

АНАЛИЗАТОРЫ РАСТВОРЁННОГО КИСЛОРОДА АРК-51 С ОПТИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ

Измерение растворенного кислорода в жидкостях - задача, требующая решения в различных технологических процессах. Эта задача определена соответствующими инструкциями по организации водно-химического режима на тепловых и атомных электростанциях.

Концентрация растворенного кислорода зависит от изменения различных факторов: температурного режима, атмосферного давления, уровня минерализации и т. д.

Правильная организация контроля за уровнем растворенного кислорода в энергетике позволяет обеспечить установленный срок эксплуатации трубопроводов и другого оборудования.

Кислород служит причиной появления коррозии стальных труб. На энергетических станциях организуется специальный водно-химический режим, при котором измерения производятся специальными приборами – анализаторами растворённого кислорода, обладающими высокой чувствительностью.



ЗАО “НПП “Автоматика”

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Методы определения растворенного кислорода в воде

Титрование по Винклеру (Winkler). Титриметрический метод

Метод анализа, в котором аналитический сигнал получают измерением объема титрованного раствора, добавляемого к исследуемому раствору.

Процедура титрования исторически является первым методом определения концентрации кислорода в воде.

Процесс титрования является довольно сложным процессом, на который влияют и субъективные факторы, если процесс не автоматизирован.

Метод имеет многочисленные помехи, которые вносят ионы нитрита, двух и трехвалентные ионы железа, взвешенные частицы и органика. Он показывает завышенные значения растворенного кислорода в аноксической среде и заниженные значения в гипероксичной среде, потому что проба воды и сами реагенты испаряются во время работы.



ЗАО “НПП “Автоматика”

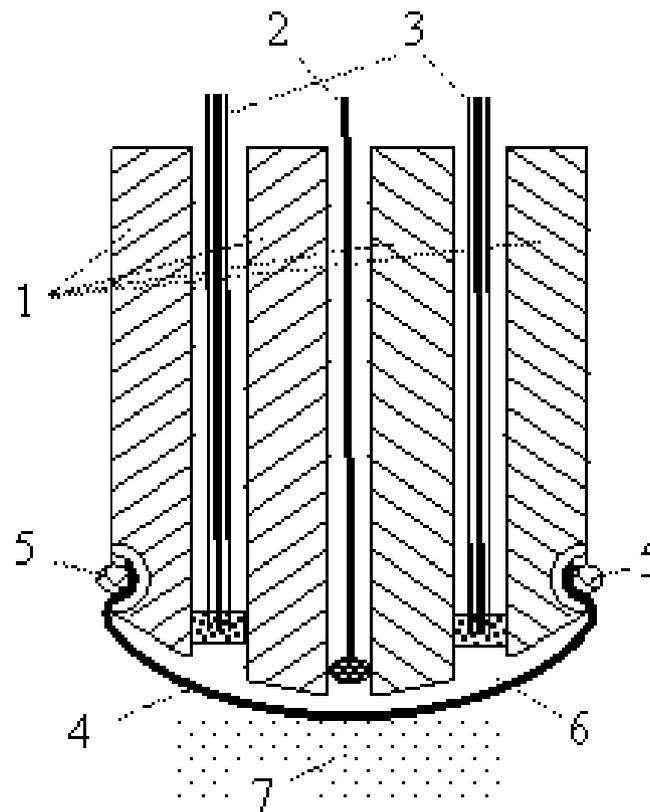
+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Электрод Кларка. Электрохимический метод

Для измерения кислорода в воде обычно используют датчик, состоящий из мембраны, которая покрывает амперометрический сенсор. В ноябре 1959 года изобретатель Кларк (Н. А. Clark) получил патент (US Patent 2913386), «Электрохимическое устройство для химического анализа».

- 1 – корпус;
- 2 – индикаторный электрод (Pt, Au);
- 3 – электрод сравнения (Ag);
- 4 – мембрана;
- 5 – резиновое кольцо;
- 6 – хлорид кальция;
- 7 – контролируемая среда



ЗАО "НПП "Автоматика"

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Работа датчика растворённого кислорода

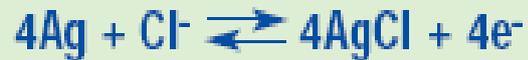
Датчик растворенного кислорода состоит, как правило, из серебряного анода и катода, выполненного из драгоценного металла — золота или платины. И катод, и анод погружены в раствор электролита, отделенный от внешней среды газопроницаемой мембраной. Молекулярный кислород диффундирует через мембрану и восстанавливается на катоде.

