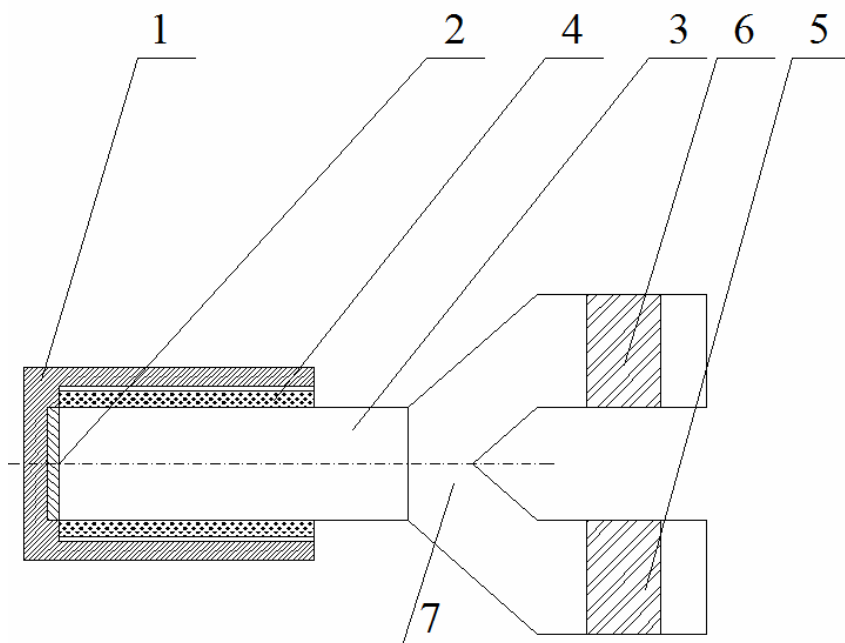


Рис. 4. Волоконно-оптический  $pH$ -метр: 1 – основа, 2 – отражающий слой, 3 – основной световод; 4 – коаксиальный световод из литиевого стекла, 5 – мультиплексор; 6 – демультимплексор; 7 – разветвитель

При погружении в среду с уровнем  $pH$ , близком к нулевому, происходит фиксация уровня интенсивности излучения. На основе полученной величины затухания выполняется калибрование сенсора.

При погружении в контролируемую среду происходит перекачивание оптического излучения из основного световода через коаксиальный световод в световод, который образован цилиндрической частью основы, т.е. осуществляется оптический туннельный эффект. После этого излучение с измененной интенсивностью отражается от отражающего слоя и через соответствующую ветвь разветвителя поступает к демультимплексору [5, 6]. При контакте коаксиального световода из литиевого стекла с кислотным раствором на поверхности литиевого стекла образуется слой с измененным коэффициентом преломления. Появление этого дополнительного слоя инициирует нарушение условий полного внутреннего отражения света. Как следствие, возникает нарушение условий туннельного перекачивания излучения из основного световода в световода, образованный цилинд-

рической частью основы. Интенсивность зарегистрированного излучения, преобразованного в электрический сигнал, будет пропорциональна величине кислотности охлаждающей воды.

После окончания контакта литиевого стекла с кислотной средой происходит восстановление его оптических свойств.

### Выводы

Предложено новое схмотехническое решение волоконно-оптического *pH*-метра. В *pH*-метре предлагаемой конструкции, комбинация оптических элементов обеспечит:

-более адекватное преобразование параметров контролируемой среды в изменение информационного сигнала;

-компенсацию влияния дестабилизирующих факторов за счет использования идентичных материалов;

-увеличение диапазона измерений величины кислотности среды.

Использование *pH*-метра позволит адекватно и достоверно оценивать количественные параметры охлаждающей воды ДВС и ГТУ.

### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Справочник судового механика по теплотехнике/И.Ф. Кошелев, А.П. Пимошенко, Г.А. Попов, В.Я. Тарасов. – Л.: Судостроение, 1987. – 480 с.
2. Будников, Г.К. Что такое химические сенсоры//Соросовский образовательный журнал. – 1998. - № 3. – С. 72 – 76.
3. Свойства и разработка новых оптических стекол/ Под ред. Е.Н. Царевского. – Л.: Машиностроение, 1977. – 216 с.
4. Датчики: Справочное пособие/ Под ред. В.М. Шаропова, Е.С. Полищука. – М.: Техносфера, 2012. – 624 с.
5. Удд, Э. Волоконно-оптические датчики. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.
6. Деклараційний патент України на корисну модель № 78611, МПК (2011) G01M 11/02 (2006.1). Волоконно-оптичний газоаналізатор/ Сандлер, А.К., Цюпко, Ю.М. Заявник та правласники Сандлер, А.К., Цюпко, Ю.М.; заявл. 18.09.2012.; опубл. 25.03.2013, бюл. № 6.