

**Фирма “Биоаналитические системы и сенсоры”
ООО “Фирма “Альфа БАССЕНС”**

**Анализатор Кислорода
Промышленный Многофункциональный
АКПМ-1-01**

**Руководство по эксплуатации
НЖЮК 4215-001.1-66109885-10 РЭ**

**Паспорт
НЖЮК 4215-001.1-66109885-10 ПС**

Почтовый адрес: 143987, Московская обл., г. Балашиха, мкр. Железнодорожный, а/я 729

Юридический адрес: 143987, Московская обл., г. Балашиха, мкр. Железнодорожный, ул. Советская, д. 47

Контактный телефон (499)-685-18-65, Факс (499)-685-18-64

Адрес производственного подразделения :

143987, Московская обл., г. Балашиха, мкр. Железнодорожный, ул. Советская, д. 47,
тел. (499) 685-18-42

E-mail: mail@alfabassens.ru;

www.alfabassens.ru

**Вы приобрели анализатор кислорода АКПМ-1-01 ,
разработанный и выпущенный
ООО «Фирма «Альфа БАССЕНС».**

***Внимательно прочитайте данное руководство.
Оно содержит важную информацию об устройстве
анализатора, его особенностях и методиках проведения
измерений при решении конкретных задач
аналитического контроля кислорода.***

***Данное руководство поможет Вам правильно
установить анализатор и быстро ввести его в
эксплуатацию, соблюдая при этом необходимые
требования его безопасного использования.***

***Внимательное изучение инструкции позволит Вам в
полной мере использовать широкие возможности
анализатора, обеспечив при этом высокую
эффективность его применения. Объем сведений и
иллюстраций, приведенный в данном руководстве,
обеспечивает правильную эксплуатацию анализатора и
всех его узлов.***

***! Сохраняйте данное руководство в качестве
справочного материала, так как в нем содержатся
инструкции, необходимые для правильной эксплуатации
анализатора, проведения межрегламентного
обслуживания и периодической поверки анализатора.***

ВНИМАНИЕ! При поставке анализатора в зимнее время года амперометрический сенсор не заполняется раствором электролита. Ваш сенсор при отправке был заполнен раствором электролита.

ВНИМАНИЕ! Предохранитель установлен в положение, соответствующее напряжению сети 220 В с частотой 50 Гц. Перед подключением анализатора к сети переменного тока с напряжением 36 В и частотой 50 Гц Вам необходимо переустановить предохранитель, в соответствии с маркировкой в нижнем отсеке анализатора (см. рис. 7.1).

Отличительные особенности анализаторов АКПМ-1-01

1. **У**ниверсальность анализаторов и широкий ассортимент амперометрических сенсоров (АС) позволяют решать любые задачи аналитического контроля кислорода в любой отрасли народного хозяйства.
2. **А**мперометрические сенсоры (АС) обладают улучшенными метрологическими и эксплуатационными характеристиками, неограниченным сроком службы, высокой надежностью, простотой в обслуживании и работе. Параметры каждого варианта исполнения АС оптимизированы для решения конкретных задач аналитического контроля кислорода, а их конструкции разработаны с учетом специфики проведения измерений в различных областях.
3. **М**ногофункциональные возможности анализатора позволяют проводить измерение парциального давления и концентрации кислорода в жидкостях и газах в любой выбранной оператором единице измерения, а также измерение температуры и определение биохимического потребления кислорода по стандартной методике.
4. **Б**лагодаря оригинальности АС обеспечивается: “неразрушающий контроль” анализируемой пробы, широкий диапазон, высокая точность достоверность и экспрессность измерений, высокая селективность и стабильность показаний, а также их слабая зависимость от скорости потока анализируемой жидкости и наличия в ней мешающих компонентов и взвешенных частиц.

Анализаторы кислорода АКПМ-1-01 обеспечивают:

- **А**втокалибровку по кислороду атмосферного воздуха. **К**алибровку по поверочным газовым смесям. **С**пецкалибровку для измерений в неводных средах, культуральных жидкостях и соленых водах.
- **В**озможность выбора удобной для оператора единицы измерения.
- **К**оррекцию в зависимости от барометрического давления и солености.
- **С**игнализацию выхода показаний из заданных пределов и возможность работы в составе системы автоматического управления с помощью «сухих контактов».
- **Д**истанционную передачу информации с помощью токового выхода, интерфейсов RS-232 и RS-485.
- **З**апись отсчетов показаний во внутреннюю энергонезависимую память в ручном режиме «Блокнот» и в непрерывном периодическом режиме «Протоколирование».
- **С**амодиагностику. **У**добный интерфейс. **П**ростой и удобный монтаж.
- **Г**ерметичность корпуса, степень пылевлагозащиты IP-65.

СОДЕРЖАНИЕ (Руководство по эксплуатации).

1. Распаковка анализатора.	7
2. Области применения анализаторов АКПМ и обозначение вариантов их исполнения.	8
3. Подготовка к работе и проверка работоспособности анализатора.	12
4. Устройство и принцип действия анализатора	18
4.1. Описание свойств и конструкции анализатора	18
4.2. Описание свойств и конструкции амперометрических сенсоров	20
4.3. Описание конструкции измерительных камер	26
4.4. Принцип работы анализатора.	27
5. Общие сведения	28
5.1. Общие сведения об измеряемых величинах и единицах измерения	28
5.2. Общие сведения о калибровке анализатора	29
5.3. Общие сведения о введении коррекции при измерениях.	31
6. Указание мер безопасности и рекомендации по эксплуатации анализатора.	33
7. Подготовка к работе	34
7.1. Общие требования к установке анализаторов кислорода	34
7.2. Установка измерительного устройства анализатора АКПМ-1-01	34
7.3. Установка измерительной камеры	35
7.4. Включение анализатора.	38
8. Настройка и управление режимами работы анализатора	39
8.1. Включение анализатора и интерфейс программы	39
8.2. Главное меню	41
8.3. Меню «Установка»	43
8.4. Меню «Диагностика»	51
8.5. Меню «Протоколирование»	52
8.6 Меню «Блокнот».	53
9. Калибровка анализатора	54
9.1. Процедура калибровки нулевой точки анализатора	54
9.2. Процедура автоматической калибровки анализатора	54
9.3. Процедура специальной калибровки анализатора.	57
10. Порядок работы	59
10.1. Определение pO_2 , cO_2 в лабораторных условиях	59
10.2. Определение БПК стандартным методом с разбавлением	60
10.3. Определение кислорода в газах	61
10.4. Аналитический контроль концентрации кислорода в потоке жидкостей	62
10.5. Аналитический контроль кислорода в природных и сточных водах	63
10.6. Аналитический контроль кислорода в биотехнологических процессах.	64
11. Техническое обслуживание анализатора.	64

12. Возможные неполадки и способы их устранения.	67
--	----

СОДЕРЖАНИЕ (Паспорт)

1. Назначение и область применения	70
2. Технические характеристики	73
3. Состав изделия и комплект поставки	75
4. Поверка анализатора	75
5. Правила хранения	83
6. Гарантии изготовителя (Поставщика)	83
7. Сведения о рекламациях	83
8. Свидетельство о приемке	84
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Гарантийный талон (2 шт.)	85
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Методика измерения и процедура внесения коррекции систематической ошибки «Жидкость-газ»	87
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Таблица зависимости концентрации кислорода в дистиллированной воде от температуры	89
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Методика калибровки датчика температуры	90
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Методика калибровки нулевой точки анализатора	92
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Методика калибровки токового выхода	94
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Восстановление заводских параметров	95
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Ограничение доступа к калибровкам	96
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Передача данных по сети RS485	98
Список литературы	
101	



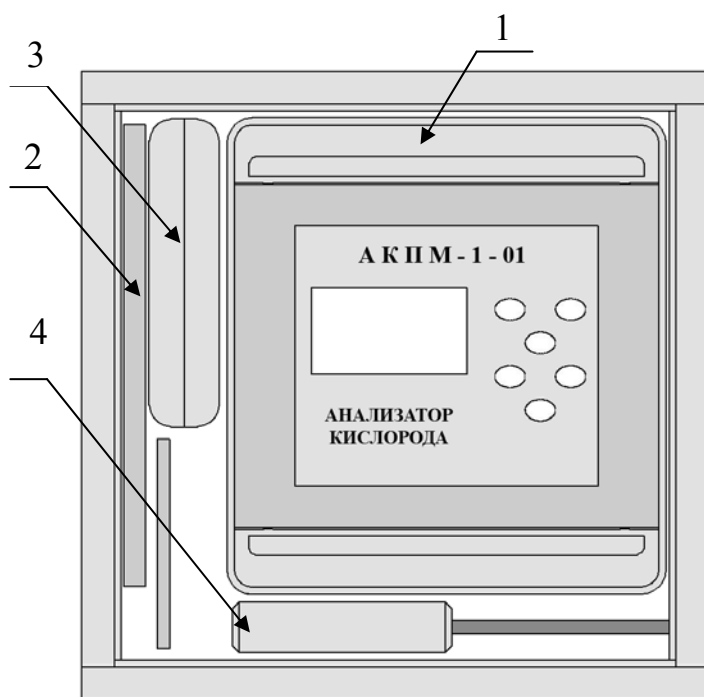
Рис. 1. Внешний вид анализатора кислорода АКПМ-1-01

1. РАСПАКОВКА АНАЛИЗАТОРА.

При получении анализатора убедитесь, что упаковка не вскрыта и не повреждена. Если внешний осмотр упаковки позволяет предположить о ее возможном вскрытии или повреждении анализатора при транспортировке, незамедлительно вызовите представителя транспортной компании и вскройте упаковку в его присутствии.

Анализатор кислорода и комплектующие изделия к нему поставляются в прочном контейнере из ДВП, усиленном деревянными брусками. Контейнер выполнен из экологически чистых материалов. Рекомендуем сохранить контейнер для последующей отправки прибора предприятию изготовителю или региональной ЦСМ для проведения периодической поверки и технического обслуживания.

Положите упаковку с анализатором на рабочий стол и распакуйте ее (расположение компонентов в контейнере показано на рисунке 1.1).



1. Анализатор кислорода АКПМ-1-01
2. Руководство по эксплуатации
3. Комплект запасных частей и принадлежностей
4. Амперометрический сенсор

Рис. 1.1 Схема расположения компонентов в контейнере

Проверьте комплектность анализатора согласно описи, вложенной в упаковку. При обнаружении несоответствия свяжитесь со своим поставщиком.

В комплект поставки анализатора входят:

- Измерительное устройство анализатора с сетевым кабелем

- ☑ Амперометрический сенсор (см. рис. 3.1, рис.3.3, рис. 3.6)
 - ☑ Комплект запасных частей и принадлежностей к амперометрическому сенсору, в который входят:
 - Флакон с гелиевым электролитом
 - Мембранные колпачки (3 шт.)
 - Пробник с сульфитом натрия Na_2SO_3
 - Пробник с хлористым кобальтом CoCl_2
 - ☑ Измерительная камера с держателем, присоединительными трубками и переходниками (в комплекте с АКПМ-1-01Т, АКПМ-1-01Г)
 - ☑ Герметичная ячейка (в комплекте с АКПМ-1-01П)
 - ☑ Комплект монтажных петель
 - ☑ Руководство по эксплуатации, паспорт
- Дополнительно могут быть заказаны следующие изделия:
- ⚡ Устройство подготовки газовой пробы УПП-01 (к АКПМ-1-01Г)
 - ⚡ Арматура для установки АС в аэротенки (к АКПМ-1-01П)
 - ⚡ Измерительная камера для микроанализа ИКМА (к АКПМ-1-01Л)
 - ⚡ Фильтр тонкой очистки газов и жидкостей (к АКПМ-1-01Т, АКПМ-1-01Г)
 - ⚡ Склянка БПК

Извлеките из контейнера пластмассовую коробку с набором ЗИП, другие принадлежности, руководство по эксплуатации. Затем аккуратно извлеките сетевой кабель, амперометрический сенсор и измерительное устройство. Расположите их на рабочем столе.

Примечание. АС подключен к измерительному устройству анализатора.

2. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛИЗАТОРОВ АКПМ-1-01 И ОБОЗНАЧЕНИЕ ВАРИАНТОВ ИХ ИСПОЛНЕНИЯ.

Анализаторы АКПМ-1-01, благодаря своей универсальности и широкому ассортименту используемых амперометрических сенсоров (АС), могут применяться для решения разнообразных задач аналитического контроля кислорода практически во всех отраслях народного хозяйства: теплоэнергетике, пищевой, химической и нефтяной промышленности, охране окружающей среды, биотехнологии и медицине, ЦГСЭН, ЖКХ, рыбных хозяйствах, очистных сооружениях и т.д. Поэтому для записи названия анализатора после обозначения типа анализатора АКПМ цифрами «01» указывается стационарный вариант его исполнения, буквами «Л», «Г», «Т», «П», «Б» указывается область его применения:

- «Л» - Лабораторный;
- «Г» - Газоанализатор;

- «Т»- Теплоэнергетика (для измерений в микрограммовом диапазоне концентраций);
- «П» - Погружной АС для измерений в природных и сточных водах;
- «Б» - Биотехнология.

Варианты исполнения анализаторов отличаются амперметрическим сенсором и принадлежностями, входящими в комплект его поставки.

На рис. 2.1 – 2.5 показаны различные варианты исполнения анализаторов АКПМ-1-01.



АКПМ-1-01Л в комплекте с АСрО₂-01 предназначен для измерений концентрации и биохимического потребления кислорода (БПК) в стандартных склянках в лабораторных условиях. Применяется в экологических и химических лабораториях различных промышленных предприятий, ЦГСЭН, ЖКХ, организациях Госком-

природы, медицине и т.д.

Рис. 2.1. Внешний вид анализатора АКПМ-1-01Л.

Анализатор АКПМ-1-01Г в комплекте с АСрО₂-03 предназначен для измерений концентрации кислорода в газообразных средах. Анализатор может комплектоваться устройством подготовки газовой пробы УПП-01. Применяется для решения задач энергосбережения, оптимизации процессов горения топлива, экологического и производственного мониторинга состава воздуха промзоны, дымовых газов, обеспечения пожаровзрывобезопасных условий производства (в генераторах с водородным охлаждением, электролизных).

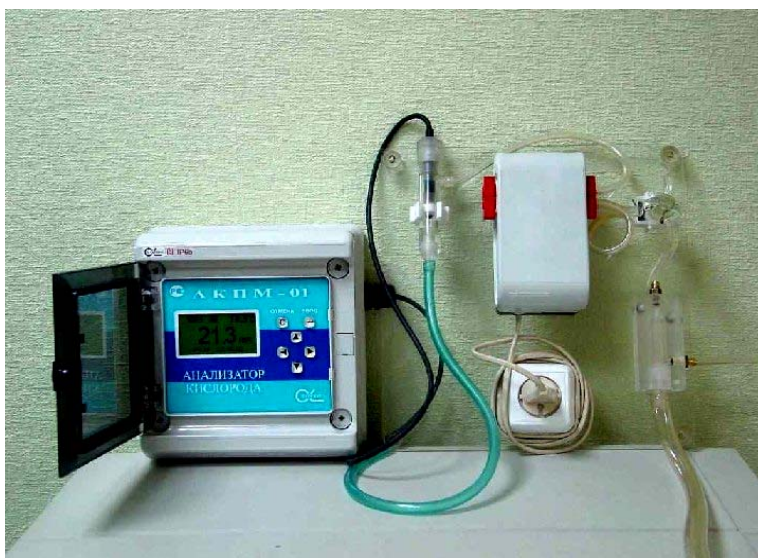


Рис. 2.2. Внешний вид анализатора АКПМ-1-01Г.

Анализатор АКПМ-1-01Г также может применяться в медицине для измерений концентрации кислорода в дыхательных газах в комплекте аппаратов искусственной вентиляции легких (ИВЛ), наркозно-дыхательной аппаратуре, гипоксикаторах и концентраторах кислорода, в аппаратах для выхаживания новорожденных, в барокамерах и центрах гипербарической оксигенации.

Анализатор АКПМ-1-01Г в комплекте с АСрО₂-04 и проточной измерительной камерой ИКПЖ предназначен для измерений концентрации кислорода в потоке жидкостей, в том числе в микро-граммовом диапазоне концентраций. Применяется при аналитическом контроле и управлении



процессами водохим-подготовки в тепло-энергетике - ТЭЦ, ГРЭС, АЭС, теплосети, котельных, а также в химической, нефтяной, пищевой промышленности, в фармацевтике и др. областях народного хозяйства. Находит применение при сертификации лекарственных препаратов и продуктов питания.

Рис. 2.3. Внешний вид анализатора АКПМ-1-01Г

Анализатор АКПМ-1-01П в комплекте с АСрО₂-05 предназначен для измерений концентрации кислорода в природных и сточных водах на глубине. Применяется в системах автоматического управления процессами биологической очистки сточных вод на очистных сооружениях и станциях аэрации. Анализаторы также предназначены для использования в практике санитарноэпидемиологических станций (СЭС), в организациях Госкомприроды, в лабораториях контроля качества воды, в жилищно-коммунальных хозяйствах (ЖКХ), в рыбных хозяйствах, в научно-исследовательских институтах и других учреждениях при решении разнообразных научных и прикладных задач в области океанологии, геологии, геохимии, охраны окружающей среды и т.д. Применяются также на станциях экологического мониторинга.



Рис. 2.4. Внешний вид анализатора АКПМ-1-01П

Анализатор АКПМ-1-01Б в комплекте с АСрО₂-06 предназначен для измерений концентрации кислорода в культуральных жидкостях микробиологических и биотехнологических производств. Применяется для решения задач аналитического контроля кислорода в биотехнологии, пищевой и фармацевтической промышленности, а также в особо чистых химических производствах. АСрО₂-06 выдерживают неограниченное количество циклов стерилизации острым паром при T=143 °С и P=3 ати. Сенсоры могут устанавливаться в ферментеры и биореакторы отечественного и импортного производств.



Рис. 2.5. Внешний вид анализатора АКПМ-1-01Б.

3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ И ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ АНАЛИЗАТОРА.

Внимание! После транспортирования в условиях отрицательных температур анализаторы должны быть выдержаны в транспортной таре при нормальных условиях не менее 4 часов. При отправке анализатора по почте в зимнее время года амперометрические сенсоры не заполняются раствором электролита, о чем делается соответствующая запись на стр. 2 настоящего руководства. В этом случае Вам необходимо выполнить операции п. 3.3

Если Ваш сенсор заполнен раствором электролита, то не требуется выполнять операции по доливке электролита или замене мембранного колпачка.

3.1. Если транспортирование анализатора осуществлялось в зимнее время года (см. стр. 2), выполните операции п. 3.3. настоящего руководства. **Если Ваш АС заполнен раствором электролита (см. запись на стр. 2), то переходите к выполнению п. 3.3.6.**

3.2. Внешний вид амперометрических сенсоров.

Амперометрические сенсоры (АС) выпускаются в нескольких вариантах исполнения (см. п. 4). Внешний вид АС показан на рис. 3.

Сенсор АСрО₂-01 – поставляется в комплекте с АКПМ-1-01Л

Сенсор АСрО₂-03 - поставляется в комплекте с АКПМ-1-01Г

Сенсор АСрО₂-04 – поставляются в комплекте с АКПМ-1-01Т.

Эти сенсоры имеют одинаковые габаритные и присоединительные размеры и отличаются внутренними параметрами. Параметры каждого сенсора оптимизированы для каждой области применения АКПМ-1-01 и выбраны с учетом особенностей решения конкретных задач аналитического контроля кислорода. Сенсоры АСрО₂-01 в основном используются для определения БПК и поставляются со стандартной

скляжкой БПК.

Рис. 3.1. Внешний вид амперометрических сенсоров АСрО₂-01, АСрО₂-03 и АСрО₂-04

Сенсоры АСрО₂-03 и АСрО₂-04 поставляются с измерительной камерой (ИК). Для того, чтобы достать сенсор из ИК, необходимо сначала открутить накидную гайку, а затем осторожно достать сенсор.

Рис.3.2. Внешний вид сенсора в измерительной камере.





Сенсор АСrO₂-05 поставляется в комплекте с анализатором АКПМ-1-01П. Он установлен в герметичной ячейке из нержавеющей стали и рассчитан на проведение измерений на глубинах до 20 м. Типовая длина кабеля АСrO₂-05 составляет 6 м.

При необходимости проведения измерений на глубинах более 6 м, длину кабеля необходимо уточнить при заказе.

Рис. 3.3. Внешний вид амперометрического сенсора погружного типа АСrO₂-05 в герметичной ячейке.



Для того, чтобы достать сенсор из герметичной ячейки необходимо сначала открутить нижний корпус.

Затем, левой рукой берутся за верхний корпус, правой за сенсор, и осторожно достают сенсор из верхнего корпуса.

Рис. 3.4. Внешний вид АСrO₂-05 без нижнего корпуса.

Примечание. АСrO₂-05 уплотняется в верхнем корпусе посредством уплотнительного кольца. Поэтому, для того чтобы достать АС из верхнего корпуса, необходимо приложить небольшое усилие для преодоления сил трения. Старайтесь усилие прикладывать вдоль оси АС не прикасаясь к мембране, закрепленной на торцевой поверхности мембранного колпачка. Если сенсор «прилип» в месте уплотнения, попробуйте повернуть его вокруг оси по часовой стрелке относительно верхнего корпуса. В дальнейшем смазывайте места уплотнения сенсора вазелином или вакуумной смазкой.



Рис. 3.5. Внешний вид АСrO₂-05 без герметичной ячейки.

Амперометрические сенсоры АСrO₂-06 выпускаются в нескольких вариантах исполнения (см. таблицу на рис. 3.8). Внешний вид амперометрических сенсоров показан на рис. 3.6.



Сенсоры АСрО₂-06 поставляются в комплекте с анализатором АКПМ-1-01Б. Они выполнены в корпусах из нержавеющей стали и имеют универсальные типоразмеры для их установки в ферментеры и биореакторы отечественного и зарубежного производств. Эти сенсоры выдерживают неограниченное количество циклов стерилизации острым паром при T=143 °C и P=3 ати.

Рис. 3.6. Внешний вид стерилизуемых амперометрических сенсоров АСрО₂-06.

3.3. Замена мембранного колпачка, заливка раствора электролита.

Если требуется залить раствор электролита (см. стр. 2) или заменить мембранный колпачок, достаньте сенсор из измерительной камеры или герметичной ячейки, затем выполните операции п.п. 3.3.1.-3.3.5.

3.3.1. Открутите гайку сенсора и аккуратно достаньте электродный ансамбль из мембранного колпачка (см. рис. 3.7).

ВНИМАНИЕ

Не прикасайтесь к электродной системе и стеклянной гильзе руками. Даже незначительное загрязнение внутренних элементов сенсора отрицательно сказывается на его работе.

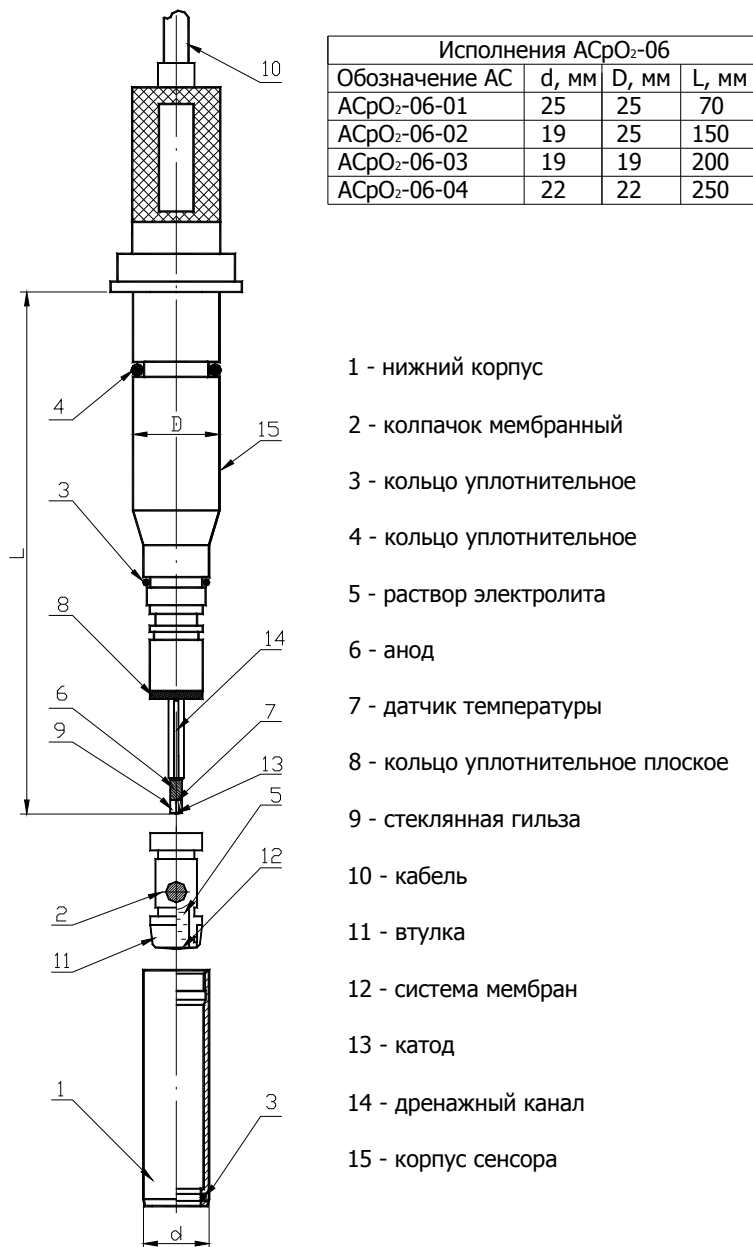
Примечание. Если электродный ансамбль прилип к колпачку, то, по-видимому, в нем высох раствор электролита. В этом случае залейте с помощью шприца 1 – 2 мл дистиллированной воды в зазор между колпачком и электродным ансамблем. Через 2-3 часа закристаллизовавшиеся соли растворятся, и Вы без усилий достанете электродный ансамбль.

3.3.2. Промойте электродный ансамбль в дистиллированной воде, осторожно удалите остатки влаги фильтровальной бумагой и положите его на салфетку. Промойте колпачок дистиллированной водой и стряхните оставшуюся в нем влагу.



Рис. 3.7. Внешний вид АСрО₂ без мембранного колпачка.

Для замены мембранного колпачка 2 в стерилизуемом сенсоре АСрО₂-06 (см. рис.3.8) сначала открутите нижний корпус 1, затем снимите мембранный колпачок 2 (см. рис. 3.8).



Примечание. В верхней части мембранного колпачка установлено герметизирующее кольцо, поэтому необходимо приложить небольшое усилие вдоль оси сенсора для преодоления сил трения. Если колпачок «прилип» в месте уплотнения, то попробуйте провернуть его вокруг оси. Промойте электродный ансамбль дистиллированной водой, осторожно удалите остатки влаги фильтровальной бумагой и положите его на салфетку. Промойте колпачок дистиллированной водой и стряхните оставшуюся в нем влагу.

Рис. 3.8. Внешний вид ACSrO₂-06.

3.3.3. С помощью флакона – капельницы залейте в старый или новый мембранный колпачок 1-2 мл раствора электролита, не доливая 1-2 мм до первого буртика на колпачке (см. рис. 3.7 и 3.8).

Примечание. Раствор электролита представляет собой гелеобразный буферный раствор с нейтральным рН. Поэтому при его заливке на поверхности мембраны или стенках колпачка возможно образование пузырьков воздуха. Для их удаления слегка постучите по колпачку сбоку и оставьте его в вертикальном положении на 5 минут. Оставшиеся пузырьки воздуха всплывут на поверхность. Посмотрите еще раз, нет ли в растворе электролита пузырьков воздуха.

3.3.4 Сборку сенсоров ACSrO₂-01 – ACSrO₂-05 проводите следующим образом:

1. Сдвиньте резиновое кольцо на боковой поверхности мембранного колпачка на 1-2 мм ниже дренажного отверстия (см. рис. 3.7 и 4.2).
2. Возьмите электродный ансамбль и медленно вставьте его в мембранный колпачок в вертикальном положении. Избыток раствора электролита должен выступить через дренажное отверстие 14 (см. рис.4.2).
3. Закрутите гайку в мембранный колпачок до упора. Торцовая часть электродного ансамбля должна натянуть мембрану на колпачке в виде зонтика.
4. Удалите остатки влаги с боковой поверхности колпачка и сдвиньте резиновое кольцо на дренажное отверстие.
5. Установите сенсор в измерительную камеру (см. рис. 3.9) и закрутите накидную гайку до упора (см. рис. 3.10 и рис. 3.2)



Рис. 3.9. Установка $ASrO_2$ в измерительную камеру

При установке $ASrO_2-05$ в герметичную ячейку сначала осторожно вставьте сенсор в верхний корпус ячейки (см. рис. 3.4), а затем закрутите нижний корпус до упора (см. рис. 3.3).

Примечание. Перед сборкой $ASrO_2-05$ рекомендуется смазать вазелином или вакуумной смазкой герметизирующие кольца, расположенные в верхнем корпусе.



Рис. 3.10. Фиксация $ASrO_2$ в измерительной камере

- 3.3.5. Сборку сенсора $ASrO_2-06$ (см. рис. 3.8) проводите следующим образом:
1. Убедитесь в наличии герметизирующего кольца 8 на боковой поверхности электродного ансамбля.
 2. Возьмите металлический корпус с электродным ансамблем и медленно вставьте в мембранный колпачок 2 в вертикальном положении (рис.

- 3.8). Избыток раствора электролита должен выступить через дренажный канал 14 на боковой поверхности электродного ансамбля.
3. Удалите салфеткой выступившие капли электролита с боковой поверхности колпачка.
 4. Закрутите нижний корпус 1 сенсора до упора. Торцовая часть электродного ансамбля должна натянуть систему мембран на колпачке в виде зонтика.

3.6. Подсоедините вилку шнура анализатора к сети переменного тока 220В с частотой 50 Гц.

После включения анализатора на его дисплее сначала появится эмблема Фирмы «Альфа БАССЕНС», а затем начнется процесс самодиагностики, который длится от 3 до 5 минут. После завершения процесса самодиагностики анализатор переходит в режим измерений.

4. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АНАЛИЗАТОРА

4.1. Описание свойств и конструкции и анализатора.

Внешний вид анализатора представлен на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Внешний вид анализатора кислорода АКПМ-1-01.