Процессы, протекающие на аноде и катоде, описываются следующими уравнениями:

Катод, восстановление:



Анод, окисление:



Количество кислорода, диффундирующего через мембрану, зависит от следующих параметров:

- парциального давления кислорода;
- материала и толщины мембраны;
- размера катода;
- напряжения поляризации;
- температуры;
- характеристики потока.



ЗАО “НПП “Автоматика”

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Двухканальный анализатор растворённого кислорода АРК-51 с полярнографическими датчиками DOG209



ЗАО "НПП "Автоматика"

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Двухканальный анализатор растворённого кислорода АРК-51 с полярографическим датчиком 8325DO



ЗАО "НПП "Автоматика"

+7 4922 21-57-42

www.avtomatika.ru

Двухэлектродные и трёхэлектродный полярографические датчики



ЗАО "НПП "Автоматика"

+7 4922 21-57-42

www.avtomatika.ru

Полярографические датчики

80 % расходов на датчики следуют за их первоначальной покупкой

1. Вследствие потребления кислорода катодом и необходимостью диффузии кислорода через мембрану, для точности измерений следует поддерживать достаточный поток анализируемой воды.

2. Загрязнение воды маслами и другими полимерами снижает диффузию и искажает результаты измерений.

3. С течением времени, мембрана разрушается, электролит становится грязным, а электроды деградируют до такой степени, что это сказывается на качестве измерений.

4. Регулярная градуировка датчика. Сохранение датчика в отличном состоянии требует квалифицированного выявления и устранения неисправностей, дорогих запасных деталей.

5. Значительное время поляризации датчика (может занимать до двух часов).



ЗАО “НПП “Автоматика”

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Плюсы полярнографических датчиков

1. Традиционные полярнографические мембранные датчики используют химическую реакцию для создания электрического тока невысокого напряжения, который отлично коррелирует с концентрацией кислорода в образце.
2. Если говорить о продолжительности работы полярнографического датчика, то для чистой воды и достаточно малого содержания кислорода в воде, он ещё может оставаться альтернативой для контроля ВХР.
3. Используются для малых и сверхмалых концентраций растворённого кислорода на уровнях от единиц мкг/л (ppb).



ЗАО “НПП “Автоматика”

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Оптический принцип измерения

Новая оптическая технология измерения растворенного кислорода разрабатывалась с учетом недостатков, присущих традиционным электрохимическим методам измерения.

Оптический принцип основывается на физическом явлении люминесценции. Данное явление определяется как способность определенных материалов (люминофоров) испускать излучение не в результате нагрева, в результате возбуждения иного рода.

В данном случае в качестве источника возбуждения используется свет. Подобрав подходящий материал и длину волны возбуждающего света, удалось добиться пропорциональности, как **интенсивности**, так и **степени затухания** люминесцентного излучения концентрации кислорода в окружающем люминофор растворе.

Измерение растворённого кислорода сводится к временным измерениям люминесцентного излучения вещества люминофора.

Поскольку процесс измерения времени в принципе не подвержен дрейфу, датчик не требует регулярной калибровки и обслуживания.