1. Замок с ключом.
2. Прозрачная крышка-дверца.
3. Винты, соединяющие верхний и нижний отсеки анализатора.
4. Корпус анализатора.
5. Графический дисплей.
6. Клавиатура.
7. Монтажные петли.
8. Гермоввод.
9. Амперометрический сенсор.

Анализатор состоит из измерительного устройства и амперометрического сенсора. Измерительное устройство имеет прочный, литой

Научно-производственная фирма "БИОАНАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕНСОРЫ"
АНАЛИЗАТОР КИСЛОРОДА АКПМ-1-01

пылевлагодонепроницаемый корпус 4 степени защиты IP-65. Прочная прозрачная крышка 2 анализатора герметично закрывает лицевую панель анализатора и может запирается на ключ для предотвращения несанкционированного доступа к анализатору. На лицевой панели анализатора расположен графический дисплей 5 и клавиатура 6. Дисплей и кнопки клавиатуры имеют подсветку, что облегчает пользование анализатором в затемненных помещениях. Корпус анализатора состоит из двух отсеков, герметично соединенных между собой с помощью четырех винтов 3, расположенных под прозрачной крышкой. Два винта, расположенные слева, совмещены с петлями, на которых откидывается верхний отсек. В нижнем отсеке расположены клеммники для подключения кабелей питания, токового выхода, «сухих контактов» и RS-канала (RS-232 или RS-485). Для герметичного ввода кабелей токового выхода и «сухих контактов» в нижней боковой стенке нижнего отсека имеются специальные резиновые переключки. Ввод кабелей амперометрического сенсора и RS-канала осуществляется через отверстия в правой боковой стенке нижнего отсека с помощью гермовводов 8, установленных на данных кабелях. Благодаря такому решению обеспечивается надежная защита от возможного попадания влаги внутрь корпуса. Для крепления анализатора на щите или «по месту» предназначены четыре монтажные петли, располагаемые на тыльной стороне корпуса.

В зависимости от варианта исполнения анализатора (см. п. 2) и задачи исследования амперометрический сенсор может устанавливаться в измерительную камеру, стандартную склянку БПК или непосредственно «по месту», например, в биореактор, ферментер, трубопровод, аэротенк и т.д.

Анализатор работает под управлением микроконтроллера и имеет простой и удобный для Пользователя программный интерфейс. Большой графический дисплей и клавиатура из шести клавиш позволяют Пользователю управлять работой анализатора, осуществлять различные виды настроек и калибровок, записывать и выводить информацию на дисплей анализатора, компьютер и др. внешние устройства. Управление анализатором очень просто и сводится к выбору нужных опций в меню и ответам на вопросы, высвечиваемые на дисплее, с помощью двух клавиш «Да» (Ввод) и «Нет» (Сброс). Функцией остальных четырех клавиш является перемещение курсора на дисплее анализатора или установка вводимых цифр подобно клавишам «больше» «меньше». Алгоритмы управления построены таким образом, что анализатор «ведет» оператора, исключая возможные ошибки в его работе.

Интерфейс Пользователя и программное обеспечение реализуют выполнение следующих функций и режимов работы анализатора:

- усиление сигналов амперометрического сенсора и встроенного датчика температуры, их преобразование и отображение на дисплее;
- самодиагностику работоспособности анализатора и амперометрического сенсора;
- выбор измеряемой величины: парциального давления кислорода, процентного содержания или массовой концентрации;

- выбор удобной для оператора единицы измерения с возможностью последующих переходов в другие единицы;
- калибровку анализатора по поверочным газовым смесям, автоматическую калибровку по атмосферному воздуху насыщенному парами воды и специальные калибровки для обеспечения измерений в неводных средах: соки, пиво, культуральные жидкости, органические жидкости и т.п.;
- настройку стандартного токового выхода (0–5, 0–20, 4–20 мА) на требуемый диапазон измерения с возможностью автоматического изменения масштаба шкалы самописца в случае превышения верхнего предела измерения с одновременной аварийной сигнализацией;
- установку верхнего и нижнего пределов срабатывания сигнализации с автоматическим определением зоны гистерезиса и передачей управляющих сигналов с помощью «сухих контактов»;
- возможность внесения коррекции в показания анализатора в зависимости от барометрического давления и солености;
- автоматическое устранение систематических погрешностей измерений, обусловленных эффектом «охлаждения мембраны» и «потреблением» кислорода самим АС;
- передачу информации на контроллер или персональный компьютер (ПК) с помощью цифровых каналов RS-232 или RS-485;
- протоколирование отсчетов показаний анализатора во внутреннюю энергонезависимую память с задаваемым периодом, возможность передачи запроотоколированных данных на ПК и вывода на дисплей анализатора в табличном или графическом виде;
- запись отсчетов показаний анализатора по команде с клавиатуры в электронный блокнот с возможностью их передачи на ПК и вывода на дисплей анализатора;
- вычисление величины БПК по результатам измерений с учетом разведения согласно методике ПНДФ 14.1:2:3.4.123-97.

Каждый из вариантов исполнения анализатора АКПМ-1-01 ориентирован на конкретные области народного хозяйства и конкретные задачи аналитического контроля кислорода. В зависимости от области применения и задачи исследования анализатор комплектуется специально разработанным амперометрическим сенсором. Благодаря универсальности анализатора АКПМ-1-01 каждый сенсор совместим с измерительным устройством анализатора.

4.2. Описание свойств и конструкции амперометрических сенсоров.

Амперометрические сенсоры, используемые в анализаторе АКПМ-1-01, по своим функциональным возможностям делятся на два типа: сенсоры парциального давления кислорода ($АСрО_2$) и сенсоры концентрации растворенного кислорода ($АСсО_2$) [1,2].

Амперометрические сенсоры парциального давления кислорода ($АСрО_2$) могут применяться для анализа как газообразных, так и жидких сред. Такие сенсоры обладают высокой селективностью к кислороду и не подвержены

влиянию других электрохимически активных газов, ионов, биологических молекул и окислительно-восстановительных систем, присутствующих в анализируемой среде. Прототипом $ASrO_2$ является электрод Кларка [3]. ООО «Фирма «Альфа БАССЕНС» выпускает шесть модификаций $ASrO_2$, конструкции которых разработаны с учетом особенностей и специфики проведения измерений в различных областях народного хозяйства при решении разнообразных задач аналитического контроля кислорода. Конструктивные параметры и материалы элементов каждого варианта исполнения сенсора оптимизированы, что обеспечило анализаторам кислорода АКПМ-1-01 лучшие метрологические и эксплуатационные характеристики по сравнению с известными зарубежными и отечественными аналогами. $ASrO_2$ обладают очень низким потреблением кислорода из анализируемой среды. Благодаря этому свойству обеспечивается «неразрушающий контроль» анализируемой жидкости и достигается высокая надежность и достоверность результатов измерений. Сенсоры этого типа калибруются по атмосферному воздуху, долговечны, просты и недороги в эксплуатации. Такие сенсоры в комплекте АКПМ-1-01 могут использоваться для анализа кислорода в газах, в пресных и соленых водах. При измерениях в соленых водах в анализаторе АКПМ-1-01 предусмотрена возможность внесения коррекции на соленость. Поправка на соленость должна вноситься по результатам кондуктометрических измерений в пересчете на NaCl. Амперометрические сенсоры $ASrO_2$ в комплекте АКПМ-1-01 могут также использоваться для измерений массовой концентрации кислорода в культуральных жидкостях биотехнологических производств, пиве, вине, молоке, соках и др. жидкостях. Для проведения таких измерений в анализаторе АКПМ-1-01 предусмотрена методика специальной калибровки сенсора по атмосферному воздуху. Следует заметить, что такие измерения будут проводиться с меньшей точностью по сравнению с измерениями концентрации кислорода в водных растворах. Это объясняется тем, что сигнал $ASrO_2$ прямо пропорционален парциальному давлению кислорода, а температурные зависимости коэффициентов растворимости кислорода в этих жидкостях не являются достоверно установленными. Более адекватными данной задаче исследования являются амперометрические сенсоры концентрации растворенного кислорода $AScO_2$.

Амперометрические сенсоры концентрации растворенного кислорода ($AScO_2$) могут применяться для анализа жидких сред с неизвестными коэффициентами растворимости кислорода. Сенсоры этого типа, обладая теми же достоинствами что и $ASrO_2$, отличаются своими функциональными свойствами, а именно, измерительный сигнал $AScO_2$ прямо пропорционален массовой концентрации растворенного кислорода в анализируемой жидкости. Для этого типа сенсоров не требуется внесение коррекции на температурную зависимость коэффициента растворимости кислорода в исследуемой жидкости. Калибровка таких сенсоров может проводиться по дистиллированной воде и солевым растворам, насыщенным кислородом воздуха. Приоритет создания

АС, работающих в режиме измерения массовой концентрации кислорода, принадлежит фирме «Альфа БАССЕНС».

Конструкция АСрО₂-01 является базовой моделью амперометрических сенсоров парциального давления кислорода. Внешний вид АСрО₂-01 показан на рис. 4.2.

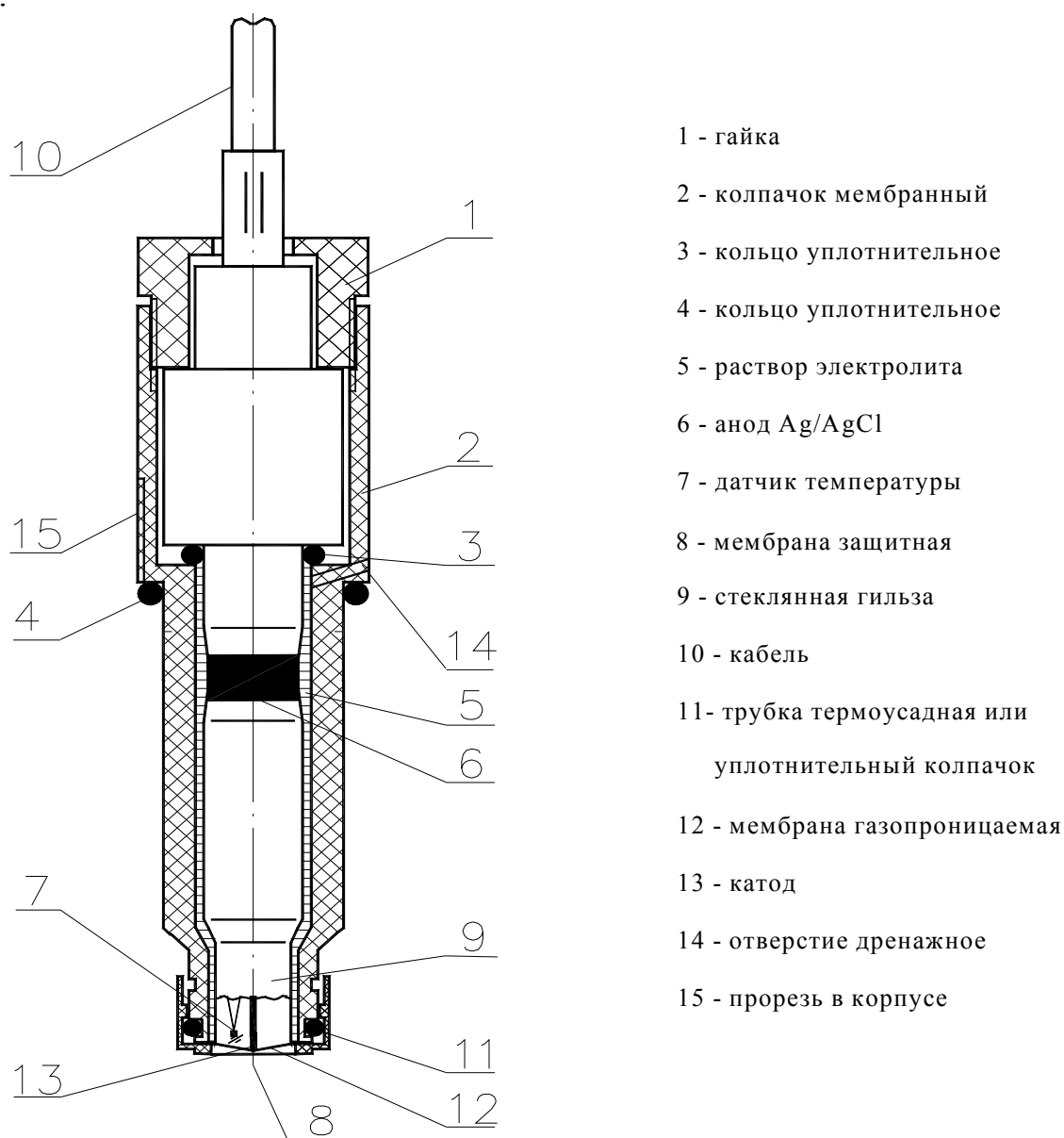


Рис. 4.2. Внешний вид АСрО₂-01, АСрО₂-03 и АСрО₂-04.

АСрО₂-01 представляет собой электролитическую ячейку, образованную электродной системой - катодом 13 и хлорсеребряным анодом 6, погруженными в раствор электролита 5. Электрохимическая ячейка расположена в корпусе 2 и отделена от анализируемой среды газопроницаемой мембраной 12. Электродная система закреплена в стеклянной цилиндрической гильзе 9 так, что катод 13 расположен вдоль ее оси и контактирует с раствором электролита 5 со стороны торцевой части гильзы 9, а хлорсеребряный анод 6 расположен на боковой поверхности гильзы 9. Газопроницаемая мембрана 12

закреплена на торцовой части корпуса 2. Герметизация электролитической ячейки осуществляется с помощью уплотнительного кольца 3 и гайки 1. На боковой поверхности корпуса 2 имеется дренажное отверстие 14 для удаления избытка раствора электролита 5. Анализаторы на базе амперометрического сенсора $ASrO_2-01$ снабжены системой термокомпенсации, вводимой на свойства газопроницаемой мембраны и/или температурную зависимость растворимости кислорода в воде. Датчик температуры 7 впаян в торцовую часть стеклянной гильзы 9. Расположение датчика температуры 7 и катода 13 в непосредственной близости от анализируемой жидкости обеспечивают высокую точность и экспрессность измерений. Такое расположение датчика температуры 7 позволяет исключить ошибки при калибровке сенсора по атмосферному воздуху, возникающие из-за «охлаждения» мембраны вследствие испарения влаги с ее поверхности. Сходство постоянных времени ответа амперометрического сенсора на изменения концентрации кислорода и температуры анализируемой жидкости позволяет снизить динамическую погрешность измерений и обеспечить высокую точность термокомпенсации. $ASrO_2-01$ может устанавливаться в проточную измерительную камеру и в стандартные склянки БПК–150-29/32-14/23 (Производитель - ООО "Стеклолабсервис", г. Клин, М.О., шифр при заказе 560). Благодаря малому потреблению кислорода амперометрическим сенсором, он может использоваться для «in vitro» измерений.

Конструкция $ASrO_2-02$ отличается от базовой модели $ASrO_2-01$ конструкцией, позволяющей проводить измерения в микропробах (50 мкл). В этом случае $ASrO_2-02$ устанавливается в измерительную камеру для «микроанализа» (ИКМА).

Конструкция $ASrO_2-03$ отличается от модели $ASrO_2-01$ повышенной чувствительностью и предельно низкой величиной остаточного тока.

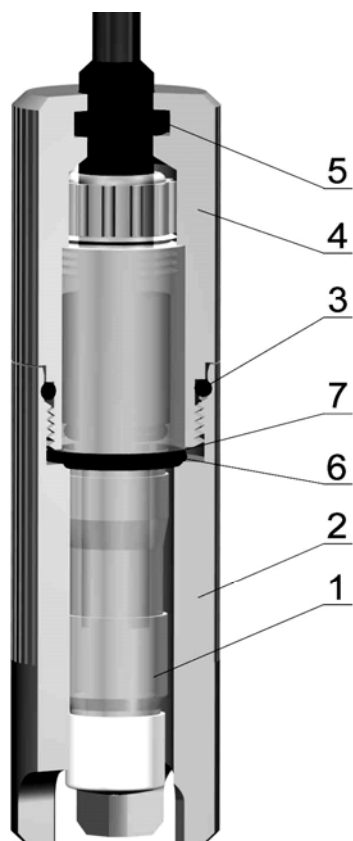
Конструкция $ASrO_2-04$ отличается от модели $ASrO_2-03$ наличием дополнительной защитной мембраны 8 (см. рис. 4.2), расположенной на внешней поверхности газопроницаемой мембраны 12. Наличие мембраны 8 обеспечивает дополнительную степень защиты электродной системы и газопроницаемой мембраны 12 от повреждений, вызванных перепадами давлений в анализируемой жидкости и наличием в ней твердых частиц. Кроме того, благодаря защитной мембране 8, снижается зависимость показаний от скорости потока анализируемой жидкости.

Благодаря этим свойствам $ASrO_2-03$ и $ASrO_2-04$ нашли широкое применение в теплоэнергетике и промышленности при определении следовых количеств кислорода в жидкостях, например, при автоматическом химконтроле процессов водоподготовки на ТЭЦ, ГРЭС, АЭС и теплосетях. Для решения этих задач $ASrO_2-03$ и $ASrO_2-04$ устанавливаются в проточные измерительные камеры, снабженные встроенным обратным клапаном (см. рис. 3.2). Высокие метрологические характеристики, свойственные этим сенсорам, обеспечили «неразрушающий» контроль анализируемой пробы, что позволило отказаться от переливных устройств и стабилизаторов расхода, традиционно применяемых

в аналогичных приборах зарубежного и отечественного производства. Другой важной особенностью сенсоров АСрО₂-03 и АСрО₂-04, выгодно отличающей анализатор АКПМ-1-01Т от известных аналогов, является независимость показаний от присутствия в анализируемой жидкости растворенного молекулярного водорода (продукта коррозии). В анализаторе АКПМ-1-01Т впервые реализованы уникальные методики расчета и алгоритмы внесения термокомпенсаций, учитывающие явления двойной сорбции кислорода, недавно обнаруженные в микрограммовой области концентраций [4,5].

Конструкция АСрО₂-05 отличается от базовой модели АСрО₂-01 тем, что амперометрический сенсор устанавливается в герметичную ячейку, предназначенную для проведения измерений кислорода на глубине до 20 м. Внешний вид АСрО₂-05 показан на рис. 4.3.

Герметичная ячейка, состоящая из корпуса 2 (см. рис. 4.3) и гайки 4, изолирует амперометрический сенсор 1 от анализируемой жидкости с помощью уплотнительных колец 3, 5 и 6. При закручивании гайки 4 до упора кольцо 6 деформируется и герметизирует дренажное отверстие 7. Корпус 2, выступающий за пределы АСрО₂-05, защищает чувствительную часть сенсора от возможных ударов о дно водоема или твердые предметы. В нижней части корпуса 2 выполнены четыре окна, через которые пузырьки воздуха свободно выходят при погружении сенсора на глубину. Сферическая форма чувствительной поверхности АСрО₂-05 также способствует свободному удалению пузырьков воздуха, поднимающихся вверх в процессе аэрации. Малое потребление кислорода электродной системой АСрО₂-05 и достаточно большие окна в нижней части корпуса 2 позволяют использовать АКПМ-1-01П для измерений кислорода как в перемешиваемых, так и в неподвижных жидкостях. Наибольшее распространение анализаторы АКПМ-1-01П получили на станциях аэрации и биологической очистки сточных вод, в рыбоводческих хозяйствах и при экологическом мониторинге природных и сточных вод. Анализаторы АКПМ-1-01П могут также использоваться для определения БПК. Для проведения таких измерений необходимо открутить гайку 4 и достать АСрО₂-05 из корпуса 2. При проведении измерений БПК в стандартных склянках гайка 4 может оставаться на сенсоре (см. рис. 3.4).



1. Амперометрический сенсор.
2. Защитный корпус.
3. Кольцо уплотнительное.
4. Защитная гайка.
5. Кольцо уплотнительное.
6. Кольцо уплотнительное.
7. Дренажное отверстие.

Рис. 4.3. Внешний вид АСрО₂-05 погружного типа.

Модификация сенсора АСрО₂-06 отличается от базовой модели АСрО₂-01 тем, что его конструкция выполнена из материалов выдерживающих температуру 143 °С и избыточное давление 3 атм. Благодаря этому конструкция АСрО₂-06, показанная на рис. 3.8, выдерживает неограниченное количество циклов стерилизации острым паром. Электродная система сенсора, состоящая из анода 6, катода 13 и раствора электролита, размещена в колпачке 2 из пластмассы, устойчивой к высоким температурам и давлениям. На торцевой поверхности колпачка 2 закреплена система мембран 12, выдерживающая перепады давления, возникающие в процессе стерилизации сенсора острым паром. С этой целью на боковой поверхности мембранного колпачка 2 также расположен компенсатор давления. Благодаря резиновым кольцам 3, 4, и 8 обеспечивается герметизация электродной системы сенсора при навинчивании нижнего корпуса 1 на корпус сенсора 15. На корпусе 15 сенсора закреплён разъем для подключения кабеля 10, соединяющего сенсор с измерительным устройством АКПМ-1-01. Сенсоры АСрО₂-06 выпускаются в нескольких вариантах исполнения, отличающихся габаритными и присоединительными размерами. Унифицированные размеры АСрО₂-06 позволяют использовать эти сенсоры для аналитического контроля кислорода в биологических жидкостях в

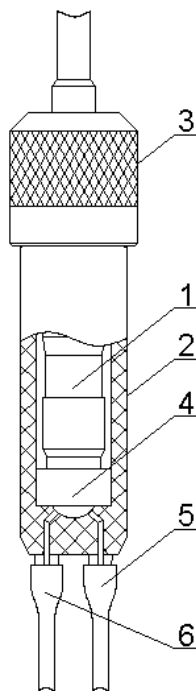
ферментерах и биореакторах отечественного и зарубежного производства. Обозначения и унифицированные размеры вариантов исполнения сенсоров АСрО₂-06 при заказе и в документации другого изделия приведены в таблице на рис. 3.8.

4.3. Описание конструкции измерительных камер.

Для решения ряда конкретных задач аналитического контроля кислорода фирмой «Альфа БАССЕНС» выпускаются несколько модификаций измерительных камер.

Измерительная камера для микроанализа (ИКМА)

показана на рис. 4.4. Амперометрический сенсор 1 устанавливается в корпус 2 измерительной камеры и фиксируется в ней с помощью гайки 3. Чувствительная часть



1. Амперометрический сенсор.
2. Корпус измерительной камеры.
3. Гайка.
4. Уплотнительный колпачок.
5. Входной штуцер.
6. Выходной штуцер.

Рис.4.4. Измерительная камера для микроанализа.

сенсора герметизируется с помощью уплотнительного резинового колпачка 4 при закручивании гайки 3. Для ввода анализируемой пробы предусмотрен входной штуцер 5, а для выхода штуцер 6. С помощью ИКМА можно проводить измерения в микрообъемах жидкостей (50 мкл) и газов. С помощью данной камеры можно также проводить измерения в микропробах крови.

Измерительные камеры для анализа в потоке газов (ИКПГ) и в потоке жидкостей (ИКПЖ) показаны на рис. 3.2, рис. 3.9 и рис. 3.10. Конструкции этих измерительных камер отличаются от ИКМА расположением входного и выходного штуцеров, а также способом герметизации АС.

Конструкция ИКПЖ отличается от ИКПГ наличием обратного клапана, расположенного в нижней части измерительной камеры (см. рис. 4.5).



Рис. 4.5. Обратный клапан в ИКПЖ

Обратный клапан устанавливается на нижний штуцер, который закручивается в измерительную камеру (см. рис. 4.6).



Рис. 4.6. Установка обратного клапана на штуцер

В данных конструкциях электродная система АС герметизируется с помощью кольца 4 (см. рис. 4.2), установленного на боковой поверхности мембранного колпачка 2. При закручивании гайки (см. рис. 3.10) резиновое кольцо 4 (см. рис. 4.2) перекрывает дренажное отверстие 14 в корпусе АС. Для крепления измерительных камер на щите или «по месту» предусмотрен специальный держатель, входящий в комплект поставки. Присоединительные штуцера рассчитаны на подводящие трубки из ПВХ с внутренним диаметром 6 мм. На линии входа может устанавливаться фильтр, защищающий АС от твердых частиц присутствующих в анализируемой жидкости или газе.

Измерительная камера для анализа дыхательных газовых смесей (ИКДГ) отличается от ИКМА тем, что ее входной и выходной штуцер имеют унифицированные размеры F22. Благодаря этому ИКДГ с АСрО₂-03 может устанавливаться в дыхательный контур аппаратов искусственной вентиляции легких, наркозно-дыхательной аппаратуры, гипоксикаторов и в др. аппараты медицинского назначения.

4.4. Принцип работы анализатора.

Работа анализатора основана на поляризации катода напряжением – 0.6 В относительно вспомогательного электрода и измерении тока деполяризации, возникающего в результате диффузии кислорода из исследуемой среды, и последующей электрохимической реакции его восстановления, протекающей по схеме



Сигналы АС и датчика температуры усиливаются в предварительном усилителе, нормируются и оцифровываются. После расчетов и внесения автоматической коррекции на температурную зависимость коэффициента проницаемости кислорода в газопроницаемой мембране и/или температурную зависимость коэффициента растворимости кислорода в воде, результат

отображается на дисплее анализатора в выбранной оператором единице измерения. Одновременно результат измерения может выводиться в аналоговой форме через токовый выход 0 – 5, 0 –20 или 4 –20 мА, а также через цифровые порты RS-232 или RS-485. Результаты измерений могут также записываться во внутреннюю энергонезависимую память в режимах протоколирования и электронного блокнота.

5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

5.1. Общие сведения об измеряемых величинах и единицах измерения.

Результатом аналитического контроля кислорода в газах принято считать его парциальное давление (p_{O_2}) или концентрацию (c_{O_2}). Под парциальным давлением кислорода в газовой смеси понимают ту часть общего давления, измеряемую обычно в мм.рт.ст. или кПа, которая приходится на молекулы кислорода. Парциальное давление кислорода в воздухе зависит от барометрического давления (B) и давления водяных паров, т.е. от влажности воздуха. Поэтому при калибровке по атмосферному воздуху анализатор запрашивает значение атмосферного давления, а воздух делают насыщенным парами воды во избежание неопределенности в определении уровня влажности. Режим калибровки по атмосферному воздуху, при котором автоматически учитывается зависимость давления насыщенных водяных паров от температуры, назван режимом автокалибровки.

Для измерения концентрации кислорода в газах обычно используют величину «процентное содержание кислорода», а в качестве единицы измерения - объемные проценты (об. %).

Результатом аналитического контроля кислорода в жидкостях принято считать его парциальное давление (p_{O_2}) или концентрацию (c_{O_2}), измеряемые обычно в мм.рт.ст. или кПа. Парциальное давление кислорода в жидкости равно парциальному давлению кислорода в газовой фазе, с которой жидкость находится в состоянии динамического равновесия. Автокалибровку анализатора проводят по атмосферному воздуху, насыщенному парами воды. При переходе в режим измерений в жидкости систематическая ошибка измерения, известная в литературе как коэффициент «Жидкость-газ», автоматически компенсируется.

Для измерения концентрации кислорода в жидкостях обычно используют величину массовой концентрации кислорода, выраженную в мг/л, мкг/л или ppm. В данном виде измерений АКПМ-1-01 вносит двойную температурную компенсацию, учитывающую как диффузионные свойства газопроницаемой мембраны, так и температурную зависимость коэффициента растворимости кислорода в воде. При этом также компенсируется систематическая ошибка измерений «Жидкость-газ». В тех случаях, когда измерения c_{O_2} проводятся в соленых водах, анализатор автоматически корректирует результаты измерения в соответствии с соленостью, заданной в пересчете на NaCl.

Часто при проведении измерений в жидкостях результаты измерений выражают в процентах насыщения этой жидкости кислородом воздуха (% нас.). При этом имеется в виду, что максимально возможное насыщение составляет 100%. В данном режиме анализатор вносит температурную компенсацию на свойства газопроницаемой мембраны и систематическую погрешность измерений «Жидкость-газ». Для реализации измерения концентрации кислорода в этих единицах автокалибровку анализатора проводят по атмосферному воздуху, насыщенному парами воды.

Благодаря реализованным в анализаторе алгоритмам выбора и пересчета единиц измерений, Вы можете осуществлять переход из одной единицы измерения в другую без перекалибровки. Анализатор самостоятельно определит необходимость внесения тех или иных термокомпенсаций, выполнит все необходимые пересчеты, связанные с изменением измеряемой величины, единицы измерения и параметров калибровки. При этом настройка токового выхода и сигнализации автоматически изменятся в соответствии с выбранной Вами единицей измерения.

Анализатор АКПМ-1-01 может также применяться для измерений массовой концентрации кислорода в жидких средах, в которых температурные зависимости коэффициентов растворимости кислорода не являются достоверно установленными. К таким жидкостям относятся культуральные жидкости биотехнологических производств, пиво, вино, молоко соки, йогурты, органические жидкости, нефтепродукты и т.п. Для проведения измерений в таких средах в анализаторе АКПМ-1-01 предусмотрена методика «специальной калибровки» сенсора по атмосферному воздуху. Следует заметить, что измерения CO_2 в данном режиме будут проводиться с меньшей точностью по сравнению с измерениями в воде вследствие отсутствия достоверных сведений о температурных зависимостях коэффициентов растворимости кислорода в этих жидкостях. В данном режиме компенсируется только температурная зависимость проницаемости мембраны по кислороду. Если Ваш анализатор был откалиброван в режиме специальной калибровки, то некорректные переходы из одной единицы измерения в другую будут запрещены. В этом случае на дисплее появится сообщение: *«Измерения в этой единице будут не корректны. Выберите другую единицу измерения, либо перекалибруйтесь»*.

5.2. Общие сведения о калибровке анализатора.

Сигнал ASrO_2 является линейной функцией парциального давления кислорода. Поэтому для калибровки анализатора нужно иметь всего две точки: эталонную нулевую точку (например, “Ноль-раствор”, чистый азот, аргон или др.) и точку, определяемую средой с известным парциальным давлением кислорода, например, атмосферный воздух или поверочную газовую смесь (ПГС). Понятно, что от точности калибровки зависит точность измерений. Так, например, при измерениях в области низких значений pO_2 точность анализа в большей степени зависит от точности калибровки нулевой точки, и наоборот,

точность измерений в области больших pO_2 в большей степени зависит от точности калибровки анализатора по воздуху.

Главными отличительными особенностями сенсоров, используемых в составе АКПМ-1-01, являются предельно низкое значение остаточного тока сенсора, его стабильность во времени и обеспечение «неразрушающего» контроля анализируемой жидкости. Характеристики сенсоров позволяют отказаться от необходимости калибровки нулевой точки в процессе эксплуатации и ограничиться проведением данной процедуры только при заводских регулировках и при поверках.

Для калибровки «верхней» точки при эксплуатации анализатора реализованы следующие виды калибровок:

- автоматическая калибровка по атмосферному воздуху;
- специальная калибровка.

Автокалибровка по атмосферному воздуху.

Для исключения ошибки калибровки, возникающей из-за изменений влажности атмосферного воздуха, автоматическую калибровку необходимо проводить в воздухе, насыщенном парами воды.

При проведении автоматической калибровки по атмосферному воздуху в анализаторе учитываются результаты измерения температуры мембраны с помощью встроенного в АС датчика температуры. После компенсации температурной зависимости ее проницаемости от кислорода рассчитывается уравнение калибровочной прямой, построенной в координатах: расчетное значение $(pO_2)_{\text{расч}}$ от истинного $(pO_2)_{\text{ист}}$ в калибровочной среде. Благодаря этому калибровка и измерение величины парциального давления (единицы измерения: мм.рт.ст., кПа) или процентного содержания кислорода (единицы измерения: об. %, %нас.) могут проводиться при температурах от 0 до 50 °С. При измерении кислорода в жидкостях в единицах массовой концентрации (мг/л, мкг/л, ppm) компенсируется также температурная зависимость коэффициента растворимости кислорода в воде. Поэтому измерение массовой концентрации кислорода в воде также могут проводиться при любой температуре в диапазоне от 0 до 50°С. Интеллектуальные алгоритмы АКПМ-1-01 позволят Вам проводить калибровку в любой выбранной единице измерения, а затем переходить в любую другую единицу измерения без повторной калибровки. Анализатор самостоятельно определит необходимость внесения тех или иных термокомпенсаций, выполнит все необходимые пересчеты, связанные с изменением как измеряемой величины, так и единицы измерения. Если измерения будут проводиться в водах с известным солесодержанием, анализатор также внесет коррекцию на соленость. Более того, в анализаторе АКПМ-1-01 впервые реализованы оригинальные алгоритмы расчета концентрации кислорода, основанные на результатах последних фундаментальных исследований механизмов и количественных закономерностей растворимости кислорода в соответствии с модельными представлениями, учитывающими явление «двойной сорбции» [4,5].

Специальная калибровка используется в тех случаях, когда требуется проводить измерения массовой концентрации кислорода в жидкостях, для которых температурные зависимости коэффициентов растворимости кислорода еще недостаточно точно установлены. Для проведения таких измерений (например, в нефтепродуктах, пиве, вине, культуральных жидкостях, соках, молочных продуктах и др.) с помощью сенсоров типа $ASpO_2$, необходимо проводить специальную калибровку по атмосферному воздуху. В отличие от автокалибровки в режиме специальной калибровки анализатор компенсирует только температурную зависимость проницаемости мембраны. В этом режиме некорректные переходы из одной единицы измерения в другую запрещены, о чем анализатор будет сообщать *«Измерения в этой единице будут не корректны. Выберите другую единицу измерения, либо перекалибруйтесь»*.

5.3. Общие сведения о введении коррекции результатов измерений.

5.3.1. Коррекция на изменение барометрического давления.

Измеряемые величины «Процентное содержание кислорода в газах» (об. %) и «Процент насыщения жидкости кислородом воздуха» (% нас.) не зависят от барометрического давления. Поэтому при измерении данных величин с помощью сенсора парциального давления необходимо следить за изменениями общего барометрического давления (В) с целью исключения его влияния. Если барометрическое давление отличается более чем 10 мм.рт.ст. от давления, имевшего место во время последней калибровки, то необходимо ввести новое значение. Для этого в режиме установки условий измерения необходимо ввести текущее значение барометрического давления. При этом не требуется проводить автокалибровку снова. Те же действия предпринимают для измерения содержания кислорода при повышенных давлениях, например, в барокамерах и сосудах, работающих при избыточном давлении.

При проведении измерений парциального давления кислорода или массовой концентрации кислорода в жидкостях, вводить коррекцию на изменение барометрического давления в промежутках между калибровками не следует, так как парциальное давление, на которое реагирует сенсор от общего барометрического давления не зависит.

5.3.2. Коррекция на соленость.

Известно, что с увеличением солености массовая концентрация кислорода в водных растворах уменьшается вследствие эффекта Сеченова. Поэтому при проведении измерений массовой концентрации кислорода (единицы измерения мг/л, мкг/л, ppm) в водах с содержанием солей более 1 г/л необходимо вводить коррекцию на соленость. Следует помнить, что различные соли по-разному «высаливают» кислород. Обычно коррекцию на соленость вводят по показаниям кондуктометра в пересчете на NaCl.

Более адекватным средством измерения концентрации кислорода в жидкостях с неизвестными коэффициентами растворимости являются $AScO_2$.

5.3.3. Коррекция систематической погрешности измерений: коэффициент «Жидкость-Газ».

При анализе жидкостей для $ASpO_2$ характерны систематические погрешности измерений. Природа подобных ошибок связана с неидеальностью $ASpO_2$ и подробно описана в [1,2,6]. Эти ошибки проявляются в разнице показаний $ASpO_2$ в газовой фазе и жидкости, находящейся с ней в состоянии динамического равновесия. В литературе [6] эта ошибка получила название коэффициент «жидкость-газ». Для наиболее совершенных конструкций $ASpO_2$ коэффициент «жидкость-газ» составляет от 2 до 6 % (т.е. показания $ASpO_2$ в жидкости меньше показаний $ASpO_2$ в газовой фазе на 2-6%). Для $ASpO_2$ -01, $ASpO_2$ -05 и $ASpO_2$ -06 коэффициент «жидкость-газ» не превышает 2,5 %. Для $ASpO_2$ -03 и $ASpO_2$ -04 величина коэффициента «жидкость-газ» не превышает соответственно 5 и 3,5 % при расходе анализируемой жидкости более чем 0.5 л/час. В анализаторе АКПМ-1-01 реализован алгоритм внесения компенсации систематической погрешности «жидкость-газ». Методика измерения и процедура внесения коррекции этой ошибки описана в Приложении 2 Паспорта.

5.3.4. Влияние скорости потока анализируемой жидкости. Сигнал $ASpO_2$ зависит от скорости потока анализируемой жидкости в окрестности газопроницаемой мембраны. Для минимизации влияния скорости потока на измерительный сигнал параметры $ASpO_2$ оптимизированы и выбраны исходя из условия обеспечения «неразрушающего контроля» анализируемой жидкости. В $ASpO_2$ -01, $ASpO_2$ -05 и $ASpO_2$ -06 используются микрокатоды, поэтому влияние скорости потока на сигнал АС незначительно благодаря малому потреблению кислорода самим сенсором. Для обеспечения измерений в микрограммовой области концентраций необходимо применять катоды большего диаметра. Поэтому в $ASpO_2$ -03 и $ASpO_2$ -04 используются катоды диаметром до 1 мм. При скоростях потока более 2 л/час зависимость сигнала данных сенсоров от скорости потока незначительна и не требует применения специальных переливных устройств и стабилизаторов расхода. Целесообразность применения этих устройств оправдана только при расходах менее 2 л/час. Автоматическую же коррекцию ошибок измерения, обусловленных малыми расходами, можно обеспечить путем задания коэффициента «Жидкость-газ», предварительно измеренного при данном расходе. Методика определения поправочного коэффициента «Жидкость-газ» описана в Приложении 2 Паспорта.

6. УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ АНАЛИЗАТОРА.

6.1. Эксплуатация анализатора без ознакомления с настоящим руководством не рекомендуется.

6.2. Техническое обслуживание анализатора и ремонтные работы должны проводиться при отключенном питании.

6.3. Перед включением анализатора в сеть следует проверить правильность установки предохранителя, сохранность изоляции сетевого шнура и вилки подключения к сети.

6.4. При эксплуатации анализатора запрещается:

- производить соединение и разъединение кабелей при включенном в сеть анализаторе;
- замыкать контакты токового выхода и RS-каналов при включенном в сеть анализаторе;
- работать при неисправном анализаторе;

При обнаружении неисправности необходимо выключить анализатор и вызвать специалиста.

6.5. Не допускается:

- применять шнур и соединительные кабели с поврежденной изоляцией;
- применять нестандартные предохранители.

6.6. При работе с амперометрическим сенсором следует соблюдать осторожность, оберегая стеклянную гильзу от ударов. При длительном хранении амперометрического сенсора в нерабочем состоянии (более 6 месяцев) необходимо слить раствор электролита, промыть корпус сенсора дистиллированной водой и одеть его на амперометрический сенсор (см. п. 3.7). При установке амперометрического сенсора в измерительную камеру необходимо проверить наличие герметизирующего кольца 4 и уплотнительного колпачка 11 (см. рис. 4.2).

6.7. При работе и межрегламентном обслуживании АС не допускается прикладывать механические усилия к кабелю АС. При работе или длительном хранении АС с раствором электролита (более 1 года) могут возникнуть трудности с разборкой АС из-за высыхания раствора электролита и кристаллизации солей в корпусе АС. В этом случае открутите гайку 1 (см. рис. 4.2) и с помощью шприца залейте 1 мл дистиллированной воды в верхнюю часть корпуса 2. Через 2 – 6 часов амперометрический сенсор можно достать из корпуса, не прикладывая особых усилий.

6.8. Во избежание загрязнения электродной системы не допускается прикасаться руками к поверхности электродов.

7. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

ВНИМАНИЕ! После транспортирования в условиях отрицательных температур анализаторы в транспортной таре должны быть выдержаны при нормальных условиях не менее 4 часов. При транспортировке в условиях отрицательных температур амперометрические сенсоры не заполняются раствором электролита, о чем делается соответствующая запись на стр. 2 настоящего руководства. В этом случае Вам необходимо выполнить операции п. 3.3.

7.1. Общие требования к установке анализаторов кислорода.

Анализаторы АКПМ-1-01 могут устанавливаться в лабораторных или промышленных условиях “по месту” или на щите. В зависимости от варианта исполнения анализатора амперометрический сенсор может устанавливаться в измерительную камеру, ферментер, биореактор, аэротенк или непосредственно в анализируемую среду. В вариантах исполнения анализаторов АКПМ-1-01, предусматривающих поставку измерительной камеры, расстояние на которое она может быть удалена от анализатора определяется длиной кабеля АС. Измерительная камера должна быть закреплена в держателе, входящем в комплект поставки, в вертикальном положении или под острым углом к горизонту.

При проведении непрерывных измерений концентрации кислорода в потоке жидкостей или газов, рекомендуется на линии входа анализируемой пробы установить регулятор давления (дроссель) и холодильник. Регулятор давления должен обеспечивать регулирование расхода анализируемой пробы через измерительную камеру АС в диапазоне от 1 до 50 л/час. Холодильник должен обеспечивать охлаждение анализируемой пробы до температуры 0 – 50°С. С целью уменьшения времени транспортного запаздывания и эффектов “подсоса воздуха” рекомендуется анализатор устанавливать в непосредственной близости от пробоотборной точки. Для подвода анализируемой пробы к измерительной камере АС допускается использование трубки из нержавеющей стали или гибкой трубки из ПВХ с внутренним диаметром не менее 4 мм и толщиной стенки не менее 1 мм. Не допускается при проведении непрерывных измерений кислорода в микрограммовой области концентрации использование трубок из силиконовой резины. Слив анализируемой пробы должен быть свободным. Для этого допускается использование трубки с внутренним диаметром не менее 4 мм.

7.2. Установка измерительного устройства анализатора АКПМ-1-01

Анализатор АКПМ-1-01 (см. рис. 4.1.) выполнен в герметичном боксе со степенью пылевлагозащиты IP-65. Бокс имеет два отсека: верхний и нижний. На

лицевой поверхности верхнего отсека (рис. 4.1.) расположен графический дисплей 5 и клавиатура 6. Для доступа к лицевой панели анализатора необходимо открыть замок 1 и, надавив на плоскую пружину снизу, открыть прозрачную крышку 2. Для доступа в нижний отсек необходимо открутить винты 3 и, потянув на себя верхний отсек, откинуть его на петлях. В нижнем

отсеке (рис.7.1.) расположены разъем 2 для подключения АС, клеммники 8 и 9, предохранитель 3 и отсек 1 для батарейки. На задней стенке анализатора устанавливаются четыре монтажные петли 5. Крепление бокса производят через отверстия в монтажных петлях с помощью винтов или дюбельных соединений. Установочные размеры для крепления анализатора приведены на рис.7.3. На расстоянии не более 1.5 м от анализатора крепят сетевую розетку 220 В или 36В. Если питание анализатора будет осуществляться от сети 36В 50 Гц, необходимо предохранитель 3 установить в соответствии с маркировкой. При выпуске с производства предохранитель устанавливается в положение, соответствующее питанию анализатора от сети 220В 50Гц. Для ввода кабеля токового выхода и кабеля реле «сухих контактов» необходимо в нижнем отсеке анализатора с помощью шила или небольшой крестообразной отвертки проткнуты резиновые перемычки 7. Пропущенные через отверстия в перемычках кабеля подсоединяют к соответствующим клеммникам (рис.7.2.). Для обеспечения герметичности ввода кабеля должны иметь круглое сечение с наружным диаметром изоляции от 2.5 до 8 мм. Для стандартных токовых выходов 0/4 - 20 мА или 0 - 5 мА сумма сопротивлений регистрирующего прибора и омического сопротивления кабеля не должна превышать 700 Ом или 2,5 кОм соответственно. Для подключения кабеля RS-канала необходимо снять заглушку на боковой поверхности нижнего корпуса анализатора, пропустить через отверстие вилку кабеля RS-канала и соединить ее с соответствующим разъемом во внутреннем отсеке анализатора (рис.7.2). Затем на боковой поверхности анализатора фиксируется гермоввод. Второй конец кабеля RS-канала подсоединяют к соответствующему входу контроллера или компьютера.

7.3. Установка измерительной камеры (см. рис. 7.4.).

Для решения ряда конкретных задач аналитического контроля кислорода, фирмой «Альфа БАССЕНС» выпускаются несколько модификаций измерительных камер. Конструктивные особенности измерительных камер описаны в п. 4.3. Измерительная камера устанавливается в поставляемом вместе с ИК держателе, крепление которого осуществляется с помощью одного винта. Для этого в месте крепления держателя необходимо подготовить одно резьбовое отверстие М4 и два отверстия под штифты диаметром 2 мм согласно рис.7.4. При сверлении отверстий диаметром 2 мм вы можете предусмотреть возможность установки ИК в вертикальном положении или под острым углом к горизонту. Расстояние от места установки ИК до анализатора определяется длиной кабеля АС, входящего в комплект выбранного Вами варианта исполнения анализатора АКПМ-1-01. Закрепите держатель с помощью винта М4, предварительно совместив штифты в держателе с отверстиями $d=2$ мм. Установите АС в ИК и закрутите накидную гайку до упора. При закручивании гайки резиновое кольцо на мембранном колпачке должно перекрыть дренажное отверстие и герметизировать АС в ИК. Затем установите ИК в держатель. Анализируемую пробу подводят с помощью трубки из нержавеющей стали или

трубки из ПВХ (поливинилхлорида). Не допускается при проведении непрерывных измерений кислорода в микрограммовой области концентраций использование трубок из силиконовой резины. Слив анализируемой пробы должен быть свободным. Для этого допускается использование трубки с внутренним диаметром не менее 4 мм.

7.4. Включение анализатора. Включение анализатора осуществляется с помощью выключателя 10 (рис.7.1). Он расположен внутри нижнего отсека и закрыт резиновой переключкой. Для включения анализатора нужно надавить на переключку, расположенную справа на нижней боковой стенке анализатора. Через 15 минут анализатор готов к проведению калибровки (см. п. 9).

Примечание. Для поляризации электродов амперметрического сенсора он должен быть подключен к измерительному устройству анализатора в течение 9-12 часов. При выключении анализатора АС поляризуется от батарейки, установленной в нижнем отсеке анализатора. Батарейку необходимо заменять 1 раз в 2 года.

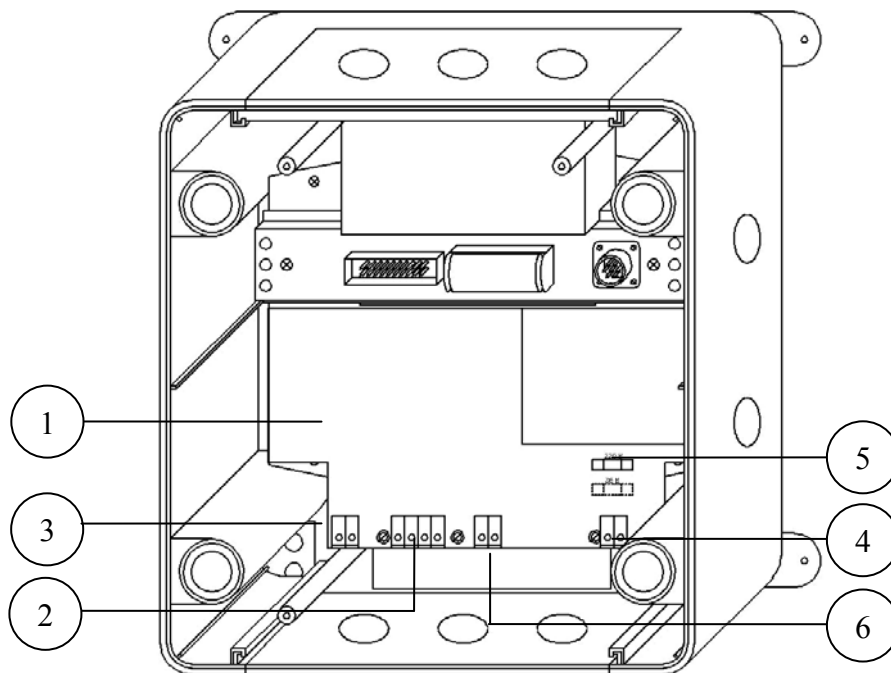


Рис.7.1. Расположение элементов в отсеке.

1 - Системная плата; 2 - Клеммник контактов реле;
3 - Клеммник токового выхода; 4 - Клеммник для
подключения сети 220 / 36 В; 5 – Предохранитель, 6 –
Клеммник интерфейса RS-232 / RS-485.

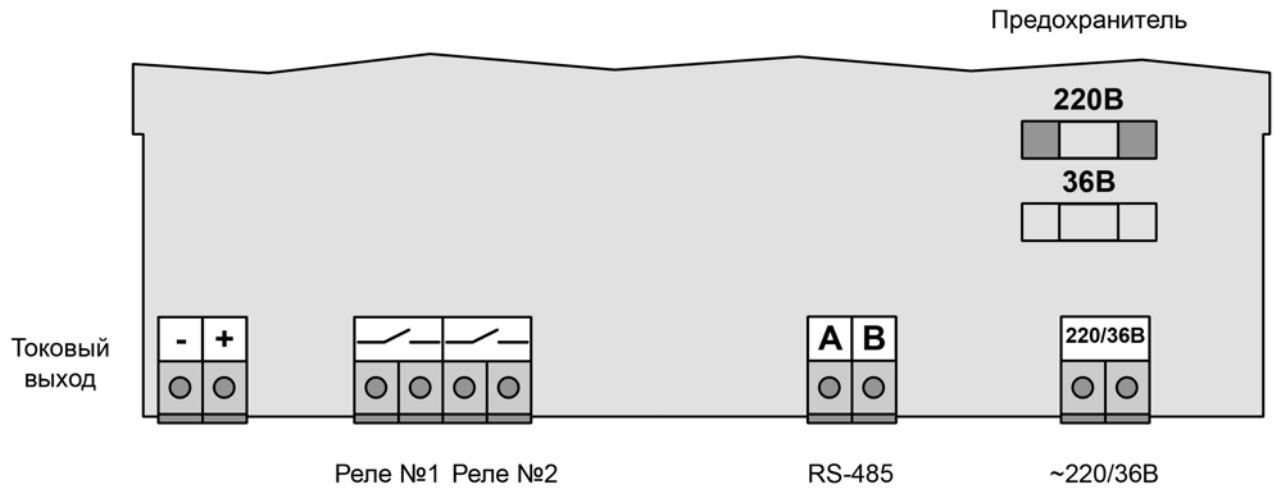


Рис.7.2. Подключение токового выхода, RS-канала и реле.

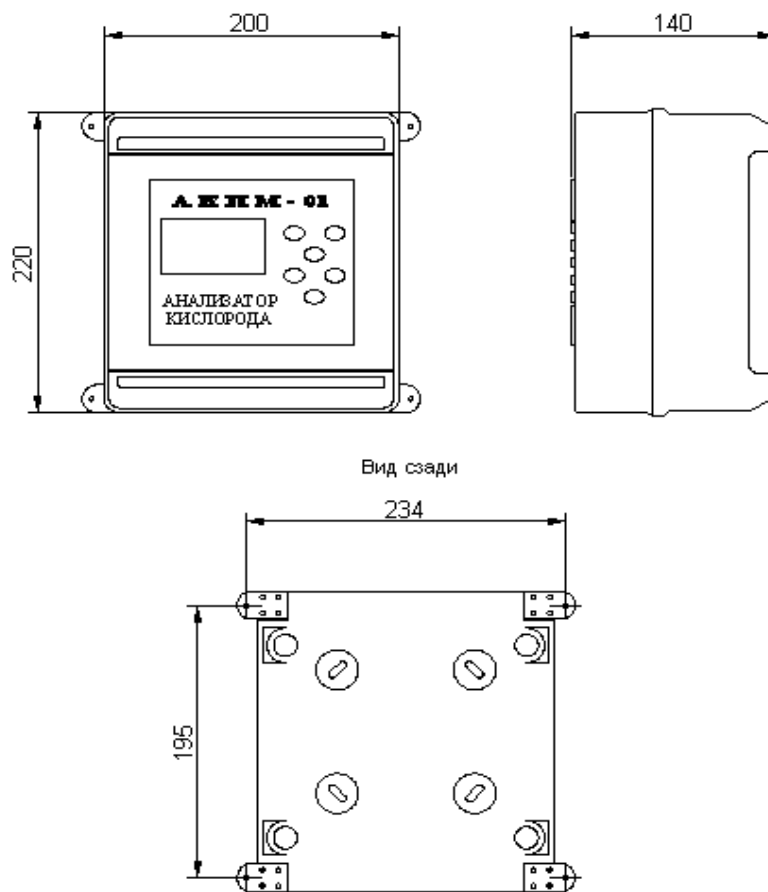


Рис.7.3. Установка анализатора.

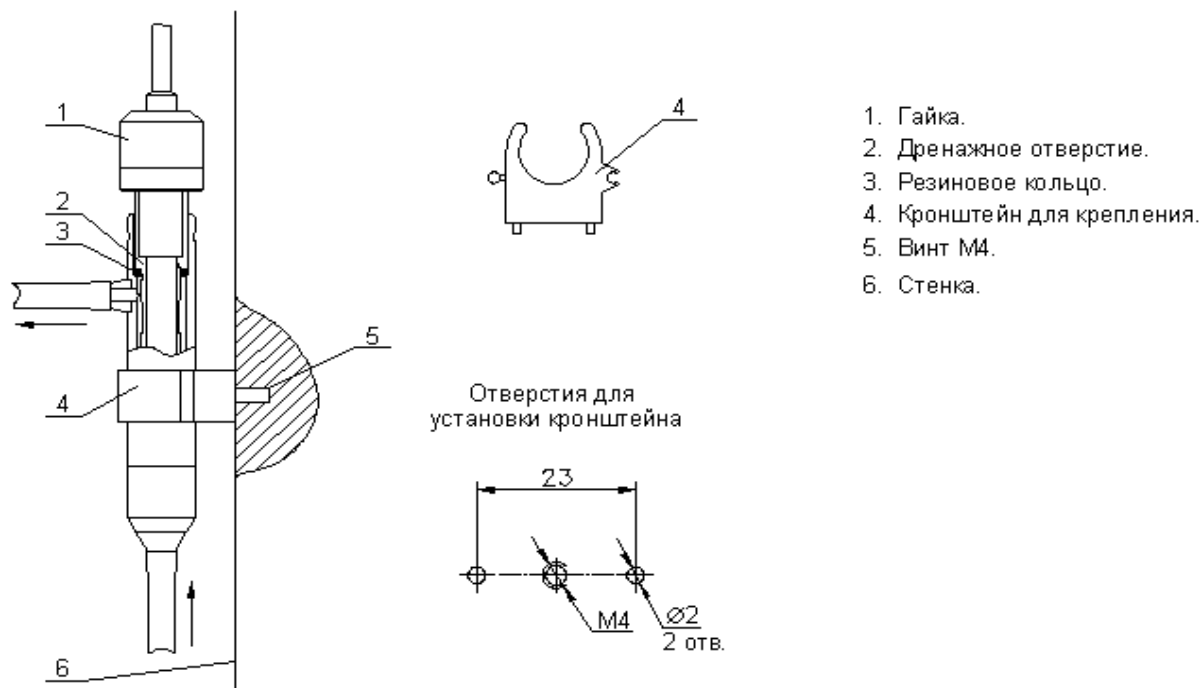


Рис.7.4. Установка измерительной камеры

8. НАСТРОЙКА И УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ АНАЛИЗАТОРА.

8.1. Включение анализатора и интерфейс программы.

Включите анализатор АКПМ-1-01 с помощью выключателя 10 (см. рис. 7.1.). После включения анализатора на графическом дисплее отображается логотип фирмы «Альфа БАССЕНС». Затем начинается процесс самодиагностики и автоматической настройки анализатора, который занимает 3-5 минут. Во время диагностики на дисплее отображается процесс выполнения различных диагностических тестов и указывается процент завершения самодиагностики. После успешного завершения диагностических тестов и настройки анализатор переходит в режим измерения, и на дисплее анализатора отображаются результаты измерения концентрации кислорода в выбранной единице измерения, температуры, а также время и дата (см. рис. 8.1).

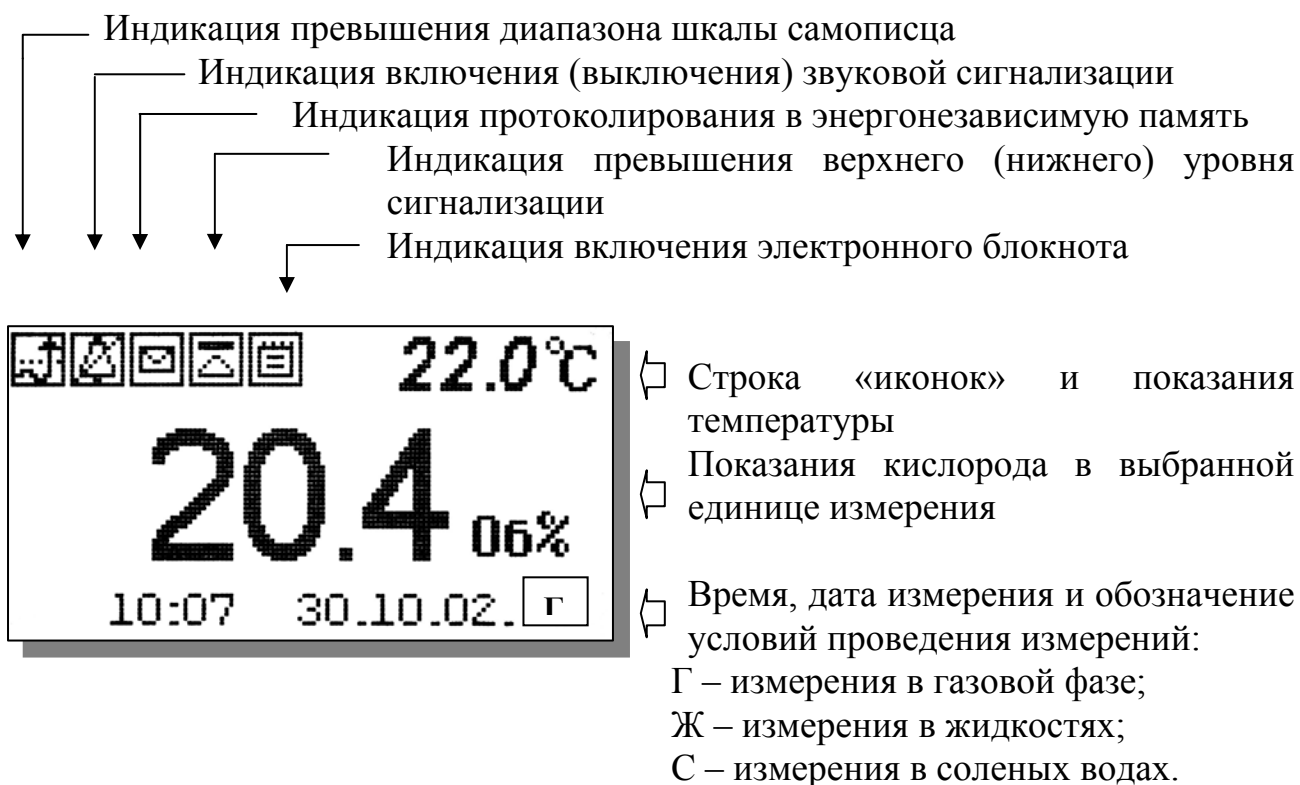


Рис. 8.1. Окно результатов измерения.

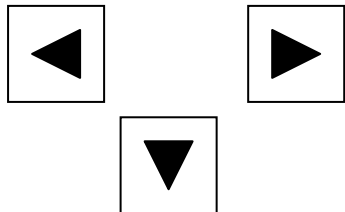
Справа от дисплея анализатора (см. рис. 4.1) расположена клавиатура, состоящая из шести клавиш. С помощью этих клавиш Вы управляете работой анализатора. Дисплей и клавиатура имеют подсветку, что создает удобства в работе с анализатором в затемненных помещениях. Клавиши клавиатуры выполняют следующие функции:

← - клавиша «ВВОД» выполняет функцию входа в ГЛАВНОЕ МЕНЮ, ввода данных, выбора опций меню и утвердительных ответов «ДА» на вопросы, высвечиваемые на графическом дисплее;

С – клавиша «СБРОС» выполняет функцию отказа от выполнения предлагаемых на дисплее действий и возврата к предыдущим опциям меню. С помощью этой клавиши также даются отрицательные ответы «НЕТ» на вопросы, высвечиваемые на графическом дисплее. Нажатие и удержание этой клавиши в нажатом состоянии в течение 5 секунд отключает звуковой сигнал сигнализации. Повторное удержание этой клавиши включает звуковой сигнал.



Четыре клавиши, расположенные в углах ромба, выполняют функции перемещения курсора в направлениях, указанных стрелками.