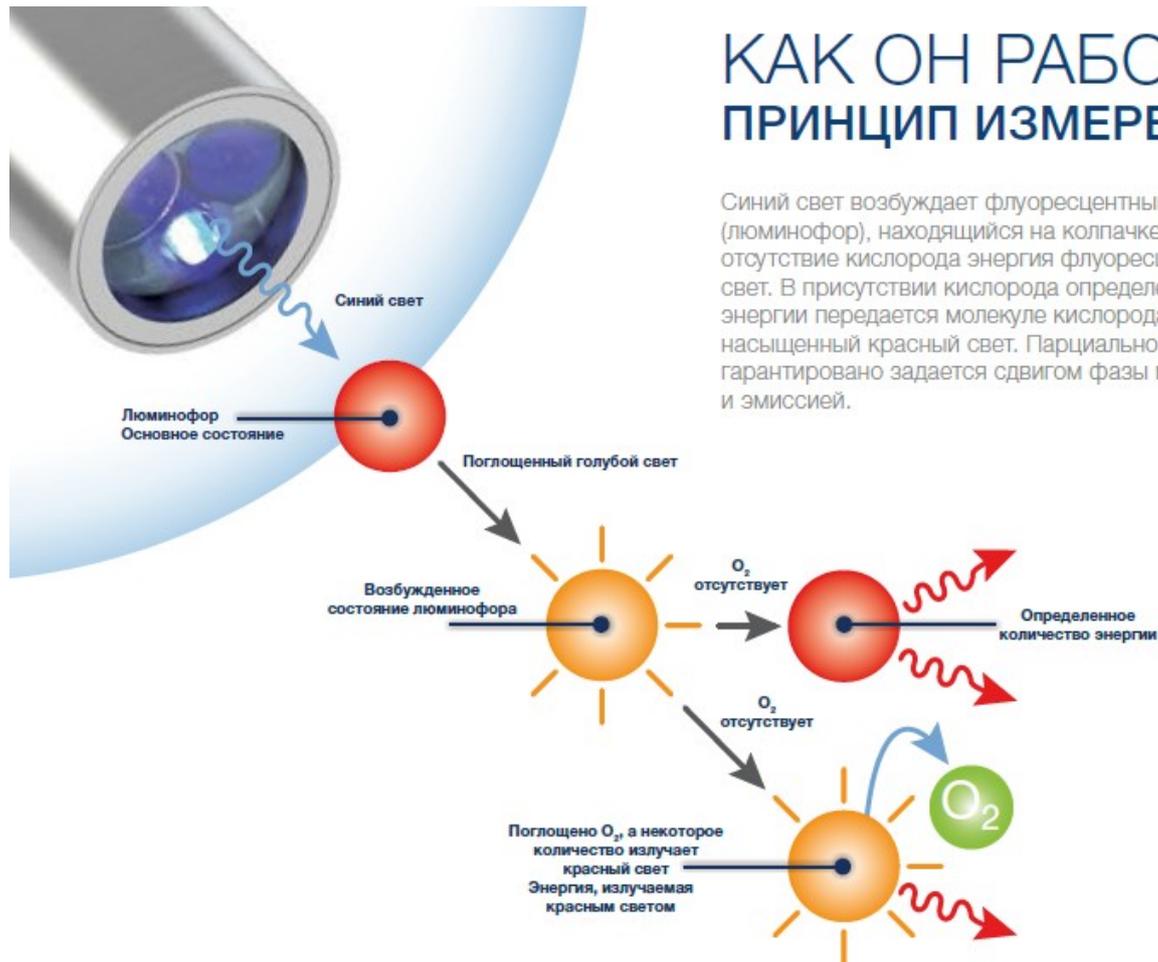
ЗАО “НПП “Автоматика”

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Оптический принцип измерения

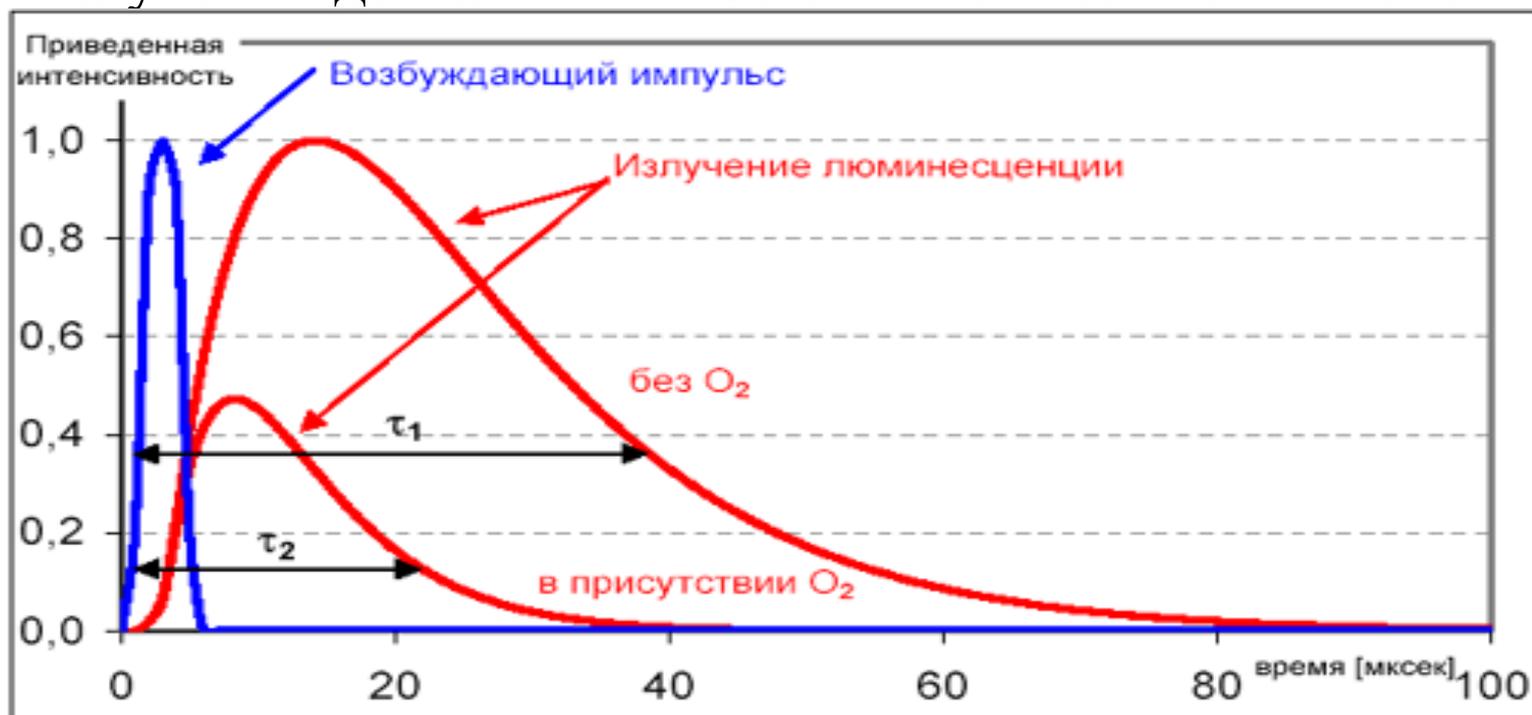
Принцип работы оптического датчика основан на явлении гашения (тушения) флуоресценции материала чувствительной плёнки датчика КРК в присутствии молекул кислорода, растворённого в воде.