Если анализатор требует введения числовых или символьных значений, то клавишами со стрелками «ВПРАВО», «ВЛЕВО» выбирается знакоместо для ввода конкретной цифры или символа. С помощью этих клавиш также осуществляется функция пролистывания данных, записанных в энергонезависимую память и электронный блокнот.

Клавиши со стрелками «ВВЕРХ», «ВНИЗ» при введении числовых или символьных значений выполняют функцию «пролистывания» («больше» и «меньше») и выбора конкретных цифр или символов.

В режиме «Измерение» при нажатии клавиши «ВНИЗ» осуществляется запись данных в электронный блокнот.

Одновременное нажатие клавиш «ВНИЗ» и «ВВОД» в окне «КАЛИБРОВКА» позволяет войти в служебное меню калибровок. Опции служебного меню позволяют провести калибровку термометра, электроники, токового выхода.

Одновременное нажатие клавиш «ВНИЗ» и «ВВОД» в окне настройки токового выхода позволит изменить масштаб шкалы самописца.

Одновременное нажатие клавиш «ВНИЗ» и «ВВОД» в окне «Установки» позволит Вам перейти в служебное меню настроек и при необходимости восстановить заводские настройки анализатора.

Во время работы анализатора на дисплее могут появляться сообщения:

Пожалуйста подождите - это сообщение появляется при быстром изменении сигнала датчика во время автоматической регулировки усиления измерительного устройства.

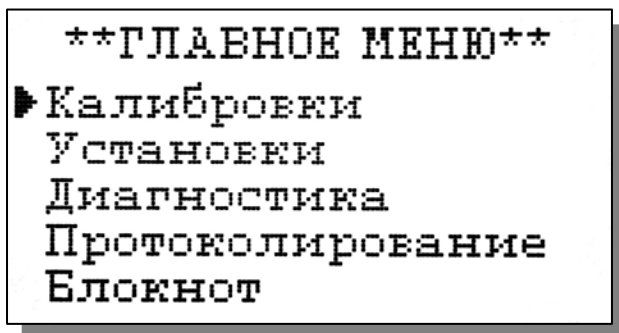
СЕНСОР НЕ ПОДКЛЮЧЕН – это сообщение появляется, когда сенсор не подключен к анализатору или поврежден его кабель.

Измерения в этой единице будут некорректны. Выберите другую единицу измерения, либо перекалибруйтесь - это сообщение появляется, если Ваш анализатор был откалиброван в режиме специальной калибровки, и Вы некорректно пытаетесь заменить измеряемую величину массовой концентрации на единицу измерения парциального давления или объемные проценты.

Несмотря на довольно сложное и разветвленное программное обеспечение, анализатор имеет простой и удобный для Пользователя программный интерфейс. Большой графический дисплей и клавиатура из шести клавиш позволяют Пользователю управлять работой анализатора, осуществлять различные виды настроек и калибровок, записывать и выводить информацию на дисплей анализатора, компьютер и др. внешние устройства. Пользование анализатором предельно просто и сводится к выбору нужных опций в меню и ответам на вопросы, высвечиваемые на дисплее, с помощью двух клавиш «Да» (Ввод) и «Нет» (Сброс). Алгоритмы управления построены таким образом, что анализатор «ведет» оператора, исключая возможные сбои и ошибки в его работе. Приведенное ниже описание интерфейса Пользователя поможет Вам быстро освоить работу с анализатором. При описании интерфейса Пользователя над иллюстрацией каждого окна указывается цепочка опций, при выборе которых Вы выходите на это окно.

8.2. Главное меню.

Дисплей данных ⇨ главное меню



Для входа в главное меню нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, ****ГЛАВНОЕ МЕНЮ****, показанное на рис. 8.2-1.

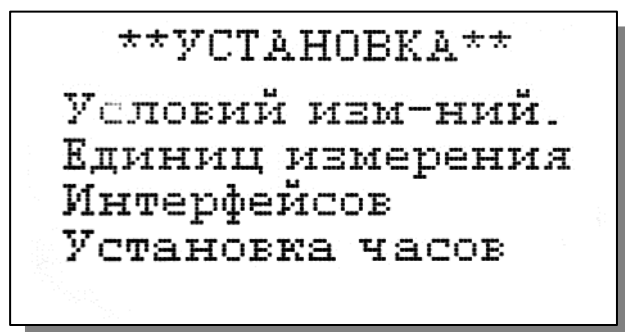
В этом окне с помощью клавиш перемещения курсора Вы можете выбрать одну из пяти опций.

Рис. 8.2-1. Окно «Главное меню»

Калибровки - Вход в меню «Калибровки» позволит Вам выполнить автокалибровку по атмосферному воздуху или спецкалибровку (подробное описание режима «КАЛИБРОВКА» приведено в п. 9.)

Установки - Вход в меню «Установки» позволит Вам ввести барометрическое давление, соленость, коррекцию ошибки жидкость-газ выбрать измеряемую величину и единицу измерения, установить часы и настроить интерфейсные устройства. Это меню используется для настройки анализатора на решение конкретных задач аналитического контроля кислорода.

Дисплей данных ⇨ главное меню ⇨ установки



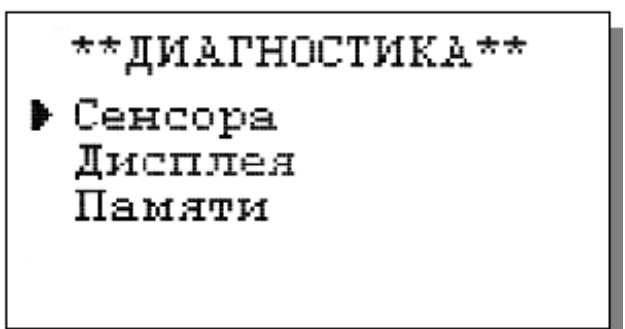
В главном меню выберите опцию «Установки» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, ****УСТАНОВКА****, изображенное на рис. 8.2-2.

В этом окне с помощью клавиш перемещения курсора Вы можете выбрать одну из четырех опций.

Рис. 8.2-2. Окно «УСТАНОВКА»

Диагностика – вход в опцию «ДИАГНОСТИКА» позволит Вам выполнить диагностические тесты отдельных блоков измерительного устройства и амперометрического сенсора.

Дисплей данных ⇨ главное меню ⇨ диагностика

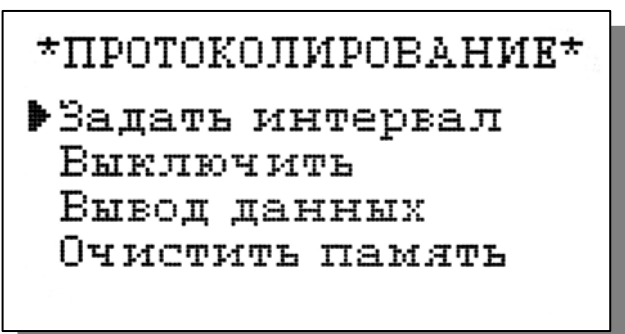


В главном меню выберите опцию «ДИАГНОСТИКА» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, ****ДИАГНОСТИКА****, изображенное на рис. 8.2-3.

Рис. 8.2-3. Окно «ДИАГНОСТИКА».

Протоколирование - вход в опцию «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ» позволит Вам задать интервал времени для периодической записи результатов измерений во внутреннюю энергонезависимую память, осуществлять включение и выключение режима «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ», выводить результаты измерений на дисплей анализатора и компьютер, а также производить удаление данных из энергонезависимой памяти.

Дисплей данных ⇨ главное меню ⇨ протоколирование

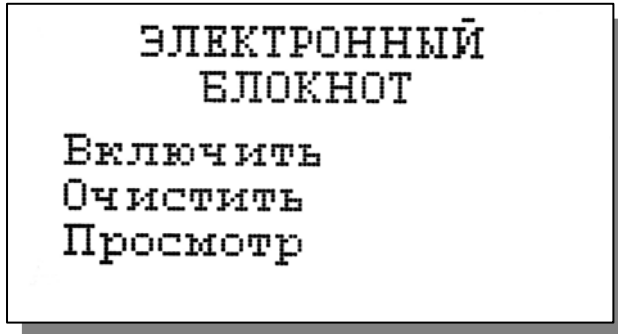


В главном меню выберите опцию «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно ****ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ****, изображенное на рис. 8.2-4.

Рис. 8.2-4. Окно «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ»

Электронный блокнот - вход в опцию «БЛОКНОТ» позволит Вам осуществить включение и выключение режима записи данных в электронный блокнот, выводить результаты измерений на дисплей анализатора и компьютер, а также производить удаление данных из блокнота. Запись данных в электронный блокнот осуществляется в режиме «ИЗМЕРЕНИЕ» нажатием на клавишу «ВНИЗ».

Дисплей данных ⇐⇒ главное меню ⇐⇒ электронный блокнот



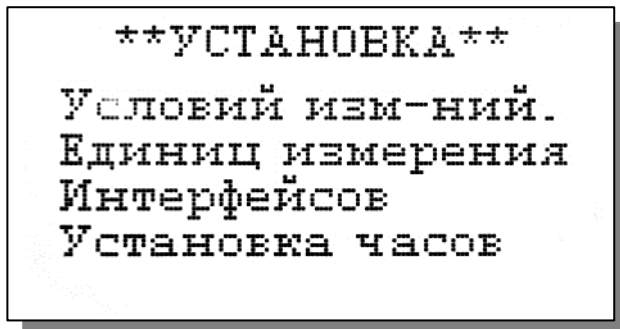
В главном меню выберите опцию «БЛОКНОТ» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно ****ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОКНОТ****, изображенное на рис. 8.2-5.

Рис. 8.2-5. Окно «ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОКНОТ»

8.3. Меню «УСТАНОВКА»

Дисплей данных ⇐⇒ главное меню ⇐⇒ установки

Это меню (см. рис. 8.3-1) используется для настройки анализатора на



решение конкретных задач аналитического контроля кислорода. Вход в меню «Установка» позволит Вам ввести данные по условиям проведения измерений, выбрать измеряемую величину и единицу измерения кислорода, установить часы и настроить интерфейсные устройства.

Рис. 8.3-1. Окно «УСТАНОВКА»

Установка условий измерений.

Меню установка ⇐⇒ установка условий измерений

При выборе опции «Условий измерений» (см. рис. 8.3-1) на дисплее анализатора откроется одно из трех окон в зависимости от установленной предварительно единицы измерения. Если в опции «Установка единиц измерения» были выбраны единицы измерения об. % или % нас., то на дисплее анализатора высветится окно, показанное на рис. 8.3-2

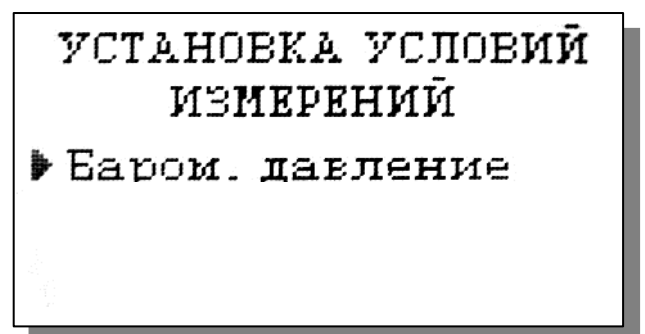


Рис. 8.3-2

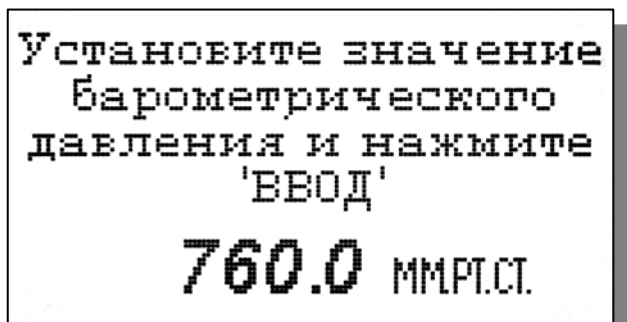


Рис. 8.3-3 Окно установки барометрического давления

При нажатии клавиши «Ввод» на дисплее анализатора появится окно для ввода данных барометрического давления (рис. 8.3.-3). Значение барометрического давления вводится с помощью клавиш перемещения курсора и клавиши «ВВОД».

Меню установка ⇨ установка условий измерений

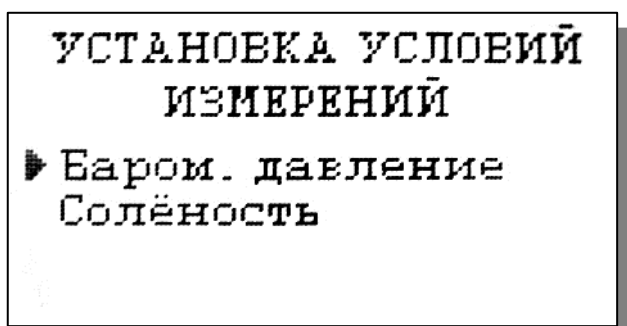


Рис. 8.3-4 Окно установки условий измерений

Если в опции «Установка единиц измерения» были выбраны единицы измерения массовой концентрации кислорода, то при выборе опции «Условий измерений» (см. рис. 8.3-1) на дисплее анализатора открывается окно, показанное на рис. 8.3-4

При выборе опции «Соленость» на дисплее анализатора высвечивается окно показанное на рис. 8.3-5. С помощью клавиш перемещения курсора и клавиши «ВВОД» осуществляется ввод значения солености анализируемой жидкости в пересчете на NaCl.

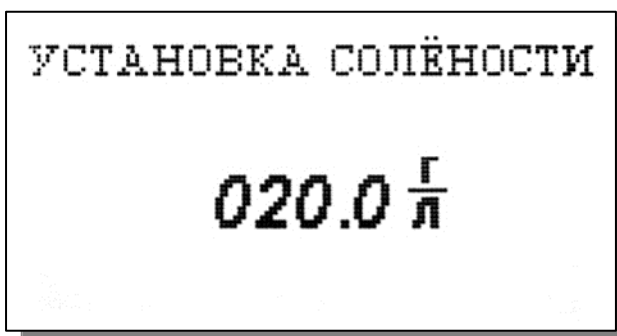


Рис. 8.3-5. Окно установки солености

Меню установка ⇨ установка условий измерений

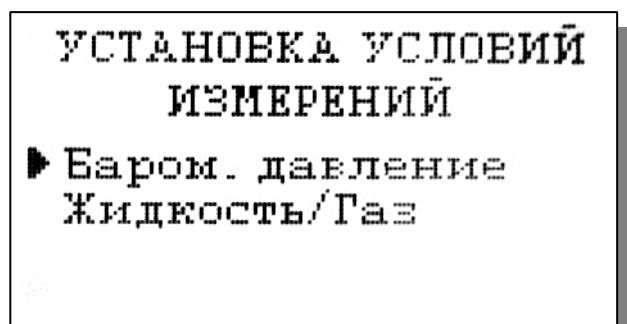


Рис. 8.3-6. Окно установки барометрического давления и выбора среды где будут проводиться измерения рО₂.

Если в опции «Установка единиц измерения» была выбрана измеряемая величина парциального давления кислорода (мм. рт. ст., кПа), то при выборе опции «Условий измерений» (см. рис. 8.3-1) на дисплее анализатора открывается окно, показанное на рис. 8.3-6

При выборе опции «Жидкость/Газ» на дисплее анализатора высвечивается окно показанное на рис. 8.3-7.

С помощью клавиш перемещения курсора и клавиши «ВВОД» осуществляется выбор среды, где будут производиться измерения pO_2 (в жидкости или в газовой фазе). При выборе опции «Жидкость» анализатор будет автоматически компенсировать систематическую погрешность измерений, известную как коэффициент «Жидкость-Газ» (см. п. 5.3.3).

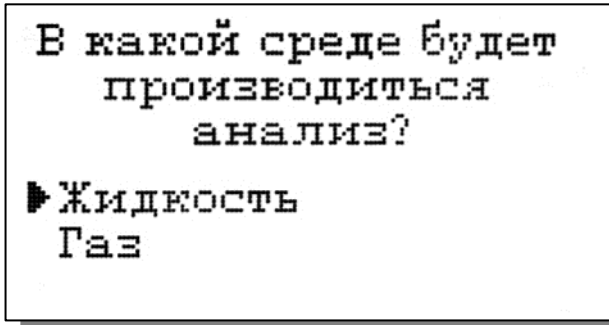
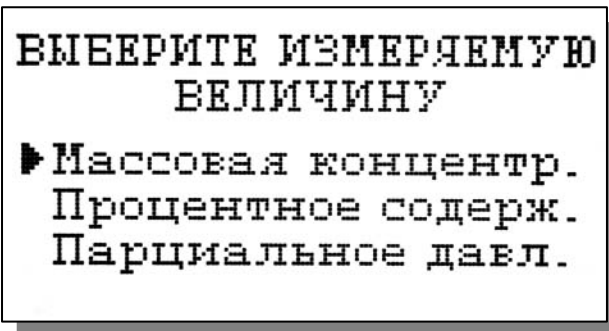


Рис. 8.3-7. Окно выбора в какой среде будут проводиться измерения pO_2 .

Установка единиц измерения

Меню установка \rightleftarrows Установка единиц измерения



При входе в опцию «УСТАНОВКА единиц измерения» анализатор предлагает Вам выбрать измеряемую величину. На дисплее анализатора высвечивается окно, показанное на рис. 8.3-8

Рис. 8.3-8 Окно выбора измеряемой величины

С помощью клавиш перемещения курсора выберите одну из опций на дисплее (см. рис. 8.3-8) и нажмите клавишу «ВВОД». В зависимости от выбранной Вами опции на дисплее появится одно из трех окон.



Рис. 8.3-9а

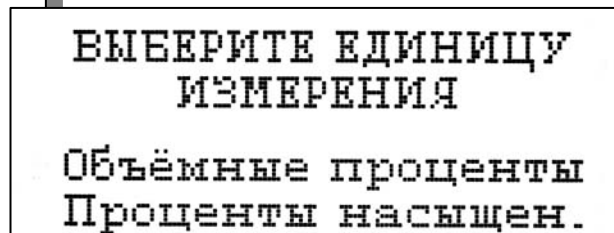


Рис. 8.3-9б

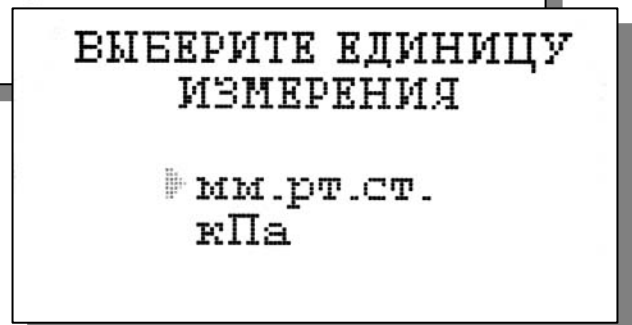


Рис. 8.3-9в

8.3-9. Окна выбора единиц измерения.

В первом окне (см. рис. 8.3-9а) анализатор предлагает Вам выбрать единицу измерения массовой концентрации кислорода при измерениях в жидкостях: мг/л; мкг/л; ppm. При проведении измерений в этих единицах анализатор вносит термокомпенсацию как на свойства газопроницаемой мембраны сенсора, так и на температурную зависимость коэффициента растворимости кислорода в воде.

Во втором окне (см. рис. 8.3-9б) анализатор предлагает Вам выбрать объемные проценты (об. % - используется при анализе газов) или процент насыщения жидкости кислородом воздуха (% нас.). При проведении измерений в этих единицах анализатор вносит термокомпенсацию только на свойства газопроницаемой мембраны сенсора.

В третьем окне (см. рис. 8.3-9в) анализатор предлагает Вам выбрать единицу измерения парциального давления кислорода: мм.рт.ст. или кПа. Измерения в этих единицах используются как для анализа газов, так и жидкостей. При проведении измерений в этих единицах анализатор вносит термокомпенсацию только на свойства газопроницаемой мембраны сенсора. После выбора единиц измерения (мм. рт. ст. или кПа) на дисплее анализатора высветится окно показанное на рис. 8.3-7. При выборе опции «Жидкость» анализатор будет автоматически компенсировать систематическую погрешность измерений, известную как «Коэффициент Жидкость-Газ» (см. п. 5.3.3).

После нажатия клавиши «ВВОД» на дисплее анализатора появится окно результатов измерений (см. рис. 8.1), в котором они отображаются в выбранной Вами единице измерения. Если Вы захотите изменить единицу измерения в процессе работы, то интеллектуальные алгоритмы АКПМ-1-01 позволят Вам это сделать, не прибегая к проведению повторной калибровки. Анализатор самостоятельно определит необходимость внесения тех или иных термокомпенсаций, выполнит все необходимые пересчеты, связанные с изменением измеряемой величины, единицы измерения и параметров калибровки. Кроме того, анализатор самостоятельно определит необходимость компенсации систематической погрешности измерений, известной как «Коэффициент Жидкость-Газ».

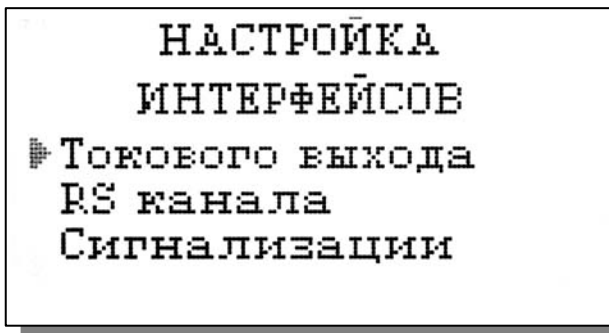
Установка интерфейсов

Меню установка



Установка интерфейсов

При входе в опцию «УСТАНОВКА ИНТЕРФЕЙСОВ» анализатор предлагает Вам выбрать интерфейсное устройство для настройки. На дисплее анализатора высвечивается окно, показанное на рис. 8.3-10.



В окне «НАСТРОЙКА ИНТЕРФЕЙСОВ» (см. рис. 8.3-10) выберите опцию «Токового выхода» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора в течение 5 секунд высвечивается окно, показанное на рис. 8.3-11.

Рис. 8.3-10 Окно выбора интерфейсов

Настройка токового выхода

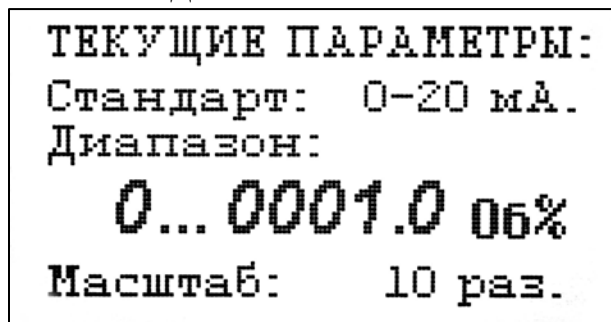


Рис. 8.3-11 Окно текущие параметры.

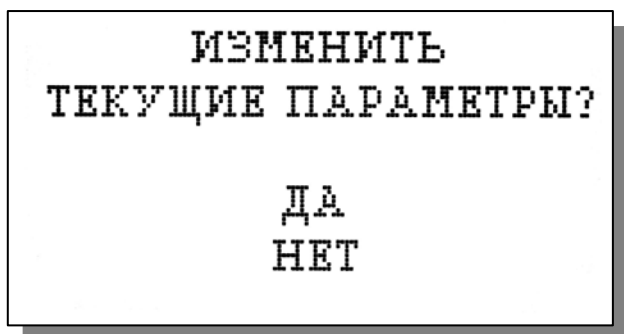


Рис. 8.3-12 Окно вопроса

В этом окне с помощью клавиш перемещения курсора выберите стандартный токовый выход (0-20, 4-20 или 0-5 мА), на который настроен Ваш регистрирующий самописец. После нажатия клавиши «ВВОД» на дисплее анализатора появляется окно, показанное на рис. 8.3-14.

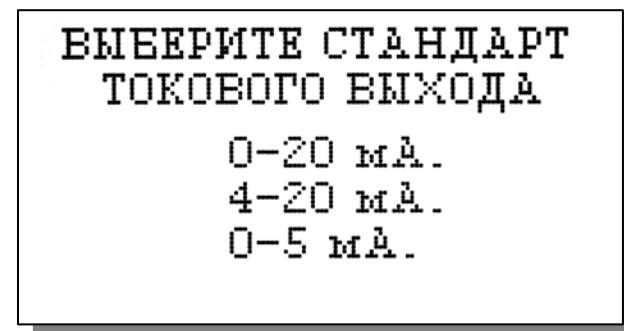


Рис. 8.3-13 Окно выбора стандартного токового выхода

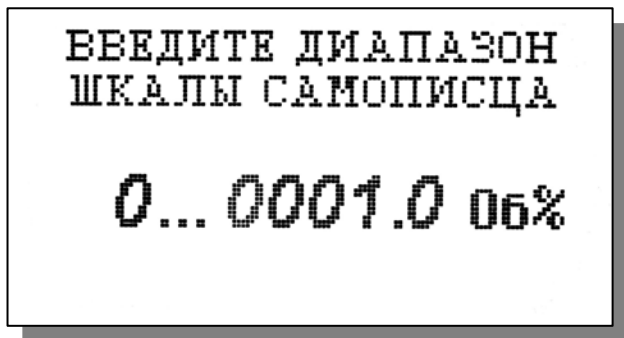


Рис. 8.3-14 Окно настройки шкалы самописца

С помощью клавиш перемещения курсора установите верхний предел шкалы самописца и нажмите «ВВОД».

На дисплее анализатора появится окно, показанное на рис. 8.3-15.

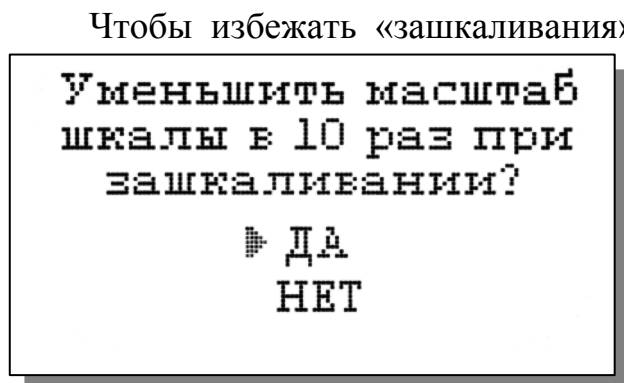


Рис. 8.3-15 Окно ввода коэффициента масштабирования шкалы самописца.

Чтобы избежать «зашкаливания» пера самописца при превышении его верхнего предела, Вы можете ввести коэффициент уменьшения масштаба шкалы равный 10 или отказаться от масштабирования. Для ввода коэффициента масштабирования установите курсор на опцию «ДА» и нажмите клавишу «ВВОД».

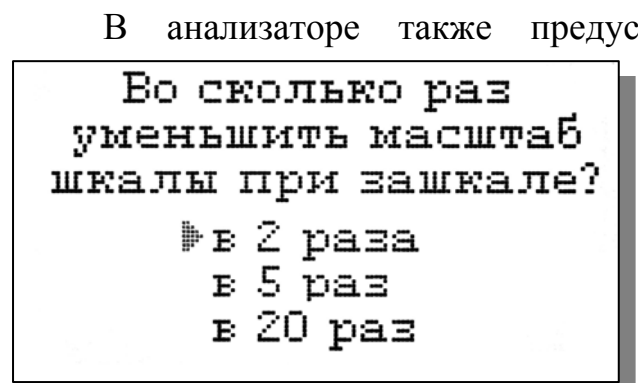


Рис. 8.3-16 Окно ввода коэффициентов масштабирования шкалы самописца.

В анализаторе также предусмотрена возможность ввода других масштабных коэффициентов (2, 5, 20). Для выбора любого из этих коэффициентов в окне рис. 8.3.15 необходимо нажать комбинацию клавиш «Стрелка вниз» + «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, показанное на рис. 8.3-16.

После выбора коэффициента масштабирования анализатор переходит в режим измерения и на дисплее появляется окно, показанное на рис. 8.1.

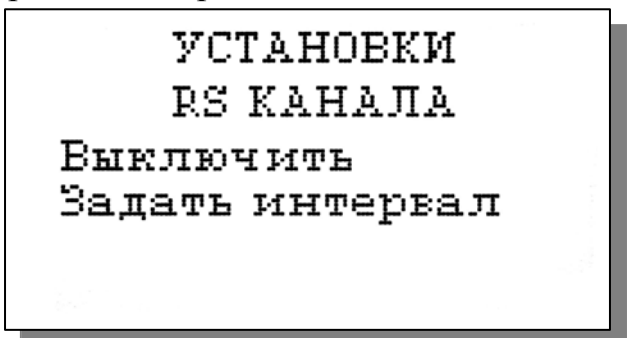


Рис. 8.3-17 Окно «УСТАНОВКИ RS-канала»

Настройка RS - канала

В окне «НАСТРОЙКА ИНТЕРФЕЙСОВ» (см. рис. 8.3-10) выберите опцию «RS-канала» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, показанное на рис. 8.3-17.

В этом окне (см. рис. 8.3-17) Вы можете включить/выключить работу RS-канала, а также задать интервал времени вывода отсчетов показаний. Для того чтобы задать интервал (см. рис. 8.3.-17) выберите опцию «Задать интервал» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, показанное на рис. 8.3-18.

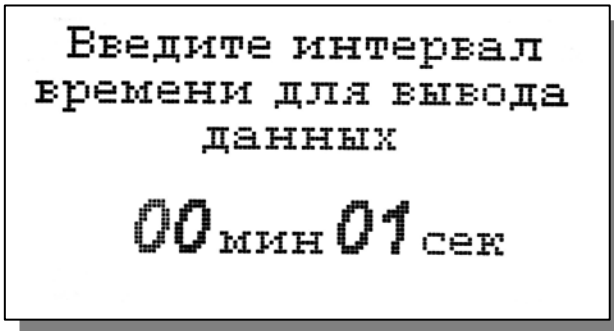


Рис. 8.3-18 Окно ввода интервала времени для вывода результатов измерений.

Задание интервала времени осуществляется с помощью клавиш перемещения курсора. После ввода интервала анализатор вернется в окно «НАСТРОЙКА ИНТЕРФЕЙСОВ» (см. рис. 8.3-10). Из этого окна можно настроить параметры сигнализации.

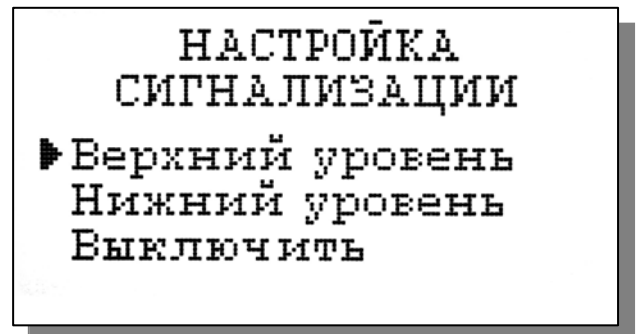
Настройка сигнализации

В окне «НАСТРОЙКА ИНТЕРФЕЙСОВ» (см. рис. 8.3-10) выберите опцию «Сигнализации» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора высветится окно, показанное на рис. 8.3-19.

Рис. 8.3-19

Окно

«НАСТРОЙКА СИГНАЛИЗАЦИИ»



В этом окне Вы можете настроить верхний и нижний уровень срабатывания сигнализации, а также включить/выключить сигнализацию.

Для настройки сигнализации по верхнему уровню в окне рис. 8.3-19 выберите опцию «Верхний уровень» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора высветится окно, показанное на рис. 8.3-20.

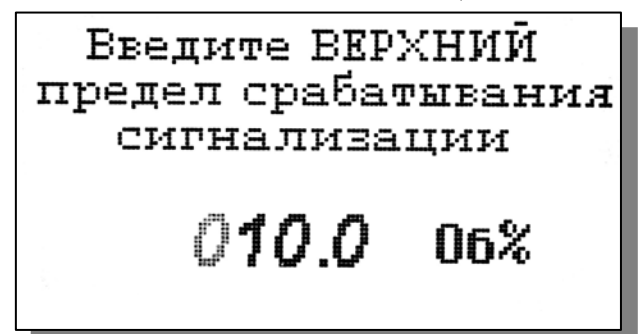


Рис. 8.3-20 Окно настройки верхнего предела срабатывания сигнализации.

С помощью клавиш перемещения курсора введите значение верхнего предела срабатывания сигнализации и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора высветится окно, показанное на рис. 8.3-21. Для включения сигнализации выберите опцию «ДА» и нажмите «ВВОД»

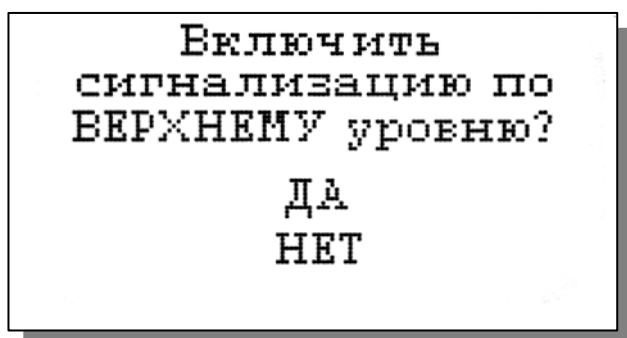


Рис. 8.3-21 Окно включения сигнализации по верхнему уровню

Настройка нижнего предела срабатывания сигнализации осуществляется аналогичным образом.

При срабатывании сигнализации на дисплее в строке иконок появляется мигающий знак, обозначающий превышение нижнего или верхнего уровня. Для отключения звукового сигнала нажмите клавишу «Сброс» и удерживайте ее в нажатом состоянии в течение 3-5 сек. Для повторного включения звукового сигнала также нажмите и удерживайте клавишу «Сброс» в нажатом состоянии в течение 3-5 сек. При срабатывании сигнализации одновременно замыкаются «сухие контакты», которые могут использоваться для позиционного регулирования.

Установка часов

Установка часов осуществляется из окна «УСТАНОВКА». В этом окне (см. рис. 8.3-1) выберите опцию «Установка часов» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора высветится окно, показанное на рис. 8.3-22. Установите дату и время и нажмите клавишу «ВВОД»

После ввода текущего времени и даты анализатор переходит в режим измерения (см. рис. 8.1). В нижней строке окна будут высвечиваться время и дата. Запись данных в энергонезависимую память в режиме протоколирования и электронного блокнота будет производиться в установленной шкале времени.

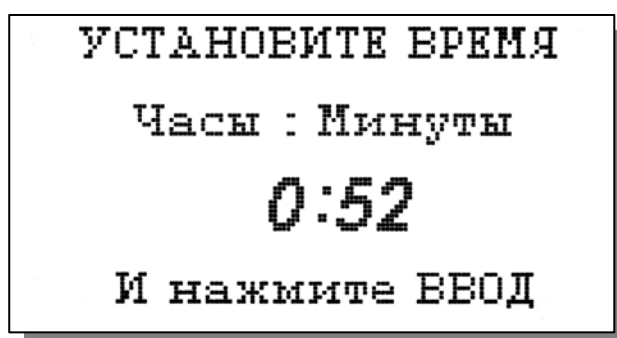
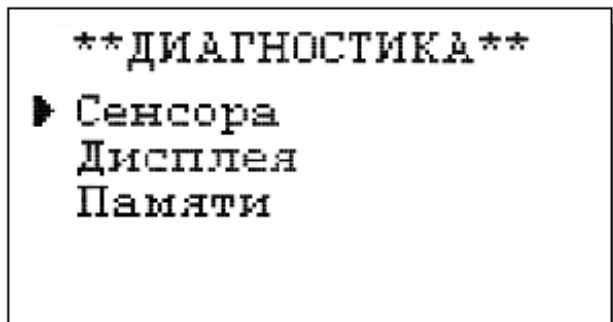


Рис. 8.3-22 Окно установки часов

8.4. Меню «ДИАГНОСТИКА»

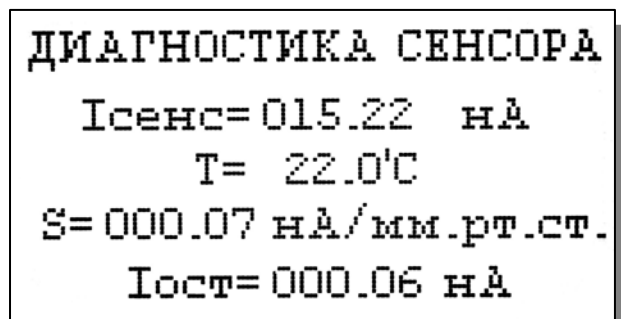
Дисплей данных ⇨ главное меню ⇨ диагностика



При входе в меню «ДИАГНОСТИКА» на дисплее анализатора открывается окно, показанное на рис. 8.4-1. В этом окне Вы можете выбрать четыре опции диагностических тестов.

Рис. 8.4-1 Окно «Диагностика»

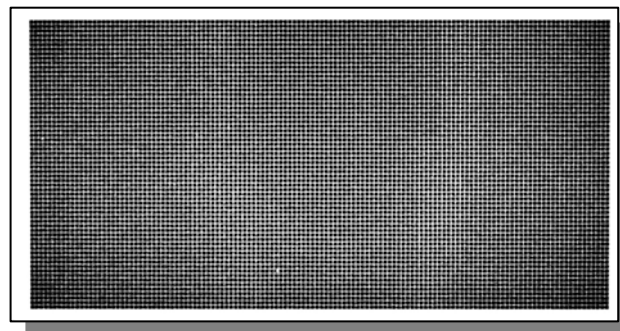
При выборе этих опций на дисплей анализатора будут вызываться окна, показанные ниже.



Диагностика сенсора

В этом окне высвечиваются текущие значения тока сенсора, температуры, чувствительности и значения остаточного тока сенсора.

Рис. 8.4-2а. Диагностика сенсора



Диагностика экрана

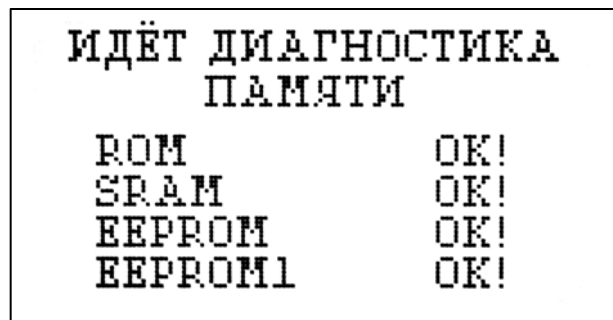
В процессе выполнения этого теста окно дисплея заполняется по спирали до полного затемнения дисплея.

Рис. 8.4-2б. Диагностика экрана

Диагностика памяти

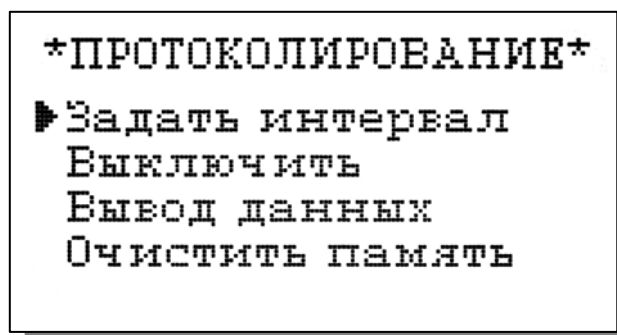
Положительное тестирование элементов памяти сопровождается записью ОК!

Рис. 8.4-2в. Диагностика памяти.



8.5. Меню «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ»

Дисплей данных ⇨ главное меню ⇨ протоколирование



При входе в меню «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ» на дисплее анализатора открывается окно, показанное на рис. 8.5-1. В этом окне Вы можете выбрать четыре опции.

Рис. 8.5-1. Окно «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ»

При выборе первой опции на дисплей анализатора вызывается окно ввода интервала времени для записи данных, показанное на рис. 8.5-2. С помощью клавиш перемещения курсора введите интервал времени для записи данных и нажмите клавишу «ВВОД».

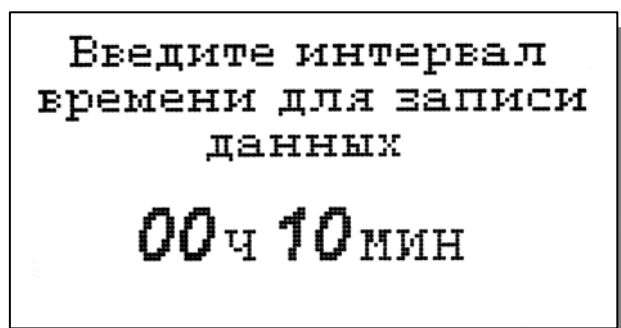
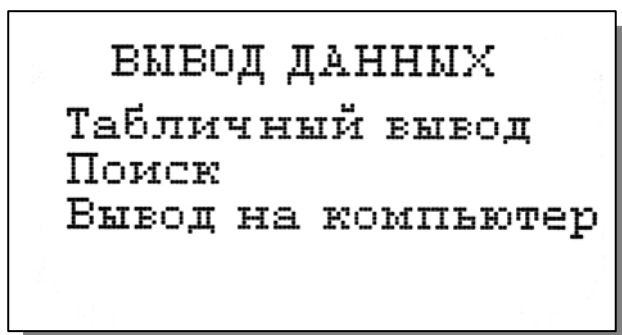


Рис. 8.5-2. Окно ввода интервала времени для записи данных в энергонезависимую память.

При установке интервала времени Вы должны помнить, что объем независимой памяти хотя и является достаточно большим, но тем не менее ограничен. При задании интервала времени равного 15 мин., объема энергонезависимой памяти хватит на проведение записи в течение 6 месяцев.

При выборе опции «Включено/Выключено» (см. рис. 8.5-1) осуществляется включение/выключение протоколирования.

При выборе опции «Вывод данных» на дисплей анализатора вызывается



окно вывода данных, показанное на рис. 8.5-3. В этом окне Вы можете выбрать опции реализующие вывод данных на дисплей анализатора (см. рис. 8.5-4а), поиск данных в протоколе по дате (см. рис. 8.5-4б) и вывод протокола данных на компьютер.

Рис. 8.5-3. Окно «ВЫВОД ДАННЫХ»

```

Дата: 30.10.02.
Время: 10:57
O2: 3.47 об%
T: 22.1 'C
ВВОД - поиск по дате

```

С помощью клавиш перемещения курсора установите дату и время для поиска данных в протоколе. Для поиска нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее откроется окно, показанное на рис. 8.5-4б.

С помощью клавиш «ВПРАВО», «ВЛЕВО» Вы можете пролистывать протокол данных. При выборе опции «Поиск» из окна вывода данных (см. рис. 8.5-3) высвечивается окно поиска данных по дате (см. 8.5-4б)

Рис. 8.5-4а. Окно данных протокола

```

ПАРАМЕТРЫ ПОИСКА:
Дата: 10.03.01.
Время: 05:00
Искать - 'ВВОД'

```

Рис. 8.5-4б. Окно поиска данных по дате.

При выборе опции «Вывод данных на компьютер» (см. рис. 8.5-3) и нажатии клавиши «ВВОД» осуществляется передача протокола данных в компьютер по RS-каналу.

Для очистки памяти в окне «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ» (см. рис. 8.5-1) выберите опцию «Очистить память» и нажмите на клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора в течение 5 секунд будет открыто окно, показанное на рис. 8.5-5.

```

ВСЕ ЗАПИСИ СТЁРТЫ

```

Рис. 8.5-5. Окно удаления данных.

8.6. Меню «БЛОКНОТ»

Дисплей данных ⇌ Главное меню ⇌

Блокнот

```

ЭЛЕКТРОННЫЙ
БЛОКНОТ
Включить
Очистить
Просмотр

```

При входе в меню «Блокнот» на дисплее анализатора открывается окно, показанное на рис. 8.6-1. В этом окне Вы можете выбрать три опции.

Рис. 8.6-1. Окно «ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОКНОТ»

При выборе опции «Включить/выключить» электронный блокнот включается или выключается. При этом в режиме измерения в верхней строке появляется или исчезает «иконка» блокнота (см. рис. 8.1).

При выборе опции «Очистить» происходит удаление информации из блока энергонезависимой памяти, предназначенного для 500 записей в электронный блокнот. На дисплее анализатора в течение 5 секунд открыто окно, показанное на рис. 8.6-2.

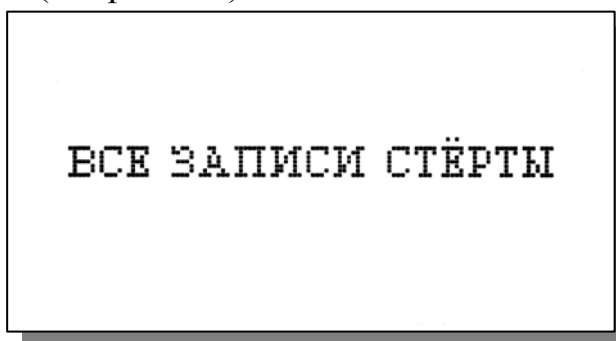
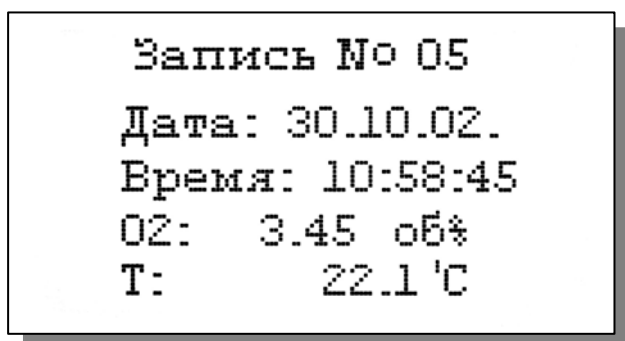


Рис. 8.6-2. Окно «Очистка блокнота»



При выборе опции «Просмотр» (см. рис. 8.6-1) открывается окно, показанное на рис. 8.6-3.

С помощью клавиш «ВЛЕВО» «ВПРАВО» Вы можете пролистывать данные, записанные в электронный блокнот.

Рис. 8.6-3. Окно «Запись в блокноте»

9. КАЛИБРОВКА АНАЛИЗАТОРА.

В анализаторе реализованы следующие **виды калибровок:**

- Калибровка по нулевой точке;
- Автоматическая калибровка по атмосферному воздуху;
- Специальная калибровка.

Общие положения по калибровке анализатора приведены в п.п. 5.1. - 5.2. настоящего руководства.

9.1 Процедура калибровки нулевой точки анализатора.

Калибровка нулевой точки проводится в процессе производства и при подготовке анализаторов к поверке. В силу малости и высокой стабильности токов утечки сенсоров данная процедура в процессе эксплуатации не проводится, поэтому опция калибровки нулевой точки вынесена в служебное меню калибровок (см. Приложение 5).

9.2. Процедура автоматической калибровки анализатора.

При автоматической калибровке анализатора в качестве стандартного образца с известным содержанием кислорода используется атмосферный

воздух, насыщенный парами воды. Калибровку сенсоров АСрО₂-01 - АСрО₂-04 можно проводить двумя способами.

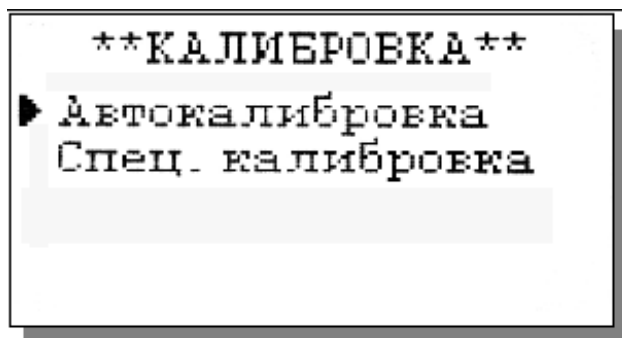
При первом способе калибровки сенсор достают из измерительной камеры, тщательно промывают его чувствительную часть в водопроводной воде и с помощью фильтровальной бумаги или марлевого тампона удаляют оставшиеся капли воды с поверхности АС. Затем на дно «калибровочной склянки» наливают немного водопроводной воды и устанавливают в нее АС. Чувствительная поверхность сенсора не должна касаться поверхности воды в склянке.

При втором способе калибровки сенсоры АСрО₂-01 - АСрО₂-04 остаются в измерительной камере. Для удобства выполнения последующих процедур измерительную камеру достают из держателя, поворачивают на 180 °, давая стечь жидкости, а затем опять устанавливают в кронштейн. После этого измерительную камеру тщательно промывают водой от остатков сульфата натрия. Для этого через входную трубку пропускают 300 - 1000 мл воды. Затем через входную трубку с помощью шприца, заполненного воздухом, путем продува удаляют остатки воды из камеры. При этом на чувствительной поверхности АС не должно оставаться капель воды.

При калибровке АСрО₂-05 его промывают в воде, удаляют оставшиеся капли воды с чувствительной поверхности сенсора фильтровальной бумагой, а затем устанавливают в вертикальном положении на смоченную водой фильтровальную бумагу.

При калибровке АСрО₂-06 его также промывают водой, удаляют оставшиеся капли воды с чувствительной поверхности сенсора, а затем закрепляют в вертикальном положении (например в штативе). В резиновую грушу (входит в комплект поставки АКПМ-1-01Б) наливают 3-5 мл воды и надевают ее на АСрО₂-06. При этом воздух выходит через отверстие в верхней части груши.

Для проведения автоматической калибровки анализатора по атмосферному воздуху, насыщенному парами воды, нажмите клавишу «Ввод». На дисплее анализатора появится окно, ****ГЛАВНОЕ МЕНЮ****, показанное на рис. 8.2-1. С помощью клавиш перемещения курсора выберите опцию



«КАЛИБРОВКИ» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, ****КАЛИБРОВКА****, показанное на рис. 9.2-1.

Рис. 9.2-1 Окно «КАЛИБРОВКА»

С помощью клавиш перемещения курсора выберите опцию «АВТОКАЛИБРОВКА» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно «АВТОКАЛИБРОВКА», показанное на рис. 9.2-2. Если амперометрический сенсор установлен в воздухе, насыщенном парами воды, нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно ввода данных барометрического давления, показанное на рис. 9.2-3. С помощью

клавиш перемещения курсора и клавиши «ВВОД» введите текущее значение барометрического давления калибровки.

Рис. 9.2-2 Окно «АВТОКАЛИБРОВКА»

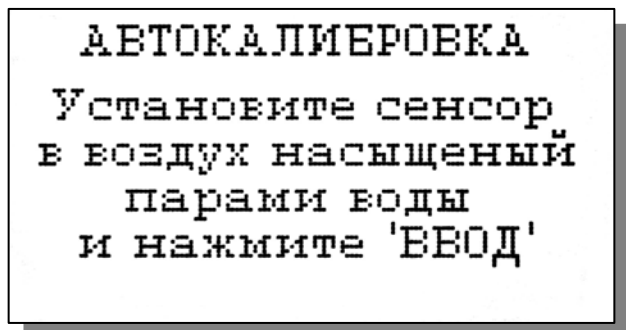
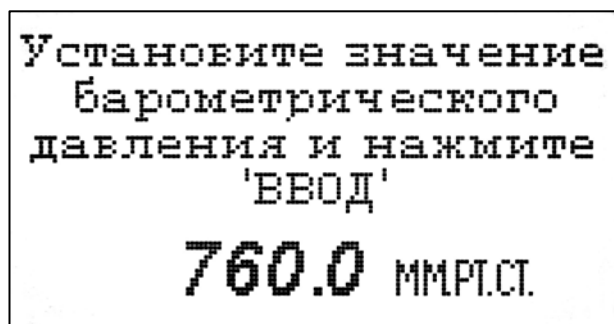


Рис. 9.2-3 Окно ввода барометрического давления.



После ввода значения барометрического давления на дисплее анализатора появится окно сообщений показанное на рис. 9.2-4. В нижней части этого окна выводится текущее значение измеряемой величины, соответствующее параметрам прошлой калибровки. После стабилизации показаний нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора в течение 3-5 сек. высветится сообщение «Автокалибровка успешно завершена». При этом анализатор изменит параметры калибровки и перейдет в режим измерений.

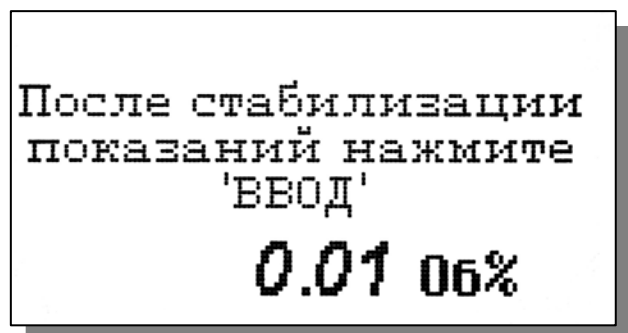


Рис. 9.2-4 Окно сообщений

Интеллектуальные алгоритмы АКПМ-1-01 позволяют проводить автокалибровку в любой выбранной единице измерения, а в дальнейшем переходить в другие единицы измерения. При этом не требуется еще раз проводить автокалибровку. Анализатор самостоятельно определит необходимость внесения тех или иных термокомпенсаций, выполнит все необходимые пересчеты, связанные с изменением как измеряемой величины, так и единицы измерения.

Периодичность проведения автокалибровки определяется точностью, с которой Вы хотите проводить измерения. При этом Вы также должны учитывать, что чувствительность АС может изменяться во времени. Благодаря выбору оптимальных условий работы и внутренних параметров АС они обеспечивают стабильность показаний при постоянном барометрическом давлении и концентрации кислорода не хуже 2 % в течение 2-х недель. Поэтому, если Вас удовлетворяет погрешность измерений 4-5%, Вы можете проводить автокалибровку не реже 1 раза в месяц. Если измерения проводятся в области микрограммовых концентраций кислорода, этот интервал может быть увеличен до 2 месяцев.

9.3. Процедура специальной калибровки анализатора.

При специальной калибровке анализатора в качестве стандартного образца с известным содержанием кислорода можно использовать поверочные газовые смеси (ПГС) или атмосферный воздух насыщенный парами воды.

Специальную калибровку по ПГС целесообразно проводить, когда требуется обеспечить высокую точность измерений содержания кислорода в газах. При этом желательно использовать ПГС, в которой содержание кислорода близко к номинальному значению в анализируемой среде.

Для проведения специальной калибровки анализатора по ПГС предварительно установите единицу измерения об. % (см. п. 8.3) и нажмите клавишу «Ввод». На дисплее анализатора появится окно, ****ГЛАВНОЕ МЕНЮ****, показанное на рис. 8.2-1. С помощью клавиш перемещения курсора выберите опцию «Спец. калибровка» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, ****СПЕЦКАЛИБРОВКА****, показанное на рис. 9.3-

1.

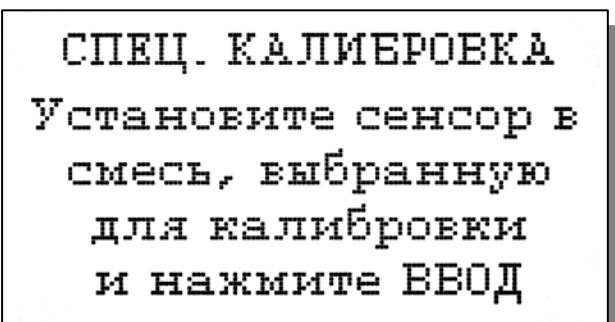
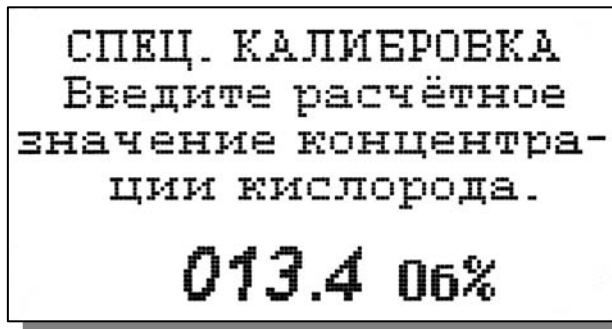


Рис. 9.3-1 Окно «СПЕЦ. КАЛИБРОВКА»

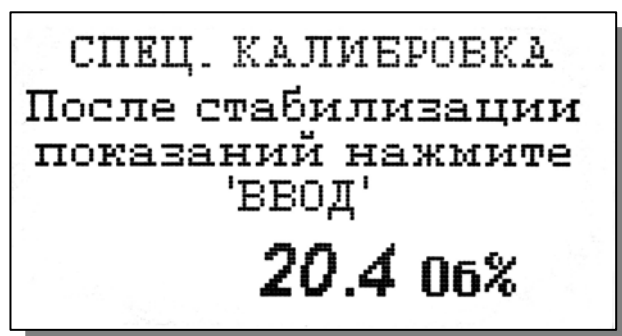
С помощью вентиля тонкой регулировки (на баллоне с ПГС) установите расход газовой смеси 2-5 пузырьков в секунду, а затем соедините входную трубку измерительной камеры с выходом редуктора. После этого нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно для ввода значения концентрации кислорода в ПГС, показанное на рис. 9.3-2.



С помощью клавиш перемещения курсора установите расчетное значение концентрации кислорода в ПГС и нажмите «ВВОД».

Рис. 9.3-2 Окно для ввода данных

На дисплее появится окно для наблюдения процесса стабилизации показаний, показанное на рис. 9.3-3



После стабилизации показаний нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее появится надпись «Спец. Калибровка успешно завершена» и анализатор перейдет в режим измерений (см. рис. 9.2.1).

Рис. 9.3-3 Окно для наблюдения процесса стабилизации показаний.

Специальная калибровка по атмосферному воздуху обычно используется для обеспечения измерений концентрации кислорода в жидкостях для которых температурные зависимости коэффициентов растворимости кислорода еще недостаточно точно установлены. Приблизительные зависимости концентрации кислорода в пиве и сусле, насыщенных кислородом воздуха при атмосферном давлении ($V=760$ мм.рт. ст) от температуры приведены в таблице 9.3.1.

Таблица приблизительных значений концентрации кислорода в пиве и сусле от температуры

Таблица 9.3.1.

Анализируемая жидкость	Температура, °С				
	0	5	10	20	30
Пиво	13	12	11.5	8.5	7.5
Сусло	13	11	10	8	7

Для проведения специальной калибровки анализатора по атмосферному воздуху предварительно выберите единицу измерения мг/л (см. п 8.3) и нажмите клавишу «Ввод». Дальнейшая процедура проведения специальной калибровки аналогична приведенному выше описанию. Единственная разница заключается в том, что при появлении окна для ввода данных, необходимо сначала пользуясь таблицей вычислить значение концентрации кислорода при предполагаемой температуре измерения, а затем ввести это значение и нажать

клавишу «ВВОД». Следует помнить, что после проведения специальной калибровки анализатор будет вносить только одну термокомпенсацию на свойства газопроницаемой мембраны. Поэтому при значительных отклонениях температуры анализируемой среды от значения температуры, использованного при специальной калибровке, будет возникать дополнительная погрешность измерений.

10. ПОРЯДОК РАБОТЫ.

Включите анализатор с помощью выключателя 10 (см рис. 7.1). После завершения процесса самодиагностики анализатор переходит в режим измерений. Произведите настройку и калибровку анализатора согласно п.п. 8, 9 настоящего руководства. Анализатор готов к работе.

Ваш анализатор является универсальным средством измерения, с помощью которого Вы можете решать разнообразные задачи аналитического контроля кислорода в разных областях народного хозяйства. Выбранный Вами вариант исполнения анализатора в наилучшей степени соответствует конкретному назначению и области его применения, описанным в п.п. 2, 3. Для решения других прикладных задач Вы можете дополнительно приобрести соответствующие амперометрические сенсоры и необходимые аксессуары. Каждый из сенсоров, указанных в п. 3, автоматически стыкуется с измерительным устройством АКПМ-1-01 по чувствительности. В случае приобретения Вами нового сенсора Вам необходимо будет провести калибровку встроенного в сенсор датчика температуры (см. Приложение 4).

В тех случаях, когда выбранный Вами вариант исполнения анализатора, конструктивное решение сенсора и входящих в комплект поставки аксессуаров позволяют применить анализатор для решения новой прикладной задачи, необходимость приобретения нового сенсора отпадает. В этом случае Вам необходимо правильно настроить анализатор на решение новой прикладной задачи.

В этом разделе приводятся сведения о порядке работы с анализатором при решении конкретных задач аналитического контроля кислорода, а также даются рекомендации по прикладным применениям анализатора АКПМ-1-01.

10.1. Определение pO_2 , cO_2 в лабораторных условиях.

Для решения этой задачи используют АКПМ-1-01Л, стандартные склянки БПК–150-29/32-14/23 (Производитель - ООО "Стеклолабсервис", г. Клин, М.О., шифр при заказе 560) и магнитную мешалку. Калибровку анализатора проводят в режиме автокалибровки (см. п.9). Для измерений pO_2 или cO_2 в микрообъемах жидкостей и газов используют измерительную камеру для микроанализа (ИКМА).