Аспект влияния кислорода можно отнести к явлению, обозначаемому термином "гашение люминесценции".

Его влияние показано на рисунке: импульс света, посылаемый синим СИД в момент времени $t = 0$ попадает на слой люминофора, который впоследствии испускает красное излучение.

Максимальная интенсивность и время затухания красного излучения зависят от окружающей концентрации кислорода (время затухания определяется как время между началом возбуждения и падением уровня красного излучения до величины $1/e$ от максимальной интенсивности).



ЗАО "НПП "Автоматика"

+7 4922 21-57-42

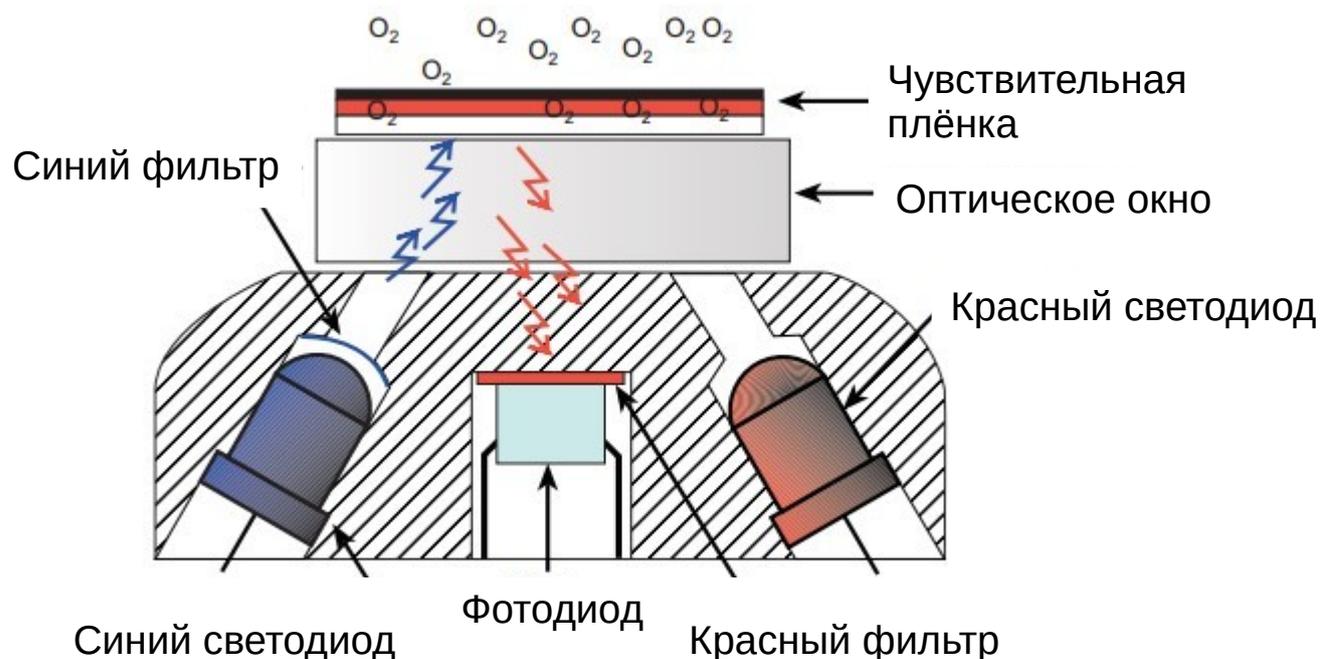
www.avtomatica.ru

Схема оптического датчика для определения концентрации растворённого кислорода

1 Синий светодиод излучает импульс света в направлении чувствительной плёнки.