10.1.1. Поставьте склянку с анализируемой пробой на одну из половинок чашки Петри. Откройте склянку и опустите в нее активатор магнитной мешалки.

10.1.2. Установите АСрО₂-01 в склянку БПК так, чтобы на поверхности чувствительной мембраны не было пузырьков воздуха. Склянку с чашкой Петри и амперометрическим сенсором поставьте на электромагнитную мешалку. Включите электромагнитную мешалку.

ВНИМАНИЕ! При установке АСрО₂-01 в склянку БПК старайтесь не повредить мембрану АС рО₂. При использовании мощных электромагнитных мешалок необходимо установить такое число оборотов магнитной мешалки, которое не приводило бы к "засасыванию" пузырьков воздуха.

10.1.3. После достижения устойчивых показаний (примерно через 40 - 60 с после установки склянки с АСрО₂ на мешалку) производите отсчет показаний анализатора в выбранной предварительно единице измерения. При нажатии клавиши «стрелка вниз» результат измерения запишется в электронный блокнот.

10.1.4. После проведения измерений снимите склянку с электромагнитной мешалки. Осторожно достаньте АСрО₂-01 из склянки и установите его в "калибровочную склянку" (склянка БПК, на дно которой налито 10-20 мл воды может использоваться для калибровки). С помощью магнита извлеките активатор из склянки с проанализированной пробой.

10.1.5. Для каждой новой пробы выполняйте операции п. 10.1.2 - 10.1.4.

10.1.6. После выполнения всех анализов установите АСрО₂-01 в "калибровочную" склянку.

10.2. Определение БПК стандартным методом с разбавлением при помощи анализатора АКПМ-1-01Л.

10.2.1. Подготовку проб на БПК выполняют согласно методике ПНДФ 14.1:2:3.4.123-97 "Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПК) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах" и рекомендаций описанных в [7-10].

10.2.2. Измерения концентрации растворенного кислорода в склянках БПК до и после инкубации проводят согласно п.10.1 настоящего руководства.

10.2.3. Расчет БПК₅ (с разбавлением) выполняют по формуле:

$$X = [(A - B) - (a - b)] * N \quad (2)$$

Где: X – расчетное значение БПК₅, мг/л;

A, B – концентрация растворенного кислорода в разбавленной анализируемой пробе воды соответственно до и после инкубации;

a, b – концентрация растворенного кислорода в разбавляющей воде до и после инкубации соответственно;

N – величина разбавления (во сколько раз разбавлено).

10.3. Определение кислорода в газах.

Для решения этой задачи используют АКПМ-1-01Г и измерительную камеру ИКПГ.

Для обеспечения измерений кислорода в разреженных газовых смесях (например, в топочных газах) анализатор комплектуется устройством подготовки газовой пробы УПП-01. С помощью этого устройства осуществляется всасывание и охлаждение анализируемого газа с последующим отделением сконденсированной влаги и нагнетанием в измерительную камеру $ASrO_2$. Принципиальная схема УПП-01 показана на рис. 10.3.

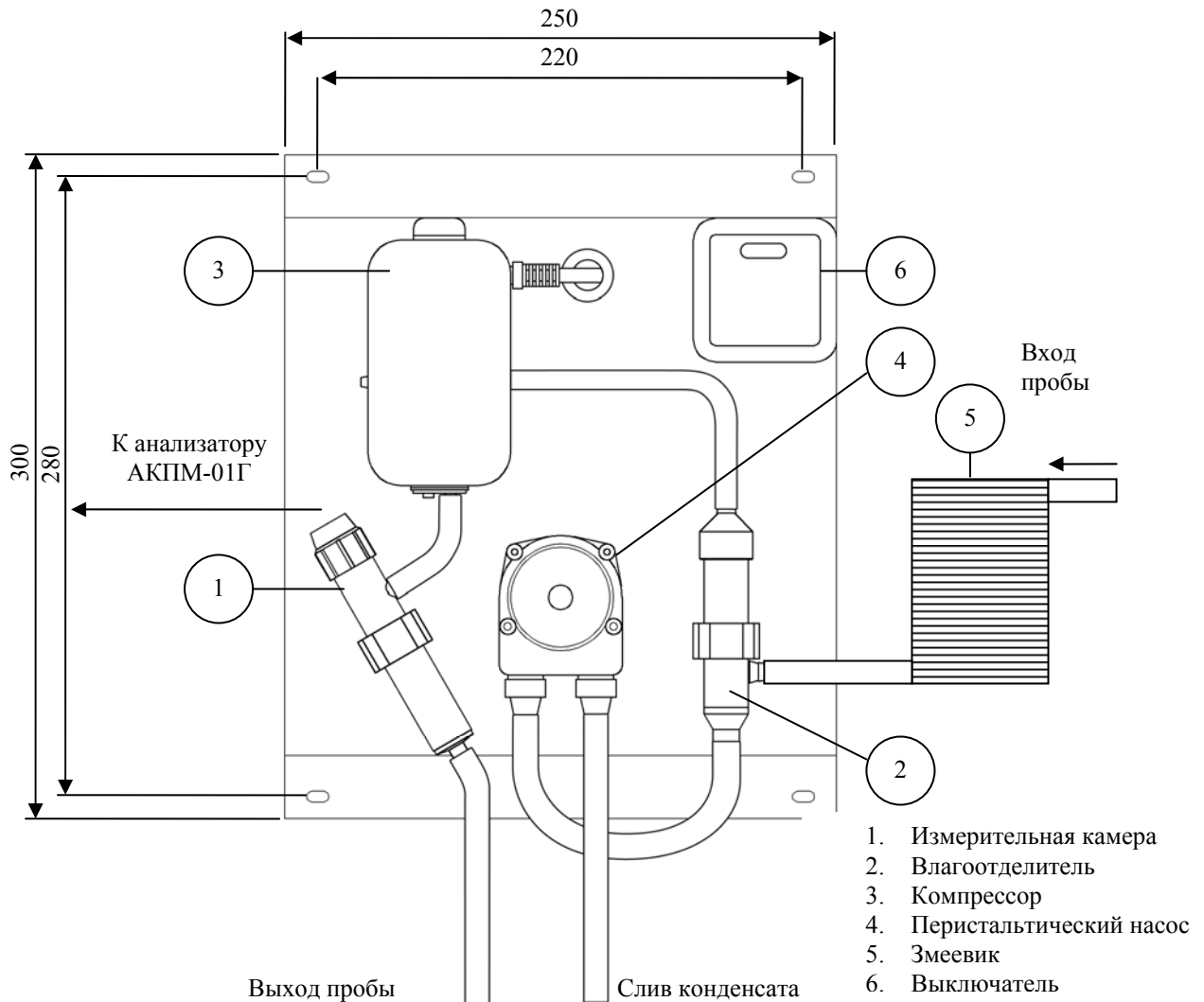


Рис. 10.3 Принципиальная схема УПП-01.

Для измерений процентного содержания кислорода в дыхательных газовых смесях, например, в аппаратах искусственной вентиляции легких (ИВЛ), наркозно-дыхательной аппаратуре, гипоксикаторах и др. медицинской аппаратуре, используют измерительную камеру ИКДГ, которую включают в дыхательный контур.

Если анализатор будет использоваться для измерений сверхмалых концентраций кислорода, необходимо откалибровать его по «Ноль раствору»

(см. п. 9) или сертифицированному инертному газу (аргон, азот или CO_2 со степенью чистоты не хуже чем 99.999 об. %). Калибровку второй точки можно проводить по атмосферному воздуху, насыщенному парами, воды в режиме «Автокалибровка». Если в Вашем распоряжении имеется поверочная газовая смесь (ПГС), содержание кислорода в которой близко к верхнему диапазону измерения, то Вы можете калибровку анализатора провести в режиме «Спец калибровка» (см. п. 9.).

Внимание! При проведении измерений процентного содержания кислорода в газах помните, что общее давление анализируемого газа в измерительной камере не должно заметно отличаться от барометрического давления. В таких случаях с помощью регулятора расхода газов обеспечьте минимально возможный расход газа через измерительную камеру. Следите чтобы на чувствительной поверхности АС не было капель воды.

10.4. Аналитический контроль концентрации кислорода в потоке жидкостей, например в химико-технологических процессах подготовки воды на ТЭЦ, ГРЭС, АЭС.

Для решения этой задачи в наилучшей степени подходит вариант исполнения анализатора АКПМ-1-01Т. Анализаторы должны устанавливаться по месту или на щите. Для этого необходимо на линии входа анализируемой пробы установить регулятор давления (дроссель) и холодильник. Регулятор давления должен обеспечивать регулирование расхода анализируемой пробы через измерительную камеру АС в диапазоне от 1 до 50 л/час. Холодильник должен обеспечивать охлаждение анализируемой пробы до температуры 0 – 50 °С. С целью уменьшения времени транспортного запаздывания и эффектов “подсоса воздуха” рекомендуется анализатор устанавливать в непосредственной близости от пробоотборной точки. Для подвода анализируемой пробы к измерительной камере АС допускается использовать трубки из нержавеющей стали или гибкую трубку из ПВХ с внутренним диаметром не менее 4 мм и толщиной стенки не менее 1 мм. Не допускается использование трубок из силиконовой резины. Слив анализируемой пробы должен быть свободным. Для этого внутренний диаметр трубки должен быть не менее 4 мм. Перед измерительной камерой рекомендуем установить фильтр тонкой очистки, который Вы можете заказать дополнительно.

Для обеспечения высокоточных измерений концентрации кислорода в микрограммовой области, мы рекомендуем тщательно проводить калибровку нулевой точки (см. п.9.). Для калибровки второй точки используйте процедуру «Автокалибровка».

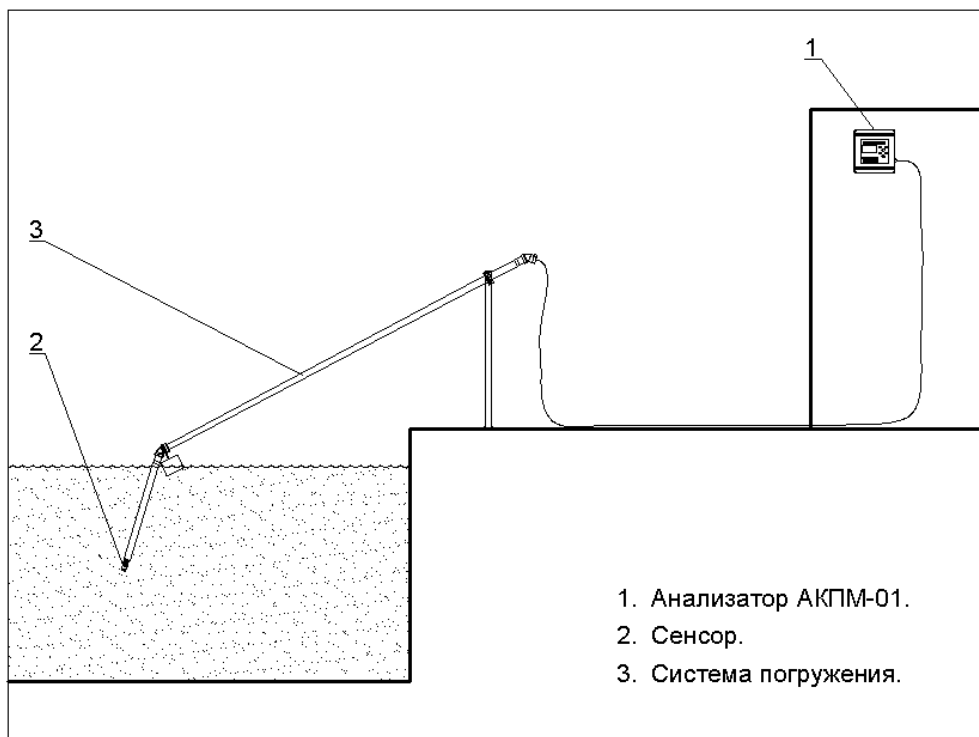
При подключении измерительной камеры (ИКПЖ) к пробоотборной точке используйте стандартные переходники, которые Вы можете заказать при покупке анализатора или по e-mail (с номенклатурой стандартных переходников Вы можете ознакомиться на нашем сайте). При установке АСрО₂-03 или АСрО₂-04 в измерительную камеру убедитесь в наличии герметизирующего резинового кольца (см. рис. 3.9, 3.10). Для обеспечения

независимости показаний от скорости потока установите в трубке пробоотборника расход воды равный 1-50 л/час. Трубку, соединенную с выходным штуцером измерительной камеры, положите в сливной лоток.

10.5. Аналитический контроль кислорода в природных и сточных водах.

Для решения этой задачи в наилучшей степени подходит вариант исполнения анализатора АКПМ-1-01П, в комплект которого входит сенсор погружного типа АСрО₂-05. Этот сенсор устанавливается в герметичный корпус из нержавеющей стали и имеет надежную заделку кабеля в корпусе (см. рис.3.3, 3.4). Калибровку анализатора АКПМ-1-01П можно проводить по атмосферному воздуху, насыщенному парами воды. Для этого АСрО₂-05 не требуется доставать из герметичной ячейки. Для обеспечения давления насыщенных водяных паров поставьте его на фильтровальную бумагу, смоченную водой и запустите процедуру «Автокалибровка». При проведении измерений в неподвижных жидкостях, удерживайте АСрО₂-05 за кабель и совершайте колебательные движения амплитудой 10-15 см частотой 10-30 колебаний в минуту.

Для обеспечения сохранности сенсора при его эксплуатации в аэротенках или других объектах с интенсивным перемешиванием рекомендуем сенсор и его кабель закрепить на штанге. Для удобства монтажа и эксплуатации АКПМ-



1-01П на очистных сооружениях Вы можете приобрести специальную арматуру. Принципиальная схема установки АСрО₂-05 в аэротенке с помощью такой арматуры приведена на рис. 10.5.

Рис. 10.5 Схема установки АСрО₂ в аэротенке с помощью системы погружения.

10.6. Аналитический контроль кислорода в биотехнологических процессах.

Для решения этой задачи в наилучшей степени подходит вариант исполнения анализатора АКПМ-1-01Б, в комплект которого входит

стерилизуемый сенсор АСрО₂-06. Этот сенсор может устанавливаться в крышку ферментера или через стандартные фланцы в биореакторы как отечественного, так и зарубежного производств. Перед стерилизацией ферментера с установленным в нем АСрО₂-06 необходимо отсоединить кабель от сенсора и на его разъем накрутить защитную заглушку. При этом необходимо убедиться в наличии и целостности герметизирующей прокладки в защитной заглушке. При стерилизации сенсора в биореакторе надевать защитную заглушку не требуется.

При проведении аналитического контроля кислорода в культуральных жидкостях температурные зависимости коэффициента растворимости кислорода, как правило, неизвестны. Поэтому при проведении таких измерений часто пользуются относительной единицей измерения - % нас. В этом случае автокалибровку анализатора проводят по атмосферному воздуху насыщенному парами воды или по питательной среде насыщенной кислородом воздуха. В тех случаях, когда коэффициент растворимости кислорода в анализируемой среде известен, калибровку анализатора можно проводить в режиме «Специальная калибровка» (см. п. 9).

11. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АНАЛИЗАТОРА.

Периодичность выполнения технического обслуживания анализатора должна быть не реже 1 раза в 2 месяца. Периодичность проведения калибровки анализатора определяется точностью, с которой Вы хотите проводить измерения. При этом Вы также должны учитывать, что чувствительность АС может изменяться во времени. Благодаря выбору оптимальных условий работы и внутренних параметров АС, обеспечивается стабильность показаний при постоянном барометрическом давлении и концентрации кислорода. Поэтому в целях обеспечения необходимой точности измерений, Вы должны проводить калибровку не реже 1 раза в 3 месяца. При работе анализатора в микрограммовом диапазоне и техобслуживание, и калибровка анализатора могут проводиться чаще.

Если Ваш анализатор нуждается в техническом обслуживании, ремонте или периодической поверке, свяжитесь с сервисным центром фирмы «Альфа БАССЕНС» (адрес указан на стр.2) или с ближайшим официальным дилером. Контактные телефоны официальных дилеров размещены на нашем сайте.

Сервисный центр ООО «Фирма «Альфа БАССЕНС» выполняет весь комплекс работ по техническому обслуживанию анализаторов и их периодической поверке в органах ГОССТАНДАРТа РФ. С условиями проведения этих работ Вы можете ознакомиться на нашем сайте.

11.1. Электронный блок анализатора крайне редко нуждается в обслуживании и ремонте благодаря высокому качеству производства анализаторов, использованию надежных комплектующих, прочности, герметичности и высокой степени пылевлагозащиты корпуса анализатора (IP-65). Каждый анализатор в комплекте с датчиком подвергается испытаниям на надежность, проходит предпродажную подготовку и тестирование работоспособности его основных блоков. В периодической замене

нуждается только батарейка, установленная в нижнем отсеке анализатора. Как правило, замена батарейки осуществляется при каждом втором техническом обслуживании анализатора перед представлением его для ежегодной периодической поверки в органы ГОССТАНДАРТа РФ.

11.2. Амперометрические сенсоры благодаря оригинальным техническим решениям, использованию благородных металлов и высокому качеству производства имеют неограниченный срок службы. В то же время сенсоры нуждаются в проведении межрегламентного обслуживания, выполняемого Потребителем в процессе эксплуатации. К этим работам относятся замена мембранного колпачка и гелиевого раствора электролита (см. п.п. 3, 4). Периодичность замены электролита и мембранного колпачка зависит от условий эксплуатации анализатора и должна проводиться не реже 1 раза в год, а также в следующих случаях:

- Нарушена целостность мембраны. Внешним признаком этого служат видимые капельки электролита на торцовой поверхности сенсора, а также значительное уменьшение уровня электролита в корпусе сенсора;
- Мембрана вытянулась и не достаточно сильно натягивается торцовой частью стеклянной гильзы (см. рис. 4.2). Признаком слабого натяжения мембраны является значительное снижение быстродействия и высокое значение остаточного тока сенсора при нахождении сенсора в «Ноль растворе»;
- Показания анализатора при измерениях или калибровке по воздуху нестабильны и имеют большой дрейф.

Если в сенсоре возникла какая-то неполадка, прежде всего проверьте целостность кабеля и стеклянной гильзы. Наличие трещин и сколов на стеклянной гильзе АС свидетельствует о несоблюдении Потребителем мер предосторожности (см. п. 6). Неаккуратное обращение с АС и несоблюдение мер предосторожности может привести к его утрате. При выяснении причин отказов могут оказаться полезными тесты работоспособности АС. Эти тесты можно также проводить при замене мембранного колпачка и раствора электролита.

Тест №1. Проверка сопротивления изоляции между катодом и анодом.

1. Снимите мембранный колпачок (см. рис. 3.7, 3.8) и промойте электродный ансамбль в дистиллированной воде. С помощью фильтровальной бумаги удалите капли воды и тщательно просушите торцовую часть стеклянной гильзы.
2. В главном меню войдите в опцию диагностика сенсора. (см. п. 8.4).
3. Если ток сенсора (I_{сенс}) имеет близкое к нулю значение (см. рис. 8.4-2б) и сопоставим с величиной остаточного тока (I_{ост}), то сопротивление изоляции находится в пределах нормы. Если ток сенсора значительно отличается от нуля, попробуйте более тщательно выполнить п. 1 настоящего теста. Высокое значение тока сенсора свидетельствует о нарушении сопротивления изоляции. К возможным причинам следует отнести нарушение целостности кабеля, трещины

или сколы в стеклянной гильзе, а также попадание влаги или сульфата натрия в разъем сенсора. В последнем случае следует промыть разъем дистиллированной водой, а затем тщательно просушить в течение нескольких суток при температуре близкой к 40-60 °С.

Тест №2. Проверка датчика температуры и проверка реакции сенсора на Ваше дыхание. Этот тест выполняется после выполнения теста №1.

1. В окне «Диагностика сенсора» наблюдайте за током протекающим через сенсор (I_{сенс}) и показаниями температуры (Т). Возьмите сенсор за пластмассовую деталь и выдохните на стеклянную гильзу сенсора, направляя струю альвеолярного воздуха на торцовую часть стеклянной гильзы. Если температура окружающего воздуха ниже 35 °С, то показания температуры (Т) и тока сенсора должны возрасти. Увеличение тока сенсора объясняется тем, что на поверхности стеклянной гильзы конденсируется влага из альвеолярного воздуха и электрическая цепь между катодом и анодом замыкается.
2. По мере испарения влаги со стеклянной гильзы показания температуры и тока сенсора будут уменьшаться, стремясь к прежним значениям. Такое поведение сенсора свидетельствует об отсутствии обрывов в кабеле и разъеме сенсора. Если ток сенсора не изменяется, попробуйте погрузить торцовую часть стеклянной гильзы в стакан с дистиллированной водой. При этом анод сенсора должен находиться в воде. Если эта операция не привела к ожидаемому результату, то по видимому, к кабелю сенсора прикладывались недопустимо высокие механические усилия (см. п.6), что привело к обрыву анода или катода. В этом случае свяжитесь с сервисным центром ООО «Фирма Альфа БАССЕНС». Ремонт такого сенсора возможен только в случае обрыва кабеля у разъема. При недопустимо высоких механических нагрузках на кабель может также произойти обрыв проводов кабеля датчика температуры. В этом случае на дисплее высветится надпись «Датчик не подключен». В этом случае также свяжитесь с сервисным центром ООО «Фирма Альфа БАССЕНС»

11.3. Измерительная камера.

При проведении анализов в потоке жидкостей, содержащих большое количество взвешенных частиц, на внутренней поверхности измерительной камеры появляются отложения, ухудшающие ее прозрачность. В этом случае Вам следует ее прочистить с помощью марлевого тампона, закрепленного на деревянной палочке. Для эффективности очистки можно использовать любые моющие средства, например стиральный порошок. Использовать растворители не рекомендуется. При проведении чистки измерительной камеры желательно также промыть обратный клапан (см. рис.4.5, 4.6). Для исключения возможности засорения измерительной камеры целесообразно установить фильтр тонкой очистки (см. п. 1, п. 4.3).

12. ВОЗМОЖНЫЕ НЕПОЛАДКИ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ.

Внешние проявления	Вероятные причины	Способы устранения
1. Анализатор не включается	Вышел из строя предохранитель	Заменить предохранитель.
2. На дисплее анализатора загорается сообщение «Сенсор не подключен»	1. Сенсор не подключен к анализатору 2. Обрыв кабеля	Открыть внутренний отсек анализатора и подключить сенсор Свяжитесь с сервисным центром по вопросу ремонта или замены сенсора
3. Показания не чувствительны к изменению концентрации кислорода.	1. Высох раствор электролита 2. Обрыв кабеля	Долить раствор электролита или заменить мембранный колпачок Выполнить Тест №2 (см. п.11). При отрицательном результате связаться с сервисным центром фирмы по вопросу ремонта или замены сенсора
4. При калибровке по «Ноль раствору» сенсор имеет большой остаточный ток	Нарушено сопротивление изоляции в сенсоре или в разъеме сенсора	Произвести внешний осмотр сенсора и выполнить Тест №1. При отрицательном результате связаться с сервисным центром фирмы по вопросу ремонта или замены сенсора
5. Показания сенсора нестабильны во времени при постоянной концентрации кислорода.	1. Нарушена целостность мембраны 2. Мембрана вытянулась из-за превышения температуры или расхода воды	Заменить мембранный колпачок Обеспечить требования по температуре и расходу воды через измерительную камеру. Заменить мембранный колпачок
6. После включения анализатора выход на рабочий режим превышает 20 минут	Разрядилась батарейка	Заменить пальчиковую батарейку
7. Быстродействие сенсора существенно уменьшилось	Мембрана вытянулась из-за превышения температуры или расхода воды	Обеспечить требования по температуре и расходу воды через измерительную камеру. Заменить мембранный колпачок

**Паспорт
на
АНАЛИЗАТОР КИСЛОРОДА
ПРОМЫШЛЕННЫЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ
АКПМ-1-01
НЖЮК 4215-001.1-66109885-10 ПС**



**Согласовано в части методики поверки
Главный метролог ГП ВНИИФТРИ
А.С. Дойников**

Москва 2015

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.

Анализаторы кислорода АКПМ-1-01 (в дальнейшем - анализаторы) предназначены для производственного анализа (“непрерывного анализа”, “анализа на линии” или “технологического анализа”) концентрации (cO_2), парциального давления кислорода (pO_2), и температуры (T) в жидких и газообразных средах.

Анализаторы, благодаря своей универсальности и широкому ассортименту используемых амперометрических сенсоров (АС), могут применяться для решения разнообразных задач аналитического контроля кислорода практически во всех отраслях народного хозяйства: теплоэнергетике, пищевой, химической и нефтяной промышленности, охране окружающей среды, биотехнологии и медицине, ЦГСЭН, ЖКХ, рыбных хозяйствах, очистных сооружениях и т.д.

Анализаторы предназначены для эксплуатации в промышленных и лабораторных условиях при температуре окружающей среды от минус 20 до плюс 60 °С и температуре анализируемой среды от 0 до 50 °С, атмосферном давлении от 84.0 до 106.7 кПа (от 630 до 800 мм. рт. ст.).

Анализаторы относятся к:

- видам климатического исполнения УЗ и Т1 по ГОСТ Р50444-92;
- группе 2 в части воспринимаемых механических нагрузок по ГОСТ Р50444-92;
- по электробезопасности анализаторы удовлетворяют требованиям ГОСТ Р50267.092 и выполнены по классу защиты II, типа В. Анализаторы выполнены в герметичном корпусе степени пылевлагозащиты IP-65.

Анализаторы АКПМ-1-01 выполняются в нескольких вариантах исполнения, каждое из которых отличается амперометрическим сенсором и принадлежностями, входящими в комплект его поставки. Конструкции амперометрических сенсоров разработаны с учетом специфики измерений в той или иной области народного хозяйства. Поэтому при выборе варианта исполнения анализатора желательно исходить из назначения и области применения анализатора. Области применения анализаторов и обозначения их вариантов их исполнения при заказе и в документации другого изделия приведены в таблице 1 .

Таблица 1.

Обозначение исполнения анализатора	Обозначение АС и аксессуаров	Назначение и области применения анализатора АКПМ-1-01
АКПМ-1-01 Л ТУ 4215-001-66109885-10	АСрО₂-01 Склянки БПК или измерительная камера ИКМА	Измерения концентрации и биохимического потребления кислорода (БПК) в лабораторных условиях. Применяется в экологических и химических лабораториях различных промышленных предприятий, ЦГСЭН, ЖКХ, организациях Госкомприроды, медицине и т.д.
АКПМ-1-01 Г ТУ 4215-001-66109885-10	АСрО₂-03 Измерительная камера ИКПГ или ИКДГ Побудитель расхода	Измерения концентрации кислорода в газообразных средах. Для решения задач энергосбережения, оптимизации процессов горения топлива, экологического и производственного мониторинга состава воздуха промзоны, дымовых газов, обеспечения пожаровзрывобезопасных условий производства. Измерение концентрации кислорода в дыхательных газах в комплекте медтехники.
АКПМ-1-01 Т ТУ 4215-001-66109885-10	АСрО₂-04 Измерительная камера ИКПЖ с обратным клапаном	Измерения кислорода в воде, в том числе в микрограммовом диапазоне концентраций. Для контроля процессов водохимподготовки в теплоэнергетике: ТЭЦ, ГРЭС, АЭС, теплосети, котельных. Применяются в химической, нефтяной и пищевой промышленности, в агропромышленном и военнопромышленном комплексах.
АКПМ-1-01 П ТУ 4215-001-66109885-10	АСрО₂-05	Измерения концентрации кислорода в природных и

	Датчик погружного типа, выполнен в герметичном корпусе из нержавеющей стали	сточных водах на глубине. Для оптимизации работы очистных сооружений, СБОСВ, аэротенков и рыбоводческих хозяйств. Применяются на станциях экологического мониторинга.
АКПМ-1-01 Б ТУ 4215-001-66109885-10	АСрО₂-06 Стерилизуемые сенсоры при температуре 143 °С и давлении 3 ати. Выполнен в корпусе из нержавеющей стали. Типоразмер уточняется при заказе.	Измерения концентрации кислорода в культуральных жидкостях. Для решения задач аналитического контроля кислорода в биотехнологии, пищевой и фармацевтической промышленности, а также в особо чистых химических производствах, где требуется стерилизация АС.

Автокалибровка (для измерений в газах и воде)	По воздуху в парах воды
Спец калибровка (для измерений в неводных средах: пиво, нефтепродукты, органические жидкости и т.д.)	По воздуху в парах воды
Коррекция барометрического давления	есть
Коррекция высоты над уровнем моря	есть
Коррекция на соленость	есть
Тревожная сигнализация по верхнему и нижнему регулируемым пределам содержания кислорода	Звуковая, световая, “сухие контакты”
Время установления рабочего режима после включения, мин, не более	20
Токовый выход, мА	0/4 – 20, или 0 - 5
Возможность настройки шкалы самописца на требуемый диапазон измерения и задания коэффициента масштабирования (Км) при аварийном зашкаливании самописца	есть Км=2; 5; 10; 20
Возможность протоколирования результатов измерений с их сохранением в памяти анализатора и отображением на дисплее в табличном и графическом видах.	есть
Электронный блокнот	есть
Выходы на компьютер	RS-232 и RS-485
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	5000
Срок службы амперометрического сенсора	Не ограничен
Средний срок службы анализатора, лет, не менее	10
Потребляемая мощность, В*А, не более	5
Напряжение питания	36/220 В, 50 Гц
Дисплей с подсветкой	Графический
Клавиатура с подсветкой	Кнопочная
Габаритные размеры, мм, не более: - измерительного устройства - графического дисплея - измерительной камеры - амперометрического сенсора - длина кабеля, м не менее	200x200x100 80x50 100x90x30 16x80 2
Масса анализатора, кг, не более	2,0

Примечание: А - показания анализатора в выбранной единице измерения.

3. СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ И КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ

В комплект поставки входят изделия перечисленные в табл. 3

Таблица 3.

Наименование	Обозначение документа	Количество
1. Устройство измерительное АКПМ-1-01	НЖЮК 941429.001-03	1
2. Сенсор амперометрический	НЖЮК 943119.000-02	1*
3. Камера измерительная	НЖЮК 4.146.001-04	1*
Инструменты и принадлежности		
4. Флакон с электролитом	НЖЮК 6.870.062	1
5. Пробник с сульфитом натрия		1
6. Пробник с CoCl_2		1
7. Комплект монтажных петель		1
Запасные части		
8. Корпус ASpO_2 в сборе	НЖЮК 8.634.142	3
9. Кольцо резиновое	НЖЮК 8.623.160-01	1
Эксплуатационная документация		
10. Комплект эксплуатационной документации	НЖЮК941429.000-02РЭ	1

*) определяется вариантом поставки

4. ПОВЕРКА АНАЛИЗАТОРА.

4.1. Поверка анализаторов должна производиться не реже одного раза в 12 месяцев, а также после ремонта и длительного хранения.

4.2. Условия поверки и подготовка к ней.

4.2.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды 293 ± 5 °К, (20 ± 5) °С;
- относительная влажность 65 ± 15 % при температуре воздуха 293 ± 5 °К, (20 ± 5) °С;
- атмосферное давление $(99,9 \pm 6,6)$ кПа, (750 ± 50) мм.рт.ст.;
- напряжение сети 220 ± 22 В, $50 \pm 0,5$ Гц.

4.2.2. Перед проведением поверки анализатора необходимо выполнить подготовительные работы. Для этого разместите поверяемое изделие и необходимое оборудование на рабочем столе, обеспечив удобство работы и исключив попадание на него прямых солнечных лучей. Затем подготовьте анализатор к работе согласно разделу “Подготовка к работе” настоящего руководства.

4.3. Проведение поверки.

Научно-производственная фирма “БИОАНАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕНСОРЫ”
АНАЛИЗАТОР КИСЛОРОДА АКПМ-1-01

4.3.1. Поверка анализатора заключается во внешнем осмотре анализатора, определении систематической погрешности «Жидкость-газ», пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений концентрации (парциального давления) кислорода, температуры и времени установления показаний.

4.3.2. При проведении внешнего осмотра должно быть проверено:

- отсутствие механических повреждений, влияющих на точность показаний анализатора;
- чистота разъемов и гнезд;
- состояние соединительных проводов;
- состояние лакокрасочных покрытий и четкость маркировки.

Анализаторы, имеющие дефекты, которые затрудняют работу, бракуют и направляют в ремонт.

4.3.3. Определение систематической погрешности «жидкость-газ» проводят после калибровки анализатора по двум точкам согласно п. 9 руководства по эксплуатации.

АСрО₂ работает в режиме измерения парциального давления кислорода [1-3], и его сигнал является линейной функцией его парциального давления (см. п.п. 5.2, 8.3 РЭ). Этим, в частности, объясняется, что показания АС практически совпадают при измерениях рО₂ в газовой фазе и жидкости, находящейся с ней в состоянии динамического равновесия. В то же время, из-за неидеальности параметров АСрО₂ им характерна систематическая погрешность измерений, известная как коэффициент «Жидкость-газ» (см. п. 5.3.3.). Величина этой погрешности постоянна для каждого исполнения АСрО₂ и нормируется в технических характеристиках (см. п. 2). При измерениях рО₂ и сО₂ в жидкостях анализатор автоматически корректирует эту погрешность. Благодаря этому разница показаний анализатора при измерениях рО₂ и сО₂ в жидкости и газе, находящемся с ней в состоянии динамического равновесия, оказывается скомпенсированной. Введение автоматической коррекции систематической погрешности «жидкость-газ» позволяет испытания по определению пределов допускаемой абсолютной погрешности измерения парциального давления и концентрации растворенного в воде кислорода проводить по методикам описанным в п.п. 4.3.4.1 - 4.3.4.2, используя при этом ПГС. Перед проведением этих испытаний определяют коэффициент «жидкость-газ» и вводят его значение в анализатор для последующей автоматической коррекции результатов измерений (Рис. 8.3-7, РЭ).

Методика измерения систематической ошибки «Жидкость-газ» описана в Приложении 2.

Результаты испытаний считают удовлетворительными, если вычисленное значение систематической ошибки «Жидкость – газ» соответствует техническим характеристикам наверяемый анализатор (п. 2. настоящего паспорта).

Примечание. Для того чтобы анализатор вносил коррекцию на ошибку «жидкость-газ», свойственную Вашему сенсору, необходимо выполнить действия, изложенные в П2.

4.3.4. Определение пределов допускаемой абсолютной погрешности измерения концентрации (парциального давления) кислорода проводят после калибровки по двум точкам согласно п. 9 руководства по эксплуатации. Испытания могут проводиться как по аттестованным поверочным кислородосодержащим газовым смесям (ПГС), поставляемым в баллонах (п.4.3.4.1), так и в склянках с “ноль раствором” и воздухом, насыщенным парами воды (п.4.3.4.2).

4.3.4.1. Методика испытаний по определению пределов допускаемой абсолютной погрешности измерения концентрации (парциального давления) кислорода с использованием ПГС в баллонах.

Для проведения испытаний собирают установку показанную на рис. 4.1.

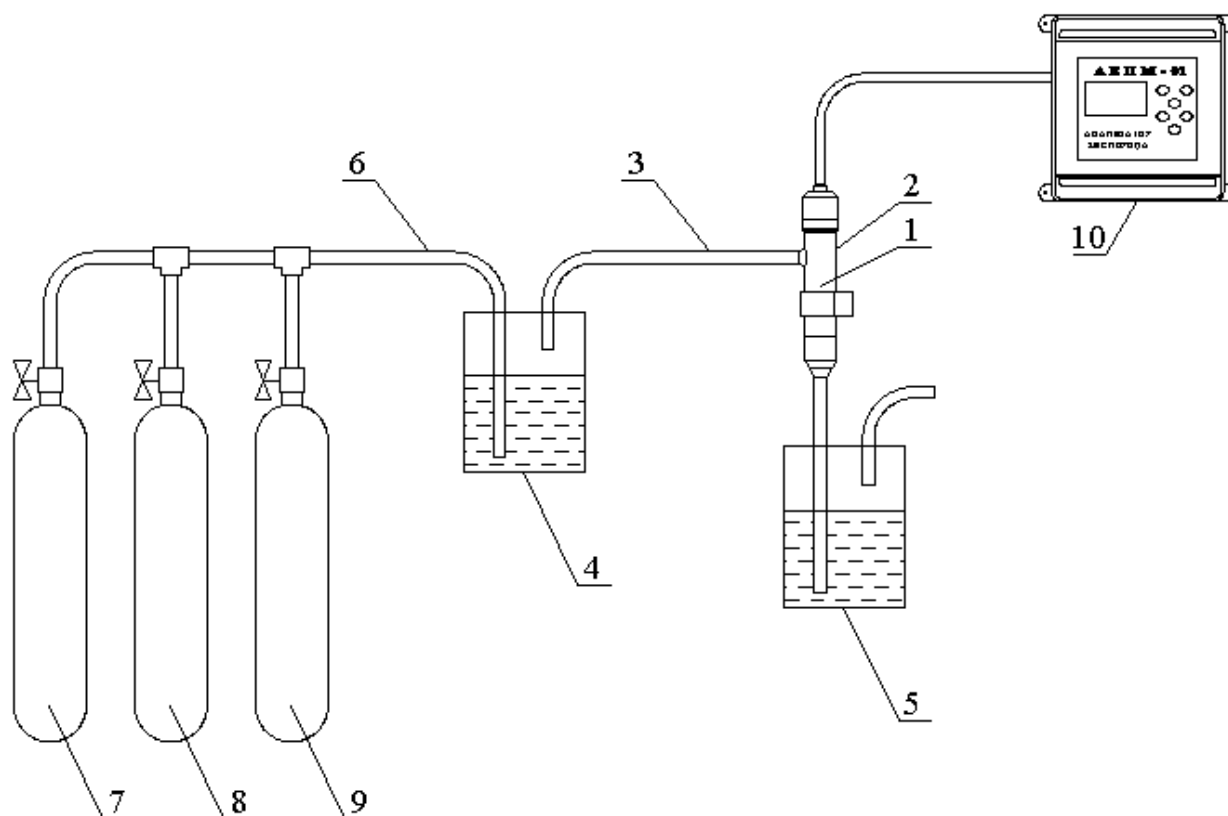


Рис.4.1. Схема установки.

1 - амперометрический сенсор; 2 - измерительная камера; 3 - выходная трубка измерительной камеры; 4 - увлажнитель; 5 - гидрозатвор; 6 - входная трубка увлажнителя; 7, 8, 9 - баллоны с поверочными газовыми смесями, 10 - анализатор кислорода АКПМ-01.

Амперометрический сенсор 1 устанавливают в измерительную камеру, выходную трубку которой подсоединяют к выходу увлажнителя 4. Входной штуцер ИК соединяют с гидрозатвором 5.

Поверку проводят следующим образом:

- Поочередно подсоединяют входную трубку (6) увлажнителя 5 к баллонам (7, 8, 9) с аттестованными поверочными газовыми смесями кислорода с азотом:
 "Газ №1" - 0% кислорода,
 "Газ №2" - 15 ± 5 % кислорода в азоте,
 "Газ №3" - 90 ± 5 % кислорода в азоте
- С помощью редуктора на одном из баллонов (7-9) устанавливают расход ПГС равный 2 –10 пузырьков в секунду (наблюдение ведут по гидрозатвору). ПГС пропускают в течение 15 минут, вытесняя при этом остатки воздуха из магистрали и насыщая ПГС парами воды.
- После достижения устойчивых показаний производят отсчет концентрации (парциального давления) кислорода в выбранной оператором единице измерения (об. %, кПа, мм.рт.ст., мг/л), а также температуры.
- Для каждой ПГС производят 3 ÷ 5 измерений.
- Рассчитывают концентрацию и/или парциальное давление кислорода в ПГС, насыщенных парами воды по формулам:

$$X_j = ((B - p_{H_2O})/B) * Y_j \quad (1)$$

$$(pO_2)_j = (B - p_{H_2O}) * Y_j / 100 \quad (2)$$

$$C_j = (CO_2)_{табл} * (pO_2)_j / (760 - p_{H_2O}) / 0,2093 \quad (3)$$

где: B – барометрическое давление;

Y_j – процентное содержание кислорода в ПГС;

X_j , $(pO_2)_j$ и C_j – расчетные значения процентного содержания (об. %), парциального давления (мм. рт. ст. или кПа) и концентрации растворенного кислорода (мкг/л, мг/л), соответствующие j -ой ПГС;

J – номер ПГС;

$p_{H_2O} = (1,014 * 10^9 * \exp(-5233/(t+273)) - 0,2401) * (B/760,0)$ давление насыщенных водяных паров при температуре измерения;

$(CO_2)_{табл}$ – табличное значение концентрации растворенного в воде кислорода, при температуре измерения (t) (данные берутся из таблицы в ПЗ).

t – температура измерения, °С

- Вычисляют значения пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений (Δ) по формулам

$$\Delta_{ij(об. \%)} = | A_{ij} - X_j | \quad (4)$$

$$\Delta_{ij(pO_2)} = | A_{ij} - (pO_2)_j | \quad (5)$$

$$\Delta_{ij(CO_2)} = | A_{ij} - C_j | \quad (6)$$

где: A_{ij} – показания анализатора в выбранной оператором единице измерения для j -й ПГС и i -го измерения;

Для каждой ПГС вычисляют значения основной абсолютной погрешности измерений ($\bar{\Delta}_j$) как среднее арифметическое абсолютных погрешностей по совокупности измерений

$$\bar{\Delta}_j (\text{об. \%}) = \sum_i \Delta_{ij}(\text{об. \%}) / n \quad (7)$$

$$\bar{\Delta}_j (pO_2) = \sum_i \Delta_{ij}(pO_2) / n \quad (8)$$

$$\bar{\Delta}_j (cO_2) = \sum_i \Delta_{ij}(cO_2) / n \quad (9)$$

где: n – количество измерений для J -ой ПГС, $n = 3 \div 5$;

Результаты поверки анализатора считают удовлетворительными, если пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений процентного содержания, парциального давления и концентрации растворенного кислорода для каждой из ПГС находится в соответствии с техническими характеристиками на поверяемый анализатор (п. 2. настоящего паспорта).

4.3.4.2. Методика испытаний по определению пределов допускаемой абсолютной погрешности измерения концентрации (парциального давления) кислорода в склянках с “ноль раствором” и воздухом, насыщенным парами воды.

Примечание. Поверка анализаторов по данной методике позволяет отказаться от приобретения ПГС в баллонах.

В режиме «Установки» выберите измеряемую величину.

Для испытаний в “ноль растворе” приготавливают 0.2 дм³ 5% водного раствора сульфита натрия (Na₂SO₃, ГОСТ 195-77) с добавлением 20 мг растворимой соли кобальта, серебра или меди (например, кобальта хлористого – CoCl₂*6H₂O, ГОСТ 4525-77). Чувствительную часть АС погружают в “ноль раствор”. Наличие пузырьков воздуха в окрестности чувствительной части амперометрического сенсора не допускается. После достижения устойчивых показаний производят их отсчет.

Для испытаний в воздухе тщательно промывают чувствительную часть амперометрического сенсора водой и с помощью фильтровальной бумаги удаляют капли воды с чувствительной поверхности АсрО₂. Затем АС погружают в “калибровочную склянку”, на дно которой предварительно наливают от 2 до 10 мл воды. После достижения устойчивых показаний производят отсчет.

При испытаниях в “ноль растворе” и в воздухе производят по 3 ÷ 5 измерений, тщательно промывая чувствительную часть сенсора в проточной воде после “ноль раствора”.

- Рассчитывают концентрацию и/или парциальное давление кислорода по формулам:

$$X_j = ((B - p_{H_2O})/B) * Y_j \quad (10)$$

$$(pO_2)_j = (B - p_{H_2O}) * Y_j / 100 \quad (11)$$

$$C_j = (CO_2)_{табл} * (pO_2)_j / (760 - p_{H_2O}) / 0,2093 \quad (12)$$

где: B – барометрическое давление;

Y_j – процентное содержание кислорода равное 20,93% в воздухе и 0% в “ноль растворе”;

X_j , $(pO_2)_j$ и C_j – расчетные значения процентного содержания (об. %), парциального давления (мм. рт. ст. или кПа) и концентрации растворенного кислорода (мкг/л, мг/л);

J – 1,2 - обозначение воздуха и раствора сульфита натрия;

$p_{H_2O} = (1,014 * 10^9 * \exp(-5233/(t+273)) - 0,2401) * (B/760,0)$ – давление насыщенных водяных паров при температуре измерения;

$(CO_2)_{табл}$ – табличное значение концентрации растворенного в воде кислорода, при температуре измерения (t) (данные берутся из таблицы в ПЗ).

t – температура измерения, °C

- Вычисляют значения пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений (Δ) по формулам

$$\Delta_{ij}(\text{об. \%}) = |A_{ij} - X_j| \quad (13)$$

$$\Delta_{ij}(pO_2) = |A_{ij} - (pO_2)_j| \quad (14)$$

$$\Delta_{ij}(CO_2) = |A_{ij} - C_j| \quad (15)$$

где: A_{ij} – показания анализатора в выбранной оператором единице измерения для i -го измерения;

Для воздуха и “ноль раствора” вычисляют значения пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений ($\bar{\Delta}_j$) как среднее арифметическое абсолютных погрешностей по совокупности измерений

$$\bar{\Delta}_j (\text{об. \%}) = \sum_i \Delta_{ij}(\text{об. \%}) / n \quad (16)$$

$$\bar{\Delta}_j (pO_2) = \sum_i \Delta_{ij}(pO_2) / n \quad (17)$$

$$\bar{\Delta}_j (CO_2) = \sum_i \Delta_{ij}(CO_2) / n \quad (18)$$

где: n – количество измерений, $n = 3 \div 5$;

Результаты поверки анализатора считают удовлетворительными, если пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений процентного содержания, парциального давления и концентрации растворенного кислорода для воздуха и “ноль раствора” находятся в соответствии с техническими характеристиками на поверяемый анализатор (п. 2. настоящего паспорта)

4.3.5. Определение времени установления показаний.

Проверку времени установления показаний рекомендуется совмещать с испытаниями по определению пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений концентрации кислорода.

4.3.5.1. При проведении испытаний по методике п. 4.3.4.1 проверку времени установления показаний проводят следующим образом.

- Входную трубку увлажнителя отсоединяют от баллонов с ПГС и продувают увлажнитель атмосферным воздухом с помощью побудителя расхода (груша или микрокомпрессор»).
- С помощью редуктора на одном из баллонов устанавливают расход ПГС равный 5 -10 пузырьков в минуту. После стабилизации показаний $АСрО_2$ в воздухе, входную трубку увлажнителя подсоединяют к баллону с ПГС и фиксируют время достижения 10% показаний от расчетной концентрации X_j , вычисленной по формуле (1).

Результаты поверки анализатора считают удовлетворительными, если время установления показаний соответствует техническим характеристикам на поверяемый анализатор (см. п. 2).

4.3.5.2. При проведении испытаний по методике п. 4.3.4.2 проверку времени установления показаний проводят следующим образом.

- Устанавливают $АСрО_2$ в “калибровочную” склянку. Дожидаются установления стабильных показаний и производят их отсчет.
- Переносят $АСрО_2$ в "ноль-раствор", и фиксируют время, прошедшее до достижения показаний уровня $0,85 \text{ мг/дм}^3$.
- Поверку анализатора считают положительной, если время установления показаний соответствует техническим характеристикам на поверяемый анализатор (см. п. 2).

4.3.6. Определение пределов допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры на отметках 0, 25, 50 °С шкалы проверяемого прибора путем сравнения его показаний с показаниями эталонного термометра (ТЛ-4 или термометр более высокого класса точности).

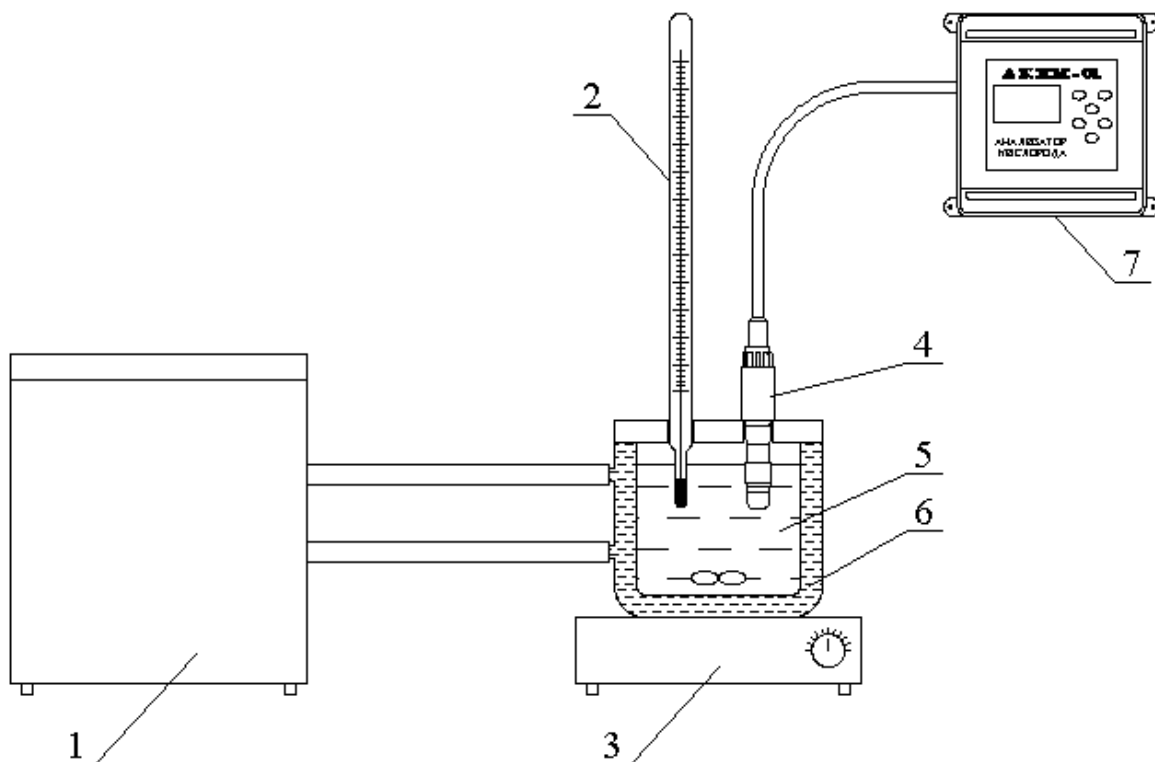


Рис.4.2. Схема установки для поверки прибора.

1 - термостат жидкостной; 2 - эталонный термометр; 3 - магнитная мешалка; 4 - амперометрический сенсор; 5 - вода; 6 - термостатируемый стакан; 7 - анализатор кислорода АКПИМ-01.

4.3.6.1. В соответствии со схемой показанной на рис. 4.2., собирают установку и проводят следующие операции:

- погружают чувствительную часть $ASrO_2$ и термометр на глубину 20-30 мм в термостатируемый стакан с интенсивно перемешиваемой водой, имеющей температуру поверяемой отметки шкалы;
- после выдержки в воде в течение не менее 5 минут снимают показания температуры термометра анализатора и эталонного термометра.

Примечание. Количество отметок шкалы может быть увеличено или уменьшено исходя из реального диапазона измерений температуры поверяемого прибора, но с обязательным включением начального и конечного значений диапазона измерений поверяемого прибора.

4.3.6.2. Предел Δ_T допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры прибором рассчитывают по формуле

$$\Delta_T = T^0 - T^1 \quad (9)$$

где: T^1 – значение температуры среды, измеренное прибором;

T^0 значение температуры среды, измеренное эталонным термометром.

4.3.6.3. Если значение Δ_T , рассчитанное для каждого выбранного значения отметки шкалы температур, не превышает значения, указанного в п. 2, результаты испытаний считаются удовлетворительными, а прибор признают пригодным к дальнейшему проведению испытаний. В противном случае прибор бракуют.

4.3.7. По результатам поверки выдается свидетельство о первичной или периодической поверке.

ПРИМЕЧАНИЕ. Поверку анализаторов в соответствии с данной методикой могут осуществлять ГП ВНИИФТРИ (ГОССТАДАРТ РФ), «РОСТТЕСТ Москва» и региональные ЦСМ. Предприятие-изготовитель ООО «Фирма «Альфа БАССЕНС» осуществляет дальнейшую поддержку своих Покупателей, предлагая услуги по сервисному обслуживанию анализаторов, их подготовке к проведению периодической поверки и представлению анализаторов в органы Госстандарта для проведения периодической поверки.

5. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

5.1. Анализатор в упаковке предприятия-изготовителя должен храниться в закрытом помещении при температуре от 5 до 50 °С и относительной влажности не более 80 % при температуре 25 °С (условия хранения 1 по ГОСТ 15150).

5.2. При длительном хранении амперометрических сенсоров у потребителя (более 6 месяцев) необходимо слить раствор электролита.

6. ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ (ПОСТАВЩИКА)

6.1. Гарантийный срок эксплуатации анализатора при соблюдении Потребителем условий эксплуатации, установленных настоящим паспортом, составляет 24 месяца со дня продажи прибора.

6.2. Гарантийный срок хранения без переконсервации при соблюдении правил хранения - 3 года.

6.3. В течение гарантийного срока при соблюдении потребителем правил эксплуатации предприятие - изготовитель безвозмездно ремонтирует или заменяет анализатор или его части по предъявлению гарантийного талона (Приложение 1).

7. СВЕДЕНИЯ О РЕКЛАМАЦИЯХ

В случае отказа анализатора или обнаружения неисправности в его работе в период действия обязательств, а также обнаружения некомплектности при его первичной приемке, владелец прибора должен составить акт о необходимости отправки прибора предприятию-изготовителю, или поставщику, или предприятию, осуществляющему гарантийное обслуживание.

Научно-производственная фирма «БИОАНАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕНСОРЫ»
АНАЛИЗАТОР КИСЛОРОДА АКПМ-1-01

8. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

Анализатор кислорода промышленный многофункциональный АКПМ-1-01 ,
заводской номер № _____ соответствует техническим
условиям
ТУ4215-001-66109885-10 и признан годным для эксплуатации.

Дата выпуска _____ 201__ г.

М.П.

Подписи или оттиски личных клейм, ответственных за приемку.

ООО "Фирма "Альфа БАССЕНС"

Предприятие изготовитель

Г А Р А Н Т И Й Н Ы Й Т А Л О Н № 1

на ремонт (замену) в течение гарантийного срока анализатора кислорода
АКПМ-1-01 ТУ 4215-001-66109885-10

Номер и дата выпуска _____
(заполняется завод изготовителем)

Приобретен _____
(дата, подпись и штамп торгующей организации)

Введен в эксплуатацию _____
(дата, подпись)

принят на гарантийное обслуживание ремонтным предприятием

М.П. Руководитель предприятия _____

ООО "Фирма "Альфа БАССЕНС"

Предприятие изготовитель

Г А Р А Н Т И Й Н Ы Й Т А Л О Н №2

на ремонт (замену) в течение гарантийного срока анализатора кислорода
АКПМ-1-01 ТУ 4215-001-66109885-10

Номер и дата выпуска _____
(заполняется завод изготовителем)

Приобретен _____
(дата, подпись и штамп торгующей организации)

Введен в эксплуатацию _____
(дата, подпись)

принят на гарантийное обслуживание ремонтным предприятием

М.П. Руководитель предприятия _____

Методика измерения и процедура внесения коррекции систематической ошибки «Жидкость-газ»

Перед началом измерения систематической ошибки «Жидкость-газ» необходимо установить нулевую коррекцию данной ошибки, выполнив п. 5 настоящего приложения.

1. В соответствии с РЭ проведите калибровку анализатора по атмосферному воздуху (см. п. 9).
2. В меню «Установки» выберите единицу измерения – нас. % (см. рис. 8.3-8, рис. 8.3-9).
3. Приготовьте 0,5 л дистиллированной воды, насыщенной кислородом воздуха. Для этого налейте 0,5 л дистиллированной воды в колбу емкостью 1 л и взбалтывайте воду в течение 15 минут. Затем через 5 минут перелейте воду в стакан емкостью 0,6 – 1 л, опустите в него активатор и поставьте на магнитную мешалку. Включите магнитную мешалку и опустите чувствительную часть сенсора в перемешиваемую воду. После достижения устойчивых показаний произведите их отсчет.

4. Вычислите значение коэффициента «Жидкость – газ» по формуле

$$K = (A_{г} - A_{ж}) / A_{г} * 100, \quad (П.2.1)$$

где: $A_{г}$ и $A_{ж}$ - показания анализатора при измерениях в газовой фазе и в жидкости (воде), находящейся с ней в состоянии равновесия в об. %.

5. Для того чтобы анализатор вносил коррекцию на ошибку «жидкость-газ», свойственную Вашему сенсору, необходимо выполнить следующие действия:

- 5.1. Нажмите клавишу «Ввод» и войдите в Главное меню (см. рис. 8.2-1).

- 5.2. Выберите опцию «Калибровка» и нажмите клавишу «Ввод»

**СЛУЖЕБНОЕ МЕНЮ
КАЛИБРОВКА:**

**Системные кал-ки
Нулевой точки
По значению 0:**

- 5.3. Нажмите клавишу «Вниз» и, удерживая ее в нажатом состоянии, нажмите «Ввод». На дисплее анализатора высветится служебное меню, показанное на рис. П2-1

Рис. П2-1. Служебное меню.

- 5.4. В открывшемся окне выберите опцию «Системные калибровки» и нажмите «Ввод». На дисплее анализатора высветится окно, показанное на рис. П2-2.

- 5.5 В открывшемся окне выберите опцию «Ошибки Ж-Г» и нажмите «Ввод». На дисплее анализатора высветится окно, показанное на рис. П2-3.

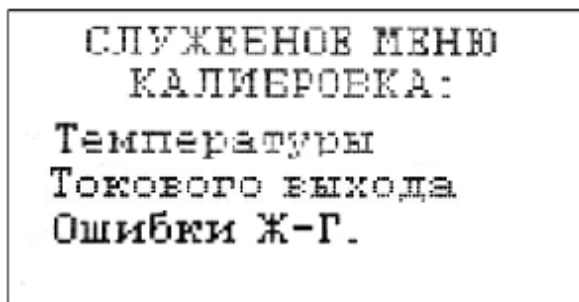


Рис. П2-2. Окно системных калибровок.

5.6. С помощью клавиш перемещения курсора введите расчетное значение коэффициента «Жидкость-газ». После ввода в энергонезависимую память значения коэффициента «Жидкость-газ» анализатор автоматически будет вносить коррекцию при проведении измерений в жидкостях. При измерениях в газах коррекция вноситься не будет.

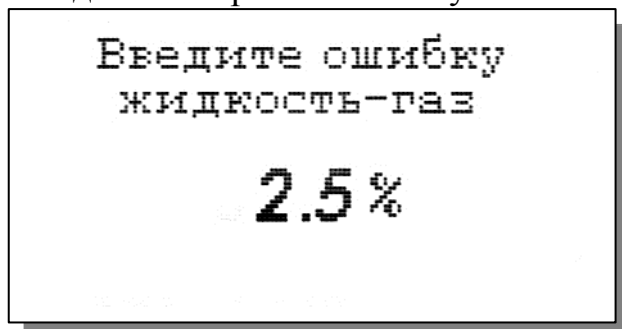


Рис.

П2-3. Окно ввода ошибки «Жидкость-газ».

Процедура внесения коррекции на зависимость сигнала сенсора от скорости потока анализируемой жидкости.

Систематическая ошибка «Жидкость – газ» также проявляется в зависимости сигнала сенсора от скорости потока. В тех случаях, когда измерения проводят при постоянной скорости потока, эту погрешность измерения можно исключить. Для этого сначала необходимо выполнить п.п. 1, 2 методики П2. Затем необходимо собрать установку, обеспечивающую требуемую скорость протока дистиллированной воды, насыщенной кислородом воздуха, через измерительную камеру АС. Такая установка, например, может быть собрана с использованием перистальтического насоса с регулируемым расходом. Установите расход дистиллированной воды через измерительную камеру близкий к реальному расходу анализируемой жидкости при ее анализе. После достижения устойчивых показаний произведите их отсчет. Затем выполните п.п. 4, 5 методики, описанной в П2. После ввода в энергонезависимую память значения коэффициента «Жидкость-газ», анализатор автоматически будет вносить коррекцию при проведении измерений в жидкостях. При измерениях в газах коррекция вноситься не будет

Приложение 3.

Таблица зависимости концентрации кислорода в дистиллированной воде от температуры при атмосферном давлении 760 мм.рт.ст.