2 Возвратное красное флуоресцентное свечение от пленки принимает фотодиод.

3 Дополнительный красный светодиод включен в качестве невозбуждающего сигнала для сравнения и компенсации потенциального дрейфа в электронных схемах передатчика и приемника.



ЗАО "НПП "Автоматика"

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Преимущества использования оптического метода измерения

- 1 Нет необходимости в калибровке
- 2 Не требуется замена мембран или электролита
- 3 Отсутствуют требования к потоку
- 4 Нечувствительность к загрязнениям
- 5 Устойчивость к сероводороду (H_2S)
- 6 Малое время отклика
- 7 Высокая чувствительность к низким концентрациям кислорода
- 8 Механическая устойчивость датчика

**ЗАМЕНИТЕ ТРАДИЦИОННЫЕ КИСЛОРОДНЫЕ ДАТЧИКИ НА
ОПТИЧЕСКИЕ**



ЗАО “НПП “Автоматика”

+7 4922 21-57-42

www.avtomatika.ru

Полярографические датчики

Традиционные полярографические мембранные датчики используют химическую реакцию для создания электрического тока невысокого напряжения, который коррелирует с концентрацией кислорода в образце. Сохранение датчика в отличном состоянии требует квалифицированного выявления и устранения неисправностей, дорогих запасных деталей и значительного времени на ожидание поляризации датчика.

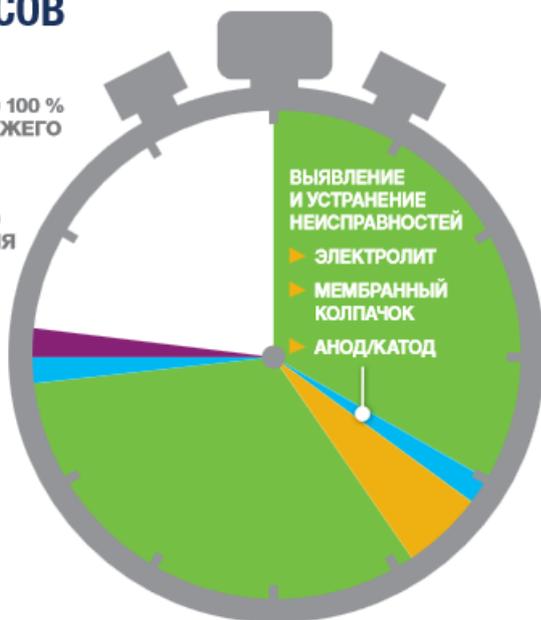
ВЫЯВЛЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЗА 3-8 ЧАСОВ

▶ ПОЛЯРИЗАЦИЯ

▶ ИСПЫТАНИЕ СО 100 % ПРИТОКОМ СВЕЖЕГО ВОЗДУХА

▶ ПРОВЕДЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

▶ КАЛИБРОВКА



Оптические датчики

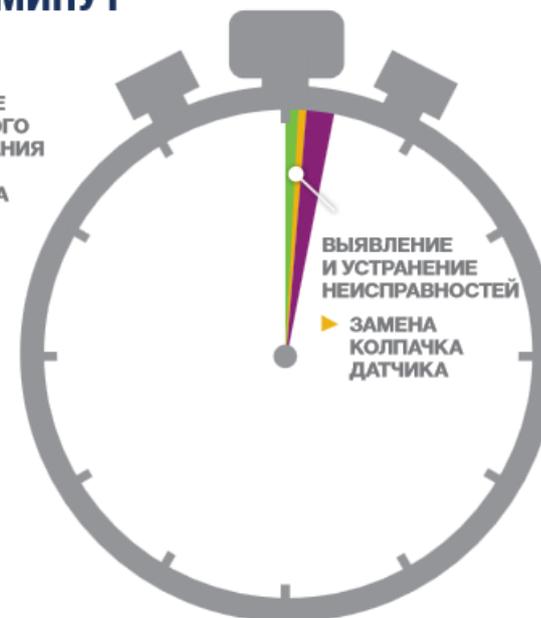
Оптические датчики проводят измерение при помощи чувствительного к кислороду флуоресцентного красителя. Краситель не требует времени на установление равновесия, поэтому он сразу готов к использованию. Индикатор качества отображает состояние колпачка датчика, а провести техническое обслуживание так же просто, как снять и повторно установить колпачок.

ВЫЯВЛЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЗА ≤ 20 МИНУТ

▶ ПРОГРЕВ

▶ ПРОВЕДЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

▶ КАЛИБРОВКА



ЗАО "НПП "Автоматика"

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Оптические датчики VisiTrace DO и VisiFerm DO



Характеристики

Диапазон измерения	4 ppb – 25 ppm (DO)
Тип измерения	Зависимое от кислорода гашение люминисценции
Время отклика $t_{95\%}$	< 30 s at 25 °C, от воздуха к азоту
Температура процесса	-10 – 140 °C, обеспечивается дат- чиком.DO не читается выше 85 °C
Источник питания	7 – 30 VDC max. 1 W
Диапазон давлений (избыточное)	-1 – 12 bar
Санитария	Автоклав, CIP, SIP
Качество поверхности	$R_a < 0.4 \mu\text{m}$ (N5)
Материал	Нерж.сталь SS1.4435
Уплотнение/ O-ring	EPDM*

VisiFerm DO

Характеристики

Диапазон измерения	0 – 2000 ppb
Тип измерения	Зависимое от кислорода гашение люминисценции
Время отклика $t_{95\%}$	< 20 s in gas; < 90 s in water
Температура процесса	-10 – 140 °C, обеспечивается дат- чиком.DO не читается выше 85 °C
Источник питания	18 – 30 VDC
Диапазон давлений (избыточное)	-1 – 12 bar
Санитария	CIP, SIP
Качество поверхности	$R_a < 0.4 \mu\text{m}$ (N5)
Материал	Нерж.сталь SS1.4435
Уплотнение/ O-ring	EPDM*

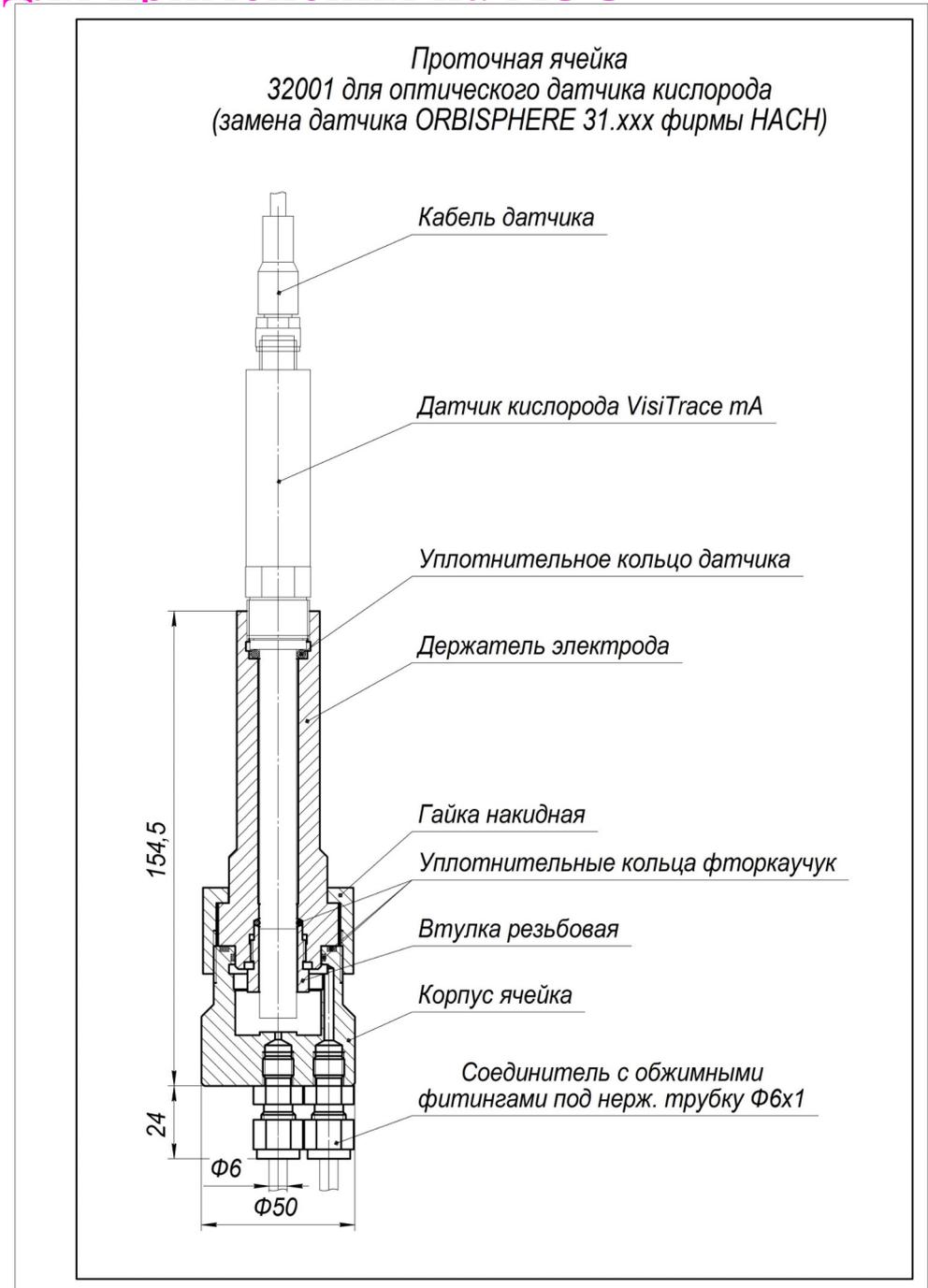


ЗАО “НПП “Автоматика” VisiTrace DO

+7 4922 21-57-42

www.avtomatika.ru

Проточная ячейка для применения на АЭС



ЗАО "НПП "Автоматика"

+7 4922 21-57-42

www.avtomatika.ru

Преимущества применения анализатора АРК-5122 с датчиками VisiTrace DO на АЭС

Основные параметры оптического датчика кислорода VisiTrace DO

Диапазон измерений:

от 0 до 2000 мкг/л.

Стабильность измерений:

< 1% в неделю при 100 мкг/л.

Погрешность измерения:

0,5 мкг/л или 2 %,
в зависимости от того,
что больше (при 25 °С).

Показания не зависят от скорости потока
и содержания CO₂.

Устойчив к воздействию хлора и диоксида.

Высокое быстродействие.

Прочная промышленная конструкция.

Легко заменяемый колпачок.

Давление анализируемой жидкости: от -1 до +12 Bar.

Температура измерения анализируемой жидкости: от 0 до + 85 °С.

Допустимая температура анализируемой жидкости: от - 10 до + 140 °С.

Длина кабеля 3 м, 5 м, 10 м.



ЗАО "НПП "Автоматика"

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Анализатор АРК-5122

Основные технические данные:

Диапазон измерения КРК:

- с датчиком VisiTrace DO от 0,0 до 2000,0 мкг/дм³;
- с датчиком VisiFerm от 0,00 до 19,99 мг/дм³.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности при измерении КРК:

- в диапазоне от 0 до 2000 мкг/дм³, $\pm (2,5+0,035 \cdot A)$;
- в диапазоне от св. 2000 до 2000 мкг/дм³, $\pm (25+0,035 \cdot A)$.

Группа исполнения по устойчивости к помехам IV по ГОСТ 32137.

Критерий качества функционирования А.

Максимальная поглощённая доза

80 Гр.

Класс безопасности анализаторов в исполнении для ОИАЭ: 3 или 4 в соответствии с НП-001-15, НП-016-05, НП-033-11.

Исполнение по сейсмостойкости соответствует категории II по НП-031-01.



ЗАО "НПП "Автоматика"

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Анализатор АРК-5122

Анализаторы оснащены дополнительными функциями, повышающими качество и достоверность измерений.

Функция «замораживания» выходных токовых сигналов и состояний реле — HOLD - позволяет уменьшить влияние выходных сигналов на внешние исполнительные устройства.

Функция очистки — позволяет вручную или в автоматическом режиме управлять устройством очистки электродов (при наличии устройства очистки).

Функция билинейной шкалы — позволяет повысить разрешающую способность по выходному сигналу для выбранного участка диапазона измерений, сохранив при этом весь диапазон измерений.

Цифровое и графическое представление измеряемых параметров, часы реального времени, архив.

Самодиагностика.

Анализаторы имеют **счётчик общего времени наработки.**



ЗАО «НПП «Автоматика»

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Перечень разрешительных документов на продукцию ЗАО «НПП «Автоматика»

<https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4>

Наименование и тип продукции	Код ТН ВЭД	Наименование документа	Срок действия	Регистрационный номер документа
1 Анализатор жидкости кондуктометрический типа АЖК-31 ТУ 4215-046-10474265-2009	9027801100	Свидетельство об утверждении типа РФ;	23.03.2025	RU.C.31.002.A регр. №43558-10
		Сертификат соответствия по взрывозащите по ТР ТС 012/20011;	29.05.2024	RU C-RU HA65.B.00125/19
		Декларация соответствия по ТР ТС 004 /2011 и по ТР ТС 020/2011	14.12.2025	RU Д.RU.HX37.B15460/20
2 рН-метры промышленные рН-41 ТУ 4215-085-10474265-2006	9027801100	Свидетельство об утверждении типа РФ;	14.04.2022	RU.C.31.002.A регр. №35021-17
		Сертификат соответствия по взрывозащите;	29.05.2024	RU C-RU HA65.B.00125/19
		Декларация соответствия по ТР ТС 004 /2011 и по ТР ТС 020/2011 Экспертное заключение СЭЗ	18.05.2023 без срока	RU Д-RU.ИМ43.B.01148
3 Анализаторы растворенного кислорода АРК-51 ТУ 4215-037-10474265-2009	9027801100	Свидетельство об утверждении типа РФ;	31.12.2025	RU.C.31.002.A регр. №43250-20
		Декларация соответствия по ТР ТС 004 /2011 и по ТР ТС 020/2011	08.07.2024	RU Д-RU.АД07.B.00351/19
		Экспертное заключение СЭЗ	без срока	
4 Анализатор натрия промышленный АН-71XX ТУ 4215-096-10474265-2013	9027 80 110 0	Свидетельство об утверждении типа РФ;	08.02.2024	RU.C.31.001.A регр. №56959-14
		Декларация соответствия по ТР ТС 004 /2011 и по ТР ТС 020/2011	27.11.2016	RU Д-RU.АЛ16.B.24394



ЗАО «НПП «Автоматика»

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru

Акционерное общество «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (АО «Концерн Росэнергоатом»)

**Филиал АО «Концерн Росэнергоатом»
«Ленинградская атомная станция»
(Ленинградская АЭС)**

г. Сосновый Бор, Ленинградская обл., 188540
 тел.: (81369) 51009, e-mail: zsc@zsc.ru
 факс: (81369) 51391, e-mail: zsc-f@zsc.ru
www.rosenergoatom.ru, e-mail: zsc@npp2.spb.ru
 ОГРН 08622474 ОГРН 5087746119931
 ИНН 7721632827 КПП 472640001

№	
На	№
№	A-2058/6 от 02.10.2019

Отзыв о работе анализаторов

Директору
 ЗАО «НПП «Автоматика»
 Петрову Ю.Ф.
 E-mail: market@avtomatica.ru

Уважаемый Юрий Фёдорович!

Сообщаю, что на энергоблоке №1 Ленинградской АЭС-2 в период 15.10.2019 по 01.04.2020 на системе автоматизированного химконтроля 2 контура (10QUA) и с 01.04.2020 по 31.08.2020 на системе автоматизированного химконтроля 1 контура (10KUB) проводилось тестирование нового анализатора растворенного кислорода АРК-5122 с оптическим датчиком производства ЗАО «НПП «Автоматика».

Данный анализатор отличается удобным и интуитивно понятным интерфейсом, простотой обслуживания и эксплуатации оптического датчика особенно в условиях работы первого контура.

Постоянное сравнение показаний анализатора с лабораторными химанализами дают возможность сделать вывод о высокой точности, безотказности и надежности анализатора по сравнению с аналогичными приборами с электрохимическими датчиками. Во время проведения тестирования анализатор подтвердил заявленные метрологические характеристики.

Особо хочу отметить устойчивую работу анализатора с оптическим датчиком на низких концентрациях, как в системе 2 контура, так и в теплоносителе 1 контура с объемной активностью $A_{\text{y}} = 7,70 \times 10^9$ Бк/м³ и мощностью эквивалентной дозы от датчика 38 мкЗв/ч, без проведения калибровки. Это очень важное отличие от анализаторов с электрохимическими датчиками, где требуется периодическая замена электролитической ячейки датчика и калибровка.

Надеюсь на дальнейшее сотрудничество.

Главный инженер Ленинградской АЭС-2

А.Н. Беляев



ЗАО «НПП «Автоматика»

+7 4922 21-57-42

www.avtomatica.ru