°C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0,0	14,56	14,52	14,48	14,44	14,40	14,37	14,33	14,29	14,25	14,21
1,0	14,18	14,14	14,10	14,06	14,03	13,99	13,95	13,92	13,88	13,84
2,0	13,81	13,77	13,73	13,70	13,66	13,63	13,59	13,56	13,52	13,49
3,0	13,45	13,42	13,38	13,35	13,31	13,28	13,24	13,21	13,17	13,14
4,0	13,11	13,07	13,04	13,01	12,97	12,94	12,91	12,87	12,84	12,81
5,0	12,78	12,74	12,71	12,68	12,65	12,61	12,58	12,55	12,52	12,49
6,0	12,46	12,43	12,39	12,36	12,33	12,30	12,27	12,24	12,21	12,18
7,0	12,15	12,12	12,09	12,06	12,03	12,00	11,97	11,94	11,91	11,88
8,0	11,85	11,82	11,80	11,77	11,74	11,71	11,68	11,65	11,62	11,60
9,0	11,57	11,54	11,51	11,49	11,46	11,43	11,40	11,38	11,35	11,32
10,0	11,29	11,27	11,24	11,21	11,19	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06
11,0	11,03	11,01	10,98	10,95	10,93	10,90	10,88	10,85	10,83	10,80
12,0	10,78	10,75	10,73	10,70	10,68	10,66	10,63	10,61	10,58	10,56
13,0	10,54	10,51	10,49	10,46	10,44	10,42	10,39	10,37	10,35	10,32
14,0	10,30	10,28	10,26	10,23	10,21	10,19	10,17	10,14	10,12	10,10
15,0	10,08	10,05	10,03	10,01	9,99	9,97	9,95	9,92	9,90	9,88
16,0	9,86	9,84	9,82	9,80	9,78	9,76	9,74	9,71	9,69	9,67
17,0	9,65	9,63	9,61	9,59	9,57	9,55	9,53	9,51	9,49	9,47
18,0	9,45	9,43	9,42	9,40	9,38	9,36	9,34	9,32	9,30	9,28
19,0	9,26	9,24	9,25	9,21	9,19	9,17	9,15	9,13	9,11	9,10
20,0	9,08	9,06	9,03	9,02	9,01	8,95	8,97	8,95	8,94	8,92
21,0	8,90	8,88	8,87	8,85	8,83	8,82	8,80	8,78	8,77	8,75
22,0	8,73	8,72	8,70	8,68	8,67	8,65	8,63	8,62	8,60	8,58
23,0	8,57	8,55	8,54	8,52	8,50	8,49	8,47	8,46	8,44	8,43
24,0	8,41	8,40	8,38	8,37	8,35	8,33	8,32	8,30	8,29	8,27
25,0	8,26	8,24	8,23	8,22	8,20	8,19	8,17	8,16	8,14	8,13
26,0	8,11	8,10	8,09	8,07	8,06	8,04	8,03	8,01	8,00	7,99
27,0	7,97	7,96	7,95	7,93	7,92	7,90	7,89	7,88	7,86	7,85
28,0	7,84	7,82	7,81	7,80	7,78	7,77	7,76	7,74	7,73	7,72
29,0	7,71	7,69	7,68	7,67	7,65	7,64	7,63	7,62	7,60	7,59
30,0	7,58	7,57	7,55	7,54	7,53	7,52	7,50	7,49	7,48	7,47
31,0	7,45	7,44	7,43	7,42	7,41	7,39	7,38	7,37	7,36	7,35
32,0	7,35	7,32	7,31	7,30	7,29	7,28	7,26	7,25	7,24	7,23
33,0	7,22	7,21	7,19	7,18	7,17	7,16	7,15	7,14	7,13	7,11
34,0	7,10	7,09	7,08	7,07	7,06	7,05	7,04	7,03	7,01	7,00
35,0	6,99	6,98	6,97	6,96	6,95	6,94	6,93	6,92	6,90	6,89

Методика калибровки датчика температуры

При выпуске из производства встроенный в амперометрический сенсор датчик температуры калибруется по методике, алгоритм выполнения которой записан в служебном меню анализатора. Прибегать к калибровке датчика температуры следует только при замене сенсора на новый. В этом случае подключите новый сенсор к измерительному устройству и включите анализатор. Для проведения калибровки датчика температуры Вам необходимо собрать установку показанную на рис. П4-2. С помощью этой установки необходимо обеспечить три отметки шкалы температуры в диапазоне 5 -50°C. Если в вашей лаборатории нет термостата, можно три отметки шкалы температуры обеспечить более простым способом. Для этого Вам необходим термос, стакан с дистиллированной водой комнатной температуры и пластиковый стакан со льдом. В термос налейте дистиллированную воду подогретую до 50 +5°C. В стакане со льдом выполните отверстие диаметром 10 мм. Для увеличения диаметра этого отверстия до 16 мм залейте в него теплой воды. Через 5-10 минут вода в лунке будет иметь температуру таяния льда ~ 0°C.

Для проведения калибровки датчика температуры необходимо перейти в служебное меню калибровок, показанное на рис. П2-2. Для этого выполните пункты 5.1. – 5.4. Приложения 2 и, выбрав опцию «ТЕМПЕРАТУРЫ», нажмите «ВВОД». В открывшемся окне (см. рис. П4-1) выберите опцию «Нижней точки» и нажмите «ВВОД».

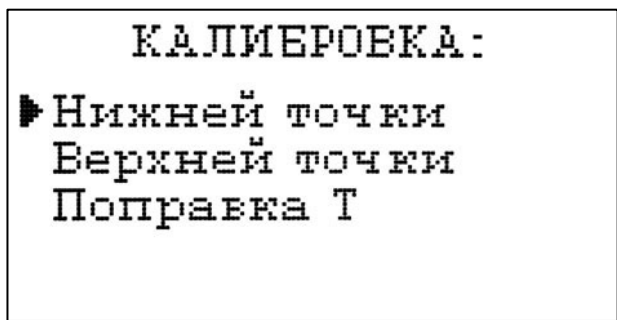
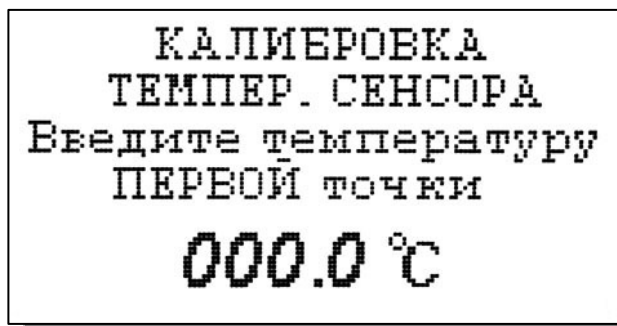


Рис. П4-1. Окно «Калибровка датчика температуры».

Погрузите сенсор и образцовый термометр в термостатируемый стакан с температурой нижней отметки шкалы: 5+1°C или в лунку в стакане со льдом. Дождитесь установления показаний термометра (см. Рис. П4-2.) и нажмите «ВВОД».

Рис. П4-2. Окно показаний термометра.





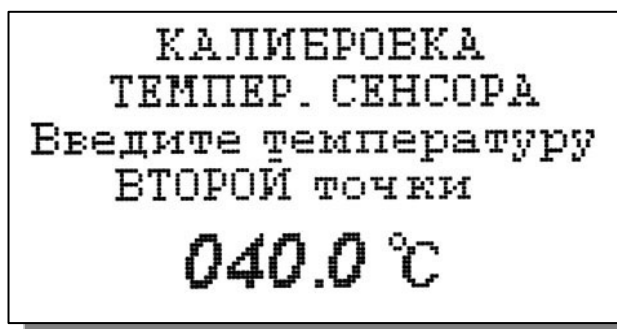
В открывшемся окне (см. Рис. П4-3.) введите температуру нижней точки с помощью клавиш перемещения курсора и нажмите «ВВОД».

Рис. П4-3. Окно ввода температуры нижней точки шкалы.

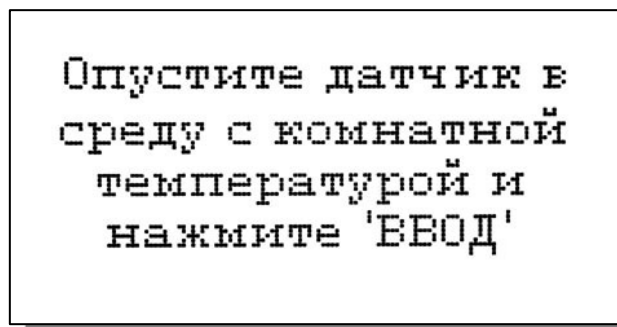
После сообщения об успешной калибровке нижней точки на экране вновь появится меню калибровки датчика температуры (Рис. П4-1). Выберите опцию «Верхней точки» и нажмите «ВВОД».

Погрузите сенсор и образцовый термометр в термостатируемый стакан или термос с температурой верхней отметки шкалы и, дождавшись установления показаний термометра (см. Рис. П4-2.), нажмите «ВВОД». Считайте показание образцового термометра и с помощью клавиш перемещения курсора введите это значение (см. рис.4-4.).

Рис. П4-4. Окно ввода температуры нижней точки шкалы.



После сообщения об успешной калибровке верхней точки на экране вновь



появится меню калибровки датчика температуры (Рис. П4-1). Выберите опцию «Поправка T» и нажмите «ВВОД».

Выполните инструкцию показанную на дисплее анализатора (см. рис. П4-5.) и нажмите «ВВОД».

Рис. П4-6. Окно с инструкцией

Дождитесь установления показаний термометра (см. Рис. П4-2.) и нажмите «ВВОД». Считайте показание температуры с образцового термометра и введите это значение с клавиатуры (см. рис. П4-7.). Нажмите «ВВОД».

Рис. П4-7. Окно для ввода температуры.



Методика калибровки нулевой точки анализатора

В качестве стандартного образца с нулевым содержанием кислорода можно использовать «Ноль-раствор» или инертный газ высокой степени чистоты (аргон, азот). Для приготовления «Ноль раствора» 10 ± 0.5 г сульфита натрия (Na_2SO_3 ГОСТ 195-77) растворяют в 200 мл водопроводной воды и добавляют 20-50 мг растворимой соли кобальта или серебра (например, кобальта хлористого – $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, ГОСТ 4525-77). Добавка солей тяжелых металлов используется в качестве катализатора реакции окисления сульфита натрия. Через 10 минут «Ноль-раствор» может использоваться для калибровки. Калибровку сенсоров АСрО₂-01 – АСрО₂-04 можно проводить не доставая их из измерительной камеры или помещая их в склянку с «Ноль раствором». В качестве склянки удобно использовать стандартную склянку БПК или колбу со шлифом 14.

Если калибровка будет проводиться в измерительной камере, Вам необходимо заполнить ее "Ноль - раствором". Для этого шприц емкостью 20 мл герметично соедините с выходной трубкой камеры, предварительно установив поршень в утопленное положение. Конец входной трубки опустите в сосуд с «Ноль раствором». Вытягивая поршень шприца, заполните измерительную камеру «Ноль раствором». Повторите данную операцию 2-3 раза, пока камера и обе трубки не заполнятся до конца. Благодаря обратному клапану «Ноль раствор» не будет вытекать из входной трубки.

Если калибровка будет проводиться в склянке БПК, Вам необходимо достать сенсор из измерительной камеры. Для этого открутите накидную гайку, осторожно достаньте сенсор (см. рис. 3.2), а затем погрузите его чувствительную часть в склянку с «Ноль раствором».

Калибровку сенсоров АСрО₂-05 и АСрО₂-06 по «Ноль раствору» обычно проводят в наполовину заполненном стакане.

ВНИМАНИЕ ! Убедитесь в отсутствии пузырьков воздуха на чувствительной части амперометрического сенсора.

Для проведения калибровки анализатора по нулевой точке Вам необходимо перейти в служебное меню, показанное на рис. П2-1, выполнив операции 5.1. – 5.3. Приложения 2.

С помощью клавиш перемещения курсора выберите опцию «Нулевой точки» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно «КАЛИБРОВКА НУЛЯ», показанное на рис. П5-1.

Рис. П5-1. Окно «КАЛИБРОВКА НУЛЯ»

КАЛИБРОВКА НУЛЯ
Установите сенсор
в среду с нулевым
содержанием O_2
и нажмите ВВОД

После установки АС в среду с нулевым содержанием кислорода нажмите «Ввод». На дисплее анализатора появится окно сообщений, показанное на рис.

После стабилизации
показаний нажмите
'ВВОД'
0.01 06%

П5-2. В нижней части окна выведется текущее значение измеряемой величины в предварительно выбранной Вами единице измерения.

После стабилизации показаний нажмите клавишу «ВВОД».

Рис. П5-2. Окно сообщений

Для точной калибровки нулевой точки амперометрический сенсор должен быть подключен к анализатору не менее 12 часов. Если амперометрический сенсор перед проведением калибровки не отключался от анализатора и находился в "Ноль - растворе" или в воде с низким содержанием кислорода, то показания анализатора должны снизиться до значений $0 - 5 \text{ мкг/дм}^3$ менее чем за 15 мин. Если показания анализатора превышают 5 мкг/л , необходимо подождать еще 20-30 мин., а затем после стабилизации показаний нажать клавишу «ВВОД».

На дисплее анализатора на 3-5 сек. появится сообщение «Калибровка нулевой точки успешно завершена», а затем анализатор перейдет в режим измерений, и на дисплее отобразится окно, показанное на рис. 8.1.

Методика калибровки токового выхода.

Для калибровки токового выхода необходимо выключить питание анализатора, отсоединить от клемм токового выхода рабочий кабель и подсоединить к ним миллиамперметр (см. рис. П6-1). Включите питание прибора.

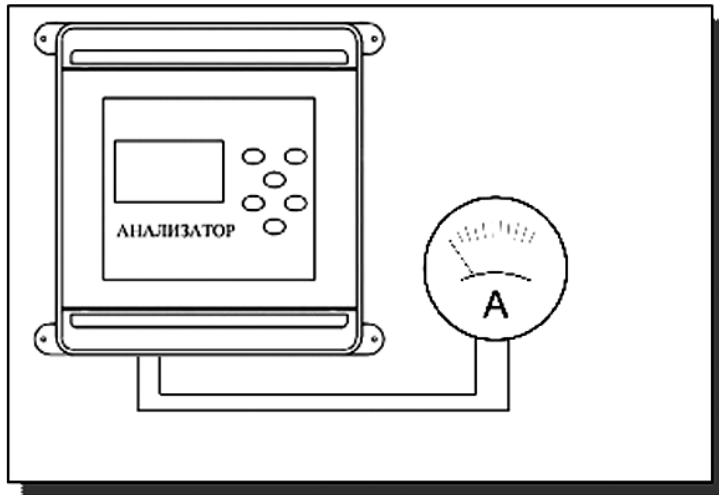


Рис. П6-1 Подключение миллиамперметра к токовому выходу анализатора

Перейдите в служебное меню калибровок, показанное на рис. П2-2, выполнив пункты 5.1. – 5.4. Приложения 2. Выберите опцию «ТОКОВОГО ВЫХОДА», нажмите «ВВОД».

На дисплее анализатора откроется окно, показанное на рис П6-2.

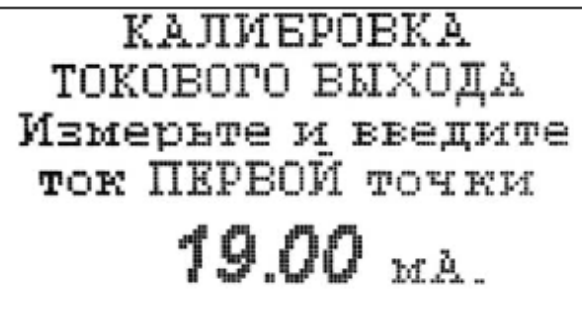
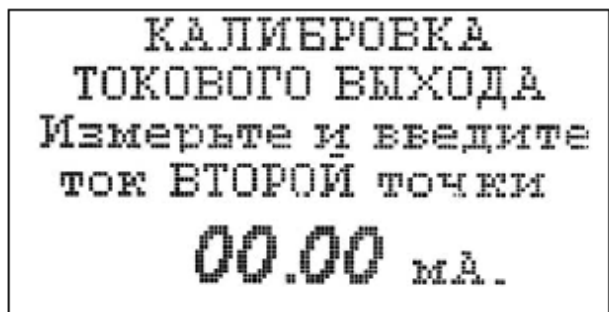


Рис. П6-2. Окно калибровки токового выхода.



Считайте показание миллиамперметра и введите результат с помощью клавиш перемещения курсора. После нажатия кнопки «ВВОД» анализатор аналогично предложит ввести ток второй точки.(см. рис.П6-3).

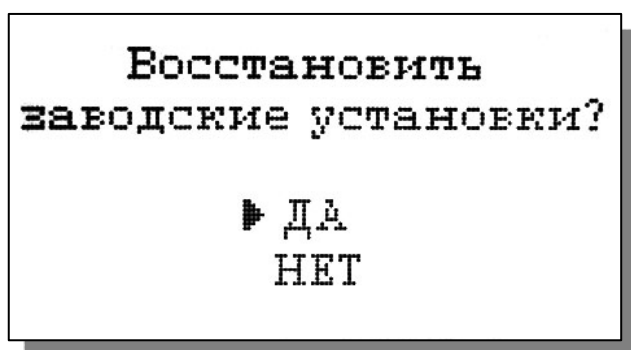
Рис. П6-3. Окно калибровки токового выхода.

По окончании калибровки второй точки вновь откроется окно служебного меню калибровок (рис. П2-2). Для возвращения в окно измерений нажмите клавишу отмена 4 раза.

Восстановление заводских параметров

К процедуре восстановления заводских параметров следует прибегать только в крайних случаях. При этом нужно четко выполнять инструкции, высвечиваемые на дисплее анализатора.

Для восстановления заводских параметров нужно войти в окно «УСТАНОВКА» (см. Рис. 8.3-1.) и, удерживая клавишу «ВНИЗ», нажать клавишу «ВВОД». В появившемся на экране служебном меню установок необходимо выбрать опцию «Завод. настройки» и нажать «ВВОД». Для восстановления заводских установок в диалоговом окне выберите опцию «ДА» и нажмите «ВВОД».



Ограничение доступа к калибровкам.

8.1 Ограничение доступа к калибровкам прибора осуществляется по средствам пароля..

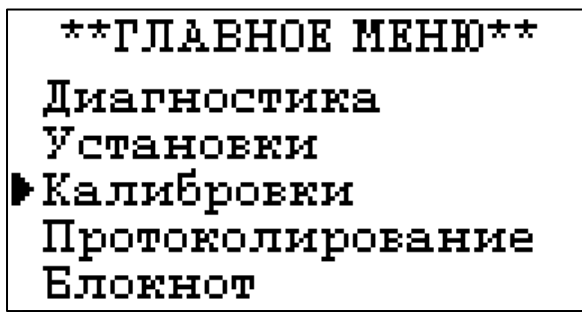


Рис. П8-1.

После выбора меню калибровок в главном меню (рис. П8-1) на экране появится запрос на ввод пароля (рис. П8-2)



Рис. П8-2.

При помощи клавиш перемещения курсора введите текущий пароль (рис. П7-3).

При выпуске из производства пароль равен **0000**.

Отмену этого действия можно произвести нажатием клавиши “ОТМЕНА”

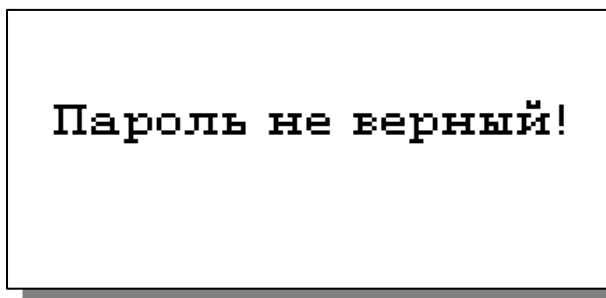


Рис. П8-3.

Если был введён неправильный пароль, на экране прибора появится уведомление об этом (рис. П8-3).

Если пароль введен верно, на экране появится меню калибровок.

8.2 Изменение текущего пароля.

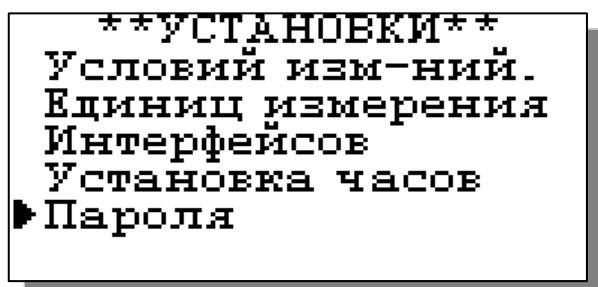


Рис. П8-4.

Для изменения пароля зайдите в меню установок и выберите меню Установки пароля (рис. П8-4).

Для изменения пароля сначала необходимо ввести действующий пароль (рис.П8-5)

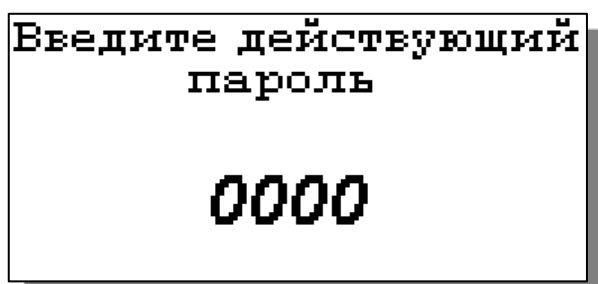


Рис. П8-5.

Если был введён неправильный пароль, на экране прибора появится уведомление об этом (рис. П8-3), после чего прибор предложит снова ввести пароль (рис.П8-5). Отмену этого действия можно произвести нажатием клавиши "ОТМЕНА"

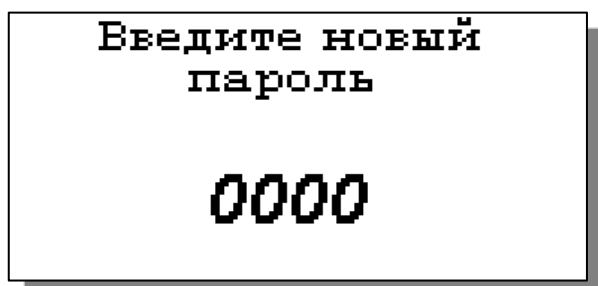


Рис. П8-6.

Далее, если был введён верный действующий пароль, прибор предложит ввести новый(рис.П8-6).

Будьте внимательны, запоминайте устанавливаемый пароль!

В случае утери пароля Вы можете обратиться в сервис-центр нашей фирмы для получения инструкций по его восстановлению.

Передача данных по сети RS485.

Общие сведения

Конфигурация: выбор перемычкой режима “оконечный подчиненный”, настройка сетевого адреса.

Скорость передачи данных: 9600 бит в секунду.

Формат данных: Один стартовый бит, один стоповый бит, восемь информационных битов, отсутствие четности.

Структура данных: Протокол Modicon Modbus (RTU).

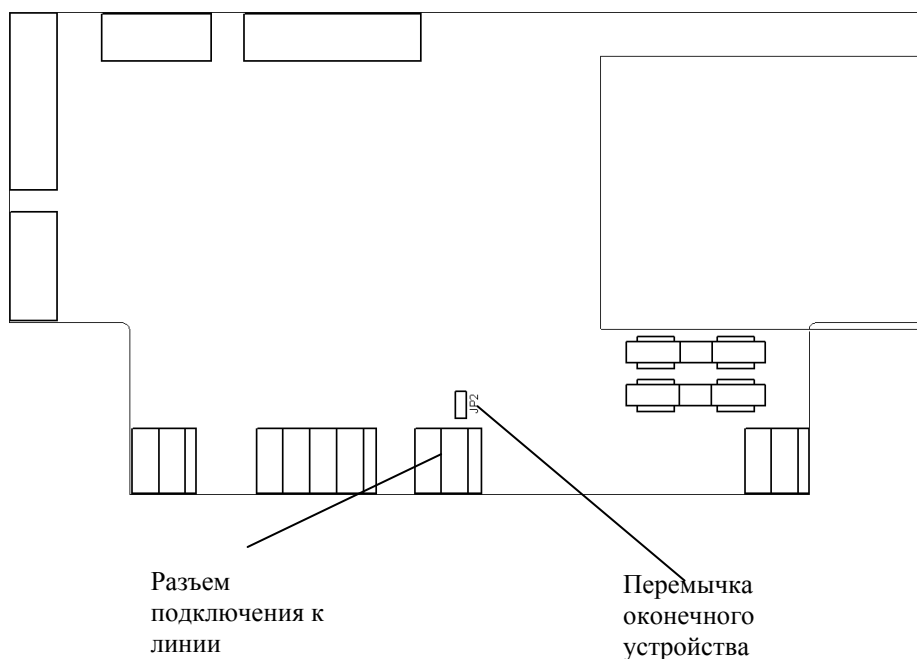
EIA-485

Конфигурация: Полудуплексный.

Согласованная нагрузка: Возможен выбор перемычкой нагрузочного резистора 120 Ом с возможностью многоточечной передачи данных.(при установленной перемычке сигнал дальше прибора проходить не будет)

Защита от переходных процессов: максимум 1,5 кВ.

Подключение



Формат передачи данных.

Приборы соединяются в сеть, в которой используется технология главный-подчиненный, при которой только одно устройство (главный) может инициировать передачу (сделать запрос). Другие устройства (подчиненные) передают запрашиваемые главным устройством данные, или производят запрашиваемые действия. Типичное главное устройство включает в себя ведущий (HOST) процессор и панели программирования. Типичное подчиненное устройство - программируемый контроллер.

Прибор АКПМ может работать только в режиме подчинённого.

Главный может адресоваться к индивидуальному подчиненному или может инициировать широкую передачу сообщения на все подчиненные устройства. Подчиненное устройство возвращает сообщение в ответ на запрос, адресуемый именно ему. Ответы не возвращаются при широковещательном запросе от главного.

Цикл запрос - ответ.

<u>Запрос от главного</u>	<u>Ответ подчиненного</u>
Адрес устройства	Адрес устройства
Код функции	Код функции
Байты данных	Байты данных
Контрольная сумма	Контрольная сумма

Запрос : Код функции в запросе говорит подчиненному устройству какое действие необходимо провести. Байты данных содержат информацию необходимую для выполнения запрошенной функции. Например, код функции 3 подразумевает запрос на чтение содержимого регистров подчиненного.

Ответ : Если подчиненный дает нормальный ответ, код функции в ответе повторяет код функции в запросе. В байтах данных содержится затребованная информация. Если имеет место ошибка, то код функции модифицируется, и в байтах данных передается причина ошибки.

В приборе АКПМ реализована функция Read Holding Registers (чтение регистров данных)

ОПИСАНИЕ

Чтение двоичного содержания регистров в подчиненном.

ЗАПРОС

Сообщение запроса специфицирует начальный регистр и количество регистров для чтения. Регистры адресуются начиная с 0: регистры 1-16 адресуются как 0-15.

Запрос главного

<u>Имя поля</u>	<u>Пример</u> (Hex)
Адрес подчиненного	11
Функция	03
Начальный адрес ст.	00
Начальный адрес мл.	01
Кол-во регистров ст.	00
Кол-во регистров мл.	02
Контрольная сумма	--

Ответ подчиненного

Данные регистров в ответе передаются как два байта на регистр. Для каждого регистра, первый байт содержит старшие биты, второй байт содержит младшие биты. Ответ дается когда все данные укомплектованы.

Пример ответа на запрос представленный выше:

Ответ:	
Имя поля	Пример (Hex)
Адрес подчиненного	11
Функция	03
Счетчик байт	02
Данные (регистр 00001) ст.	02
Данные (регистр 00001) мл.	2В
Данные (регистр 00002) ст.	12
Данные (регистр 00002) мл.	00
Контрольная сумма	--

В данном случае передалось содержимое 2-х регистров – 0x0202 и 0x1200

Регистры и их адреса

Адреса регистров АКПМа, и описание хранимой в них информации описаны в следующей таблице -

Адрес регистра	Содержит данные...	Описание	Диапазон данных	пример	
0x0001	O ₂	Целая часть O ₂	0.....99	4	4.01
0x0002	O ₂	Сотые O ₂	00.....99	1	
0x0003	T	Целая часть T	00.....99	20	20.6
0x0004	T	Десятые T	0.....9	6	

Настройка интерфейса RS485.

Для правильной работы прибора в сети необходимо задать его адрес в сети. Установка адреса производится в

ГЛАВНОЕ МЕНЮ ⇔ **УСТАНОВКА** ⇔ **ИНТЕРФЕЙСОВ** ⇔ **RS КАНАЛА** ⇔ **ЗАДАТЬ АДРЕС.**

По стандарту EIA-485 в сеть могут быть объединено до 32-х устройств.

Поэтому допустимый диапазон для ввода адреса - 01...32.

Также в этом меню присутствует установка таймаута. Это относится к более тонкой настройке приёма данных прибором из сети и изменять её требуется только в крайних случаях. При выпуске из производства значение таймаута устанавливается типичным – 10мс.

Список литературы

1. Албантов А.Ф., (1982). Исследование и разработка амперометрических сенсоров электрохимических анализаторов кислорода для биологических сред, ВНТИ Центр, М., стр. 1-181
2. Albantov A.F., Levin A.L., (1994). New functional possibilities for amperometric dissolved oxygen sensors, Biosensors and Bioelectronics, 9/7. 515-526
3. Clark, L.C., Jr (1956). Monitoring and control of blood and tissue oxygen tension. Trans. Am. Artif. Internal Organs, 2, 41-48
4. Албантов А.Ф., Албантов Д.А., Поволяев А.Л и др. (2001). Проблемы и решения вопросов измерения кислорода в микрограммовом диапазоне концентраций. Тезисы Всероссийской конференции “Практические и методические аспекты метрологического обеспечения электрохимических измерений, Менделеево, М.О.
5. Албантов А.Ф., Поволяев А.Л., Карпов О.В., Албантов Д.А., Гришин М.В., Стахов А.Ю., (2003). Явления двойной сорбции кислорода в воде. Тезисы II Научно-технического совещания «Проблемы и перспективы развития химического и радиохимического контроля в атомной энергетике», Сосновый бор, Ленинградской обл.
6. Grunewald W. (1971). Einstellzeit der Pt-Elektrode bei Messungen nicht stationärer O₂-Partialdrucke. – Pflugers Arch.
7. Унифицированные методы исследования качества воды. Часть 1, Методы химического анализа. М., стр. 96-114, 1977.
8. Лурье Ю.Ю., (1984), Аналитическая химия промышленных сточных вод, М., Химия, стр. 82-91.
9. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации, М., Стройиздат, стр. 50 - 66, 1977.
10. ПНДФ 14.1:2:3.4.123-97 "Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПК) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах".