



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

**Анализатор Кислорода  
Портативный Многофункциональный  
АКПМ-1-02**

**Руководство по эксплуатации  
НЖЮК 4215-001.2-66109885-10 РЭ**

**Паспорт  
НЖЮК 4215-001.2-66109885-10 ПС**

Почтовый адрес: 143987, г Железнодорожный-7, М.О, а/я 1449

Юридический адрес: 143987, г. Железнодорожный, М.О., ул. Советская, д. 47,

Адрес офиса и сервисного центра: 111250, Москва, ул. Красноказарменная 14, МЭИ, кор.  
“И”

Телефон (499)-685-18-65, внутренний тел. 7054

Факс (499) 685-18-64

Адрес обособленного производственного подразделения ООО “Фирма “Альфа БАССЕНС”:  
143987, г. Железнодорожный-7, М.О., ул. Советская, д. 47, офис 209  
тел./факс (495) 525-06-60

E-mail: [mail@alfabassens.ru](mailto:mail@alfabassens.ru);

[www.alfabassens.ru](http://www.alfabassens.ru)

Москва 2012

**Вы приобрели анализатор кислорода АКПМ-1-02**   
**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  не был заполнен раствором электролита.

## ***Отличительные особенности анализаторов АКПМ-1-02***

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 измерения парциального давления и концентрации кислорода в жидкостях и газах в любой выбранной оператором единице измерения. Анализатор также позволяет проводить измерения 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-1-02 обеспечивают:***

- **А**втокалибровку по атмосферному воздуху. **С**пецкалибровку при проведении измерений в неводных средах, культуральных жидкостях и соленых водах;
- **В**озможность выбора удобной для оператора единицы измерения;
- **К**оррекцию барометрического давления и солености;
- **С**игнализацию выхода показаний из заданных пределов;
- **Д**истанционную передачу сигналов с помощью RS-232;
- **З**апись отсчетов показаний во внутреннюю энергонезависимую память в ручном режиме «Блокнот» и в непрерывном периодическом режиме «Протоколирование»;
- **С**амодиагностику. **У**добный интерфейс;
- **П**одсветку графического дисплея в затемненных условиях;
- **Г**ерметичность корпуса, степень пылевлагозащиты IP-65.

## СОДЕРЖАНИЕ (Руководство по эксплуатации).

1. Распаковка анализатора.	6
2. Области применения анализаторов АКПМ-1-02 и обозначение вариантов их исполнения.	7
3. Подготовка к работе и проверка работоспособности анализатора.	11
4. Устройство и принцип действия анализатора	17
4.1. Описание конструкции и свойств анализатора	17
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	27
5.1. Общие сведения об измеряемых величинах и единицах измерения	27
5.2. Общие сведения по калибровке анализатора	29
5.3. Общие сведения по введению коррекции при измерениях.	30
6. Указание мер безопасности и рекомендации по эксплуатации анализатора.	32
7. Подготовка к работе	33
7.1. Общие требования к установке анализаторов кислорода	33
7.2. Включение анализатора.	34
8. Настройка и управление режимами работы анализатора	34
8.1. Включение анализатора и интерфейс программы	34
8.2. Главное меню	36
8.3. Меню «Установка»	38
8.4. Меню «Диагностика»	44
8.5. Меню «Протоколирование»	45
8.6. Меню «Блокнот».	46
9. Калибровка анализатора	47
9.1. Процедура калибровки нулевой точки анализатора	47
9.2. Процедура автоматической калибровки анализатора	47
9.3. Процедура специальной калибровки анализатора.	49
10. Порядок работы	51
10.1. Определение $pO_2$ , $cO_2$ в лабораторных условиях	52
10.2. Определение БПК стандартным методом с разбавлением	53
10.3. Определение кислорода в газах	53
10.4. Аналитический контроль концентрации кислорода в потоке жидкостей	54
10.5. Аналитический контроль кислорода в природных и сточных водах	55
10.6. Аналитический контроль кислорода в биотехнологических процессах.	56
11. Техническое обслуживание анализатора.	57
12. Возможные неполадки и способы их устранения.	59

**СОДЕРЖАНИЕ (Паспорт)**

1. Назначение и область применения	62
2. Технические характеристики	65
3. Состав изделия и комплект поставки	66
4. Поверка анализатора	67
5. Правила хранения	74
6. Гарантии изготовителя (Поставщика)	75
7. Сведения о рекламациях	75
8. Свидетельство о приемке	75
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Гарантийный талон (2 шт.)	77
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Методика измерения и процедура внесения коррекции систематической ошибки «Жидкость-газ»	79
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Таблица зависимости концентрации кислорода в дистиллированной воде от температуры	81
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Методика калибровки датчика температуры	82
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Методика калибровки нулевой точки анализатора	84
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Определение «чистоты» водорода косвенным методом по измерению остаточного кислорода с помощью анализатора кислорода АКПМ-1-02Г.	86
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Инструкция по работе с анализатором АКПМ-1-02Г со встроенным микрокомпрессором	89
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Восстановление заводских параметров	90
Список литературы	91



Рис. 1. Внешний вид анализатора кислорода АКПМ-1-02 с АСрО<sub>2</sub>-05

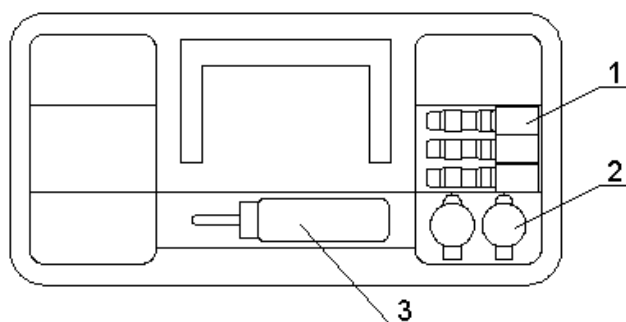
## 1. Распаковка анализатора.

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.

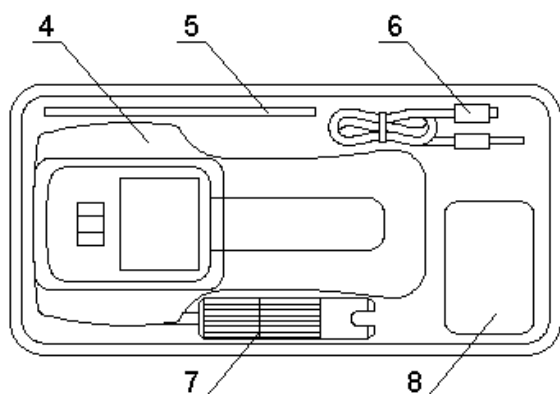
Анализатор кислорода и комплектующие изделия к нему поставляются в прочном пластмассовом контейнере. Контейнер может использоваться для переноски прибора при работе в полевых условиях. Рекомендуем сохранить контейнер для последующей отправки прибора предприятию изготовителю или региональной ЦСМ для проведения периодической поверки и технического обслуживания.

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

Верхний отсек



Нижний отсек



1. Комплект запасных частей.
2. Реактивы.
3. Электролит.
4. Анализатор кислорода АКПМ-02.
5. Паспорт, руководство по эксплуатации.
6. Кабель интерфейса RS-232.
7. Амперометрический сенсор.
8. Блок питания.

Рис.1.1. Расположение 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
- 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  $\text{Na}_2\text{SO}_3$
  - Пробник с хлористым кобальтом  $\text{CoCl}_2$
  - Кольцо резиновое (на мембранный колпачок)
  - Кольцо резиновое (на стеклянную гильзу сенсора)

☑ Измерительная камера (в комплекте с АКПМ-1-02Т, АКПМ-1-02Г) с присоединительными трубками и переходниками

- ☑ Герметичная ячейка (в комплекте с АКПМ-1-02П)
- ☑ Кабель интерфейса RS-232 с гермовводом
- ☑ Зарядное устройство (блок питания)
- ☑ Руководство по эксплуатации, паспорт

Дополнительно могут быть заказаны следующие изделия:

- ♣ Устройство подготовки газовой пробы УПП-01 (к АКПМ-1-02Г)
- ♣ Измерительная камера для микроанализа ИКМА (к АКПМ-1-02Л)
- ♣ Фильтр тонкой очистки газов и жидкостей (к АКПМ-1-02Т, АКПМ-1-02Г)
- ♣ 3.5” дискета с программным обеспечением для передачи данных в ПК
- ♣ Слянка БПК.

Извлеките из контейнера кабель интерфейса, зарядное устройство и руководство по эксплуатации. Затем аккуратно извлеките амперометрический сенсор и измерительное устройство. Расположите их на рабочем столе.

**Примечание.** АС подключен к измерительному устройству анализатора.

Комплект запасных частей и принадлежностей находится в крышке контейнера.

## **2. Области применения анализаторов АКПМ-1-02 и обозначение вариантов их исполнения.**

Анализаторы АКПМ-1-02, 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 обозначения варианта исполнения анализатора после типа анализатора «АКПМ-1» цифрами «02» указывается портативный вариант его исполнения, а 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 амперометрическим сенсором и принадлежностями, входящими в комплект его поставки.

На рис. 2.1 – 2.5 показаны различные варианты исполнения анализаторов АКПМ-1-02.



Рис. 2.1. Внешний вид анализатора АКПМ-1-02Л.

АКПМ-1-02Л в комплекте с АСрО<sub>2</sub>-01 предназначен для измерений концентрации и биохимического потребления кислорода (БПК) в стандартных склянках в лабораторных условиях. АКПМ-1-02Л в комплекте с АСрО<sub>2</sub>-01 и измерительной камерой ИКМА предназначен для проведения измерений в микрообъемах жидкостей и газов. АКПМ-1-02Л применяется в экологических и химических лабораториях различных промышленных предприятий, ЦГСЭН, ЖКХ, организациях Госкомприроды, медицине и т.д.

Анализатор АКПМ-1-02Г (рис. 2.2.) выпускается в двух модификациях: с побудителем расхода типа «груша» и со встроенным микрокомпрессором». АКПМ-1-02Г в комплекте с АСрО<sub>2</sub>-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



Рис. 2.2. Внешний вид анализатора АКПМ-1-02Г.



водородным охлаждением, электролизных (см. Приложение 6) Анализатор также может применяться в . медицине для измерений концентрации кислорода в дыхательных газах в комплекте аппаратов искусственной вентиляции легких (ИВЛ), наркозодыхательной аппаратуре, гипоксикаторах и концентраторах кислорода, в аппаратах для выхаживания новорожденных, в барокамерах и центрах гипербарической оксигенации.

Анализатор АКПМ-1-02Т в комплекте с  $ASpO_2-03$  и проточной измерительной камерой ИКПЖ предназначен для оперативных измерений концентрации кислорода в потоке жидкостей, в том числе в

микрограммовом диапазоне концентраций. Применяется при аналитическом контроле и управлении процессами водохимподготовки в теплоэнергетике: 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 - 02Т.

Анализатор АКПМ-1-02П в комплекте с  $ASpO_2-05$  предназначен для оперативного контроля концентрации кислорода и температуры в природных и сточных водах. Применяется на очистных сооружениях и станциях аэрации для оперативного контроля технологических процессов биологической очистки сточных вод. Анализаторы АКПМ-1-02П предназначены для использования в практике санитарноэпидемиологических станций (СЭС), в организациях Госкомприроды, в лабораториях контроля качества воды, в жилищно-коммунальном секторе (ЖКХ) и в рыбных хозяйствах. Находят применение в химической и нефтеперерабатывающей



Рис. 2.4. Внешний вид анализатора АКПМ-1-02П.

промышленности, а также в научно-исследовательских учреждениях при решении разнообразных научных и прикладных задач в области океанологии, геологии, геохимии, охраны окружающей среды, медицине и т.д.



Рис. 2.5. Внешний вид анализатора АКПМ-1-02Б и АСрО<sub>2</sub>-06.

Анализатор АКПМ-1-02Б в комплекте с АСрО<sub>2</sub>-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. АСрО<sub>2</sub>-06 выдерживают неограниченное количество циклов стерилизации острым паром при  $T=143^{\circ}\text{C}$  и  $P=3$  ати. Сенсоры могут устанавливаться в ферментеры и биореакторы отечественного и импортного производств.

Анализатор АКПМ-1-02Б в комплекте с АСрО<sub>2</sub>-06 предназначен для измерений концентрации кислорода в жидких и газообразных средах при высоких давлениях, в том числе в 1-ом контуре охлаждения ядерных реакторов. АСрО<sub>2</sub>-06 выполнены в корпусе из нержавеющей стали, снабжены

компенсатором внешнего давления. Анализаторы АКПМ-1-02Б также могут применяться в химической и нефтеперерабатывающей промышленности, когда необходимо проводить измерения концентрации кислорода в жидкостях или газах при высоких давлениях.

### 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.**

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. 3.4.**

Амперометрические сенсоры (АС) выпускаются в нескольких вариантах исполнения (см. п. 4). Внешний вид АС показан на рис. 3.1.

Сенсор АСрО<sub>2</sub>-01 – поставляется в комплекте с АКПМ-1-02Л.

Сенсор АСрО<sub>2</sub>-03 - поставляется в комплекте с АКПМ-1-02Г и АКПМ-1-02Т.



Рис. 3.1. Внешний вид амперометрических сенсоров АСрО<sub>2</sub>-01, АСрО<sub>2</sub>-03

Эти сенсоры имеют одинаковые габаритные и присоединительные размеры и отличаются внутренними параметрами. Параметры каждого сенсора оптимизированы для каждой области применения АКПМ-1-02 и выбраны с учетом особенностей решения конкретных задач аналитического контроля кислорода. Сенсоры АСрО<sub>2</sub>-01 в основном используются для определения БПК и поставляются со стандартной склянкой БПК.

Сенсор АСрО<sub>2</sub>-03 поставляется с измерительной камерой (ИК) (рис.3.2.). 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 АСрО<sub>2</sub>-05 поставляется в комплекте с анализатором АКПМ-1-02П. Он установлен в герметичной ячейке из нержавеющей стали и рассчитан на проведение измерений на глубинах до 20 м. Типовая длина кабеля АСрО<sub>2</sub>-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 АСрО<sub>2</sub>-05 погружного типа 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 сенсора без нижнего корпуса.

Рис. 3.5. Внешний вид АСрО<sub>2</sub>-05 без герметичной ячейки.

**Примечание.** АСрО<sub>2</sub>-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.

Амперометрические сенсоры АСрО<sub>2</sub>-06 выпускаются в нескольких вариантах исполнения (см. таблицу на рис. 3.8). Внешний вид амперометрических сенсоров показан на рис. 3.6.





Сенсоры АСрО<sub>2</sub>-06 поставляются в комплекте с анализатором АКПМ-1-02Б. 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 АСрО<sub>2</sub>-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).



Рис. 3.7. Внешний вид АСрО<sub>2</sub> без мембранного колпачка.

**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.

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

Рис. 3.8. Внешний вид АСрО<sub>2</sub>-06.



влагу.

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 АСрО<sub>2</sub>-01 – АСрО<sub>2</sub>-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 накладную гайку до упора (см. рис. 3.10 и рис. 3.2)



Рис. 3.9. Установка АСрО<sub>2</sub> в измерительную камеру.



При установке АСрО<sub>2</sub>-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).

Рис. 3.10. Фиксация АСрО<sub>2</sub> в измерительной камере.

**Примечание.** Перед сборкой АСрО<sub>2</sub>-05 рекомендуется смазать вазелином или вакуумной смазкой герметизирующие кольца, расположенные в верхнем корпусе.

3.3.5. Сборку сенсора АСрО<sub>2</sub>-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.

3.3.6 Включите анализатор с помощью клавиши «Вкл», удерживая ее в течение 5 сек. После включения анализатора раздастся звуковой сигнал, на дисплее сначала появится логотип фирмы «Альфа БАССЕНС», затем анализатор перейдет в режим измерений.

3.3.7. В случае необходимости произведите заряд аккумуляторной батареи. Индикатор заряда выведен в нижний левый угол дисплея анализатора. Заштрихованный индикатор свидетельствует о полном заряде батареи. В случае, если индикатор начнет мигать (при этом послышится прерывистый звуковой сигнал), аккумуляторную батарею необходимо зарядить. Подсоедините блок питания к анализатору (см. рис. 4.1-1), а затем к сети переменного тока 220В с частотой 50 Гц. Для более быстрого заряда батареи анализатор можно выключить. Для этого нажмите клавишу «Вкл/Выкл» и удерживайте ее в нажатом состоянии в течение 5 сек. Процесс заряда отображается движением заштрихованной области индикатора. Аккумуляторная батарея зарядится через 12-15 часов.

**ВНИМАНИЕ!** Для продления срока службы аккумулятора рекомендуется работать до его полного разряда.

При условии правильной эксплуатации, полностью заряженной аккумуляторной батареи хватает приблизительно на 100 часов работы (без подсветки дисплея).

## 4. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ АНАЛИЗАТОРА

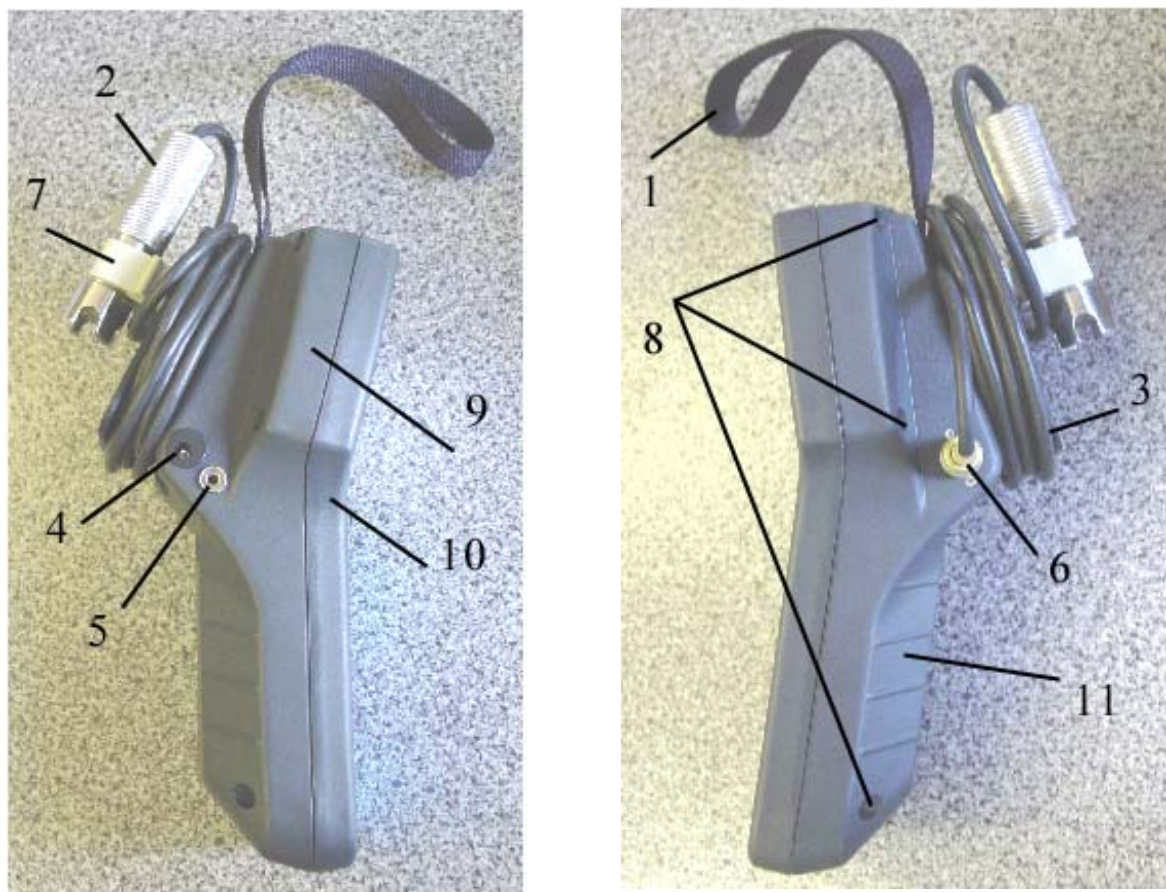
### 4.1. Описание конструкции и свойств анализатора.

Внешний вид анализатора представлен на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Внешний вид анализатора кислорода АКПМ-1-02.

1. Измерительное устройство АКПМ-1-02.
2. Клавиатура.
3. Клавиша «Вкл/Выкл».
4. Графический дисплей..
5. Клавиша включения/выключения подсветки.
6. Амперометрический сенсор.



а)

б)

Рис. 4.1-1. Внешний вид анализатора кислорода АКПМ-1-02.

а) – вид слева, б) – вид справа:

1 – ремешок

2 – амперометрический сенсор  $ASrO_2$  (или ИК с  $ASrO_2$ )

3 – катушка для укладки кабеля

4 – гнездо для подключения блока питания

5 – гнездо для подключения кабеля RS-канала (RS-232)

6 – разъем для подключения  $ASrO_2$

7 – держатель для крепления  $ASrO_2-05$  или измерительной камеры

8 – винты соединяющие верхний и нижний отсеки анализатора

9, 10 – нижний и верхний отсеки анализатора

11 – место расположение аккумулятора.

Анализатор состоит из измерительного устройства 1 (см. рис. 4.1) и амперометрического сенсора 6. Он имеет прочный, литой водонепроницаемый корпус степени пылевлагозащиты IP-65. На лицевой панели анализатора расположен графический дисплей 4 и клавиатура 2. Дисплей имеет подсветку, что облегчает пользование анализатором в затемненных помещениях. Корпус анализатора состоит из двух отсеков 9, 10 (см. рис. 4.1-1), герметично соединенных между собой с помощью шести винтов 8, расположенных в



углублениях нижнего отсека. На боковой поверхности нижнего отсека 9 с левой стороны расположены гнезда 4,5 для подключения блока питания и кабеля RS-канала (RS-232 или RS-485). С правой стороны расположен разъем 6 для подключения амперометрического сенсора 2. Для укладки кабеля АСрО<sub>2</sub> предусмотрена катушка 3. Для крепления измерительной камеры с АСрО<sub>2</sub> (или АСрО<sub>2</sub>-05) предусмотрен держатель 7, закрепленный на катушке 3. Для крепления анализатора на пробоотборных точках или «по месту» измерения предназначен ремешок 1, закрепленный под катушкой 3 на нижнем отсеке 9 анализатора.

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, 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 восьми клавиш позволяют Пользователю управлять работой анализатора, осуществлять различные виды настроек и калибровок, записывать и выводить информацию на дисплей анализатора, компьютер и др. внешние устройства. Включение (выключение) анализатора осуществляется с помощью клавиши 3 (см. рис. 4.1), при этом необходимо удерживать ее в нажатом состоянии в течение 5 сек. Включение на 30 сек. и выключение подсветки дисплея осуществляется с помощью клавиши 4. Для увеличения времени действия подсветки до 3 мин. необходимо нажать клавишу перемещения курсора «вправо», «влево», или «вверх». Управление анализатором очень простое и сводится к выбору нужных опций «Меню» и ответам на вопросы путем нажатия клавиш «Да» (Ввод) и «Нет» (Отмена). Функцией четырех клавиш со стрелками является перемещение курсора на дисплее анализатора или установка вводимых цифр подобно клавишам «больше» «меньше». Клавиши «Вправо», «Влево» также используются для перелистывания страниц блокнота или протокола. 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.;

- установку верхнего и нижнего пределов срабатывания сигнализации с автоматическим определением зоны гистерезиса;
- 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 цифрового канала RS-232;
- 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-1-02 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-1-02 каждый сенсор совместим с измерительным устройством анализатора.

#### **4.2. Описание свойств и конструкции амперометрических сенсоров.**

Амперометрические сенсоры, используемые в анализаторе АКПМ-1-02, 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  $АСрО_2$  является электрод Кларка [3]. ООО «Фирма «Альфа БАССЕНС» выпускает шесть модификаций  $АСрО_2$ , 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-1-02 лучшие



метрологические и эксплуатационные характеристики по сравнению с известными зарубежными и отечественными аналогами. АСрО<sub>2</sub> 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-1-02 могут использоваться для анализа кислорода в газах, в пресных и соленых водах. При измерениях в соленых водах в анализаторе АКПМ-1-02 предусмотрена возможность внесения коррекции на соленость. Поправка на соленость должна вноситься по результатам кондуктометрических измерений в пересчете на NaCl. Амперометрические сенсоры АСрО<sub>2</sub> в комплекте АКПМ-1-02 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-1-02 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 АСрО<sub>2</sub> 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 АСсО<sub>2</sub>.

Амперометрические сенсоры концентрации растворенного кислорода (АСсО<sub>2</sub>) могут применяться для анализа жидких сред с неизвестными коэффициентами растворимости кислорода. Сенсоры этого типа, обладая теми же достоинствами что и АСрО<sub>2</sub>, отличаются своими функциональными свойствами, а именно, измерительный сигнал АСсО<sub>2</sub> 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 АСрО<sub>2</sub>-01 является базовой моделью амперометрических сенсоров парциального давления кислорода. Внешний вид АСрО<sub>2</sub>-01 показан на рис. 4. 2.

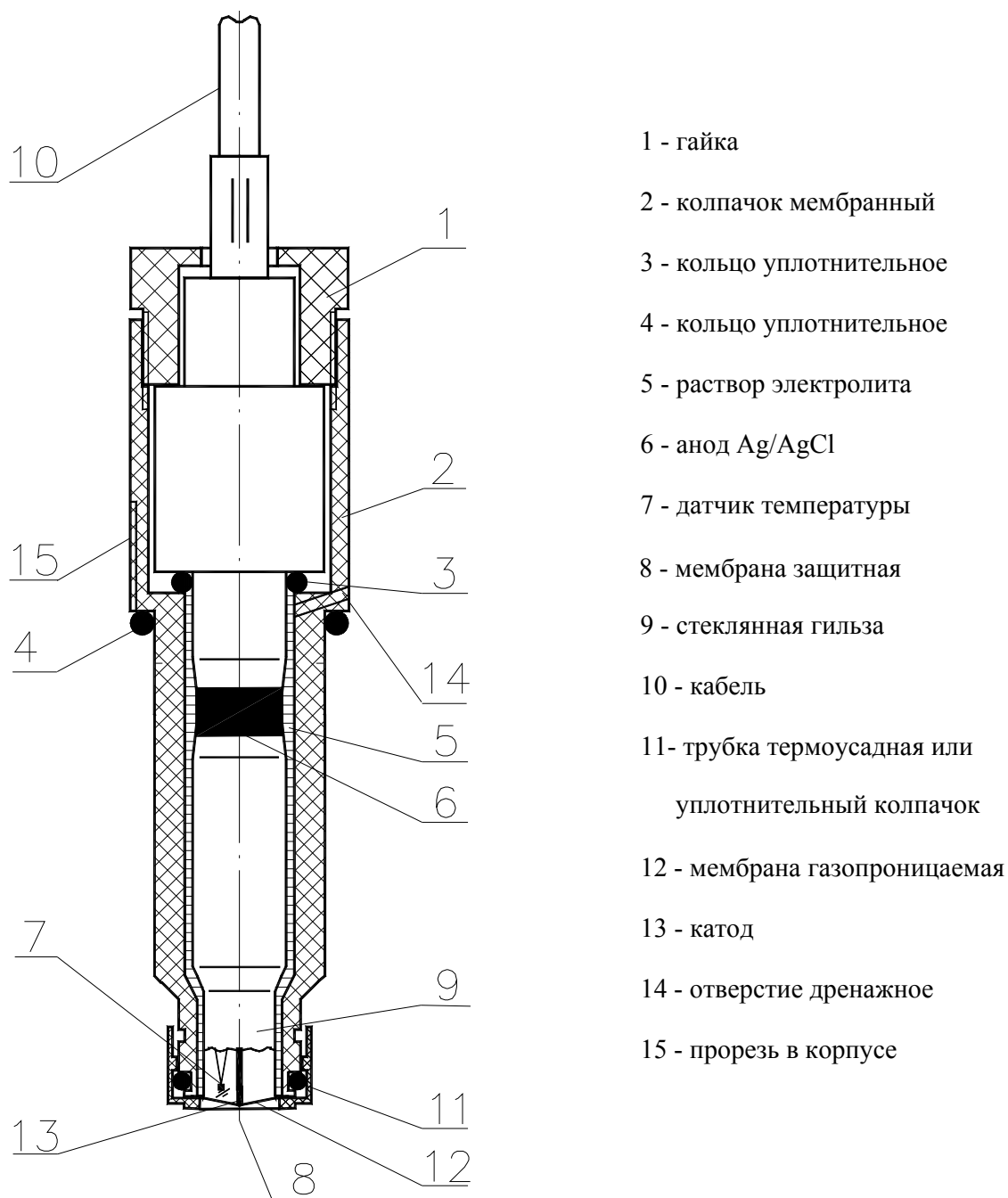


Рис. 4.2. Внешний вид АСрО<sub>2</sub>-01, АСрО<sub>2</sub>-02, АСрО<sub>2</sub>-03 и АСрО<sub>2</sub>-04.

АСрО<sub>2</sub>-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 торцевой 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. Амперометрический сенсор АСрО<sub>2</sub>-01 снабжен 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. Равенство постоянных времени ответа амперометрического сенсора на изменения концентрации кислорода и температуры анализируемой жидкости позволяет снизить динамическую погрешность измерений и обеспечить высокую точность термокомпенсации. АСрО<sub>2</sub>-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 в микропробах (50 мкл). В этом случае АСрО<sub>2</sub>-01 устанавливается в измерительную камеру для «микроанализа» (ИКМА).

Конструкция АСрО<sub>2</sub>-02 соответствует условиям проведения измерений в микропробах и малых потоках жидкостей и газов. Сенсоры устанавливаются в измерительную камеру для микроанализа ИКМА.

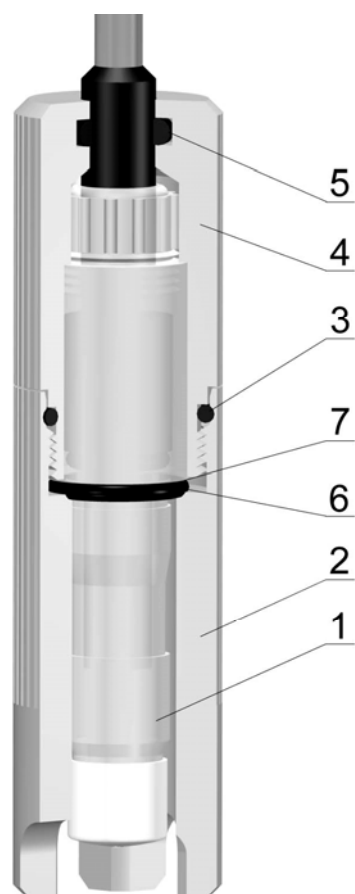
Конструкция АСрО<sub>2</sub>-03 отличается от базовой модели АСрО<sub>2</sub>-01 более высокой чувствительностью, поэтому длина кабеля этого сенсора может быть по желанию Заказчика увеличена до 40 м. Сенсоры этой модификации могут устанавливаться в проточную измерительную камеру и в комплекте анализатора АКПМ-1-02Г, АКПМ-1-02Т предназначены для аналитического контроля кислорода в потоке газов, протекающих через измерительную камеру.

Конструкция АСрО<sub>2</sub>-04 отличается от модели АСрО<sub>2</sub>-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 АСрО<sub>2</sub>-03 и АСрО<sub>2</sub>-04 в комплекте с анализатором АКПМ-1-02Т нашли широкое применение в теплоэнергетике и промышленности при определении следовых количеств кислорода в жидкостях, например, при оперативном химконтроле процессов водоподготовки на ТЭЦ, ГРЭС, АЭС и теплосетях. Для решения этих задач АСрО<sub>2</sub>-03 и АСрО<sub>2</sub>-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 АСрО<sub>2</sub>-03 и АСрО<sub>2</sub>-04, выгодно отличающей анализатор АКПМ-1-02Т от известных аналогов, является независимость показаний от присутствия в анализируемой жидкости растворенного молекулярного водорода (продукта коррозии).

Конструкция АСрО<sub>2</sub>-05 отличается от базовой модели АСрО<sub>2</sub>-01 тем, что амперометрический сенсор устанавливается в герметичную ячейку, предназначенную для проведения измерений кислорода на глубине до 20 м. Внешний вид АСрО<sub>2</sub>-05 показан на рис. 4.3. В базовой поставке длина кабеля АСрО<sub>2</sub>-05 составляет 4 м. При необходимости длина кабеля может быть согласована при заказе.



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 АСрО<sub>2</sub>-05 погружного типа.

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 АСрО<sub>2</sub>-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 АСрО<sub>2</sub>-05 также способствует свободному удалению пузырьков воздуха, поднимающихся вверх в процессе аэрации. Малое потребление кислорода электродной системой АСрО<sub>2</sub>-05 и достаточно большие окна в нижней части корпуса 2 позволяют использовать АКПМ-1-02П для измерений кислорода как в перемешиваемых, так и в неподвижных жидкостях. Наибольшее распространение анализаторы АКПМ-1-02П получили на станциях аэрации и биологической очистки сточных вод, в рыбоводческих хозяйствах и при экологическом мониторинге природных и сточных вод. Анализаторы АКПМ-1-02П могут также использоваться для определения БПК. Для проведения таких измерений необходимо открутить гайку 4 и достать АСрО<sub>2</sub>-05 из корпуса 2. При проведении измерений БПК в стандартных склянках гайка 4 может оставаться на сенсоре (см. рис. 3.4).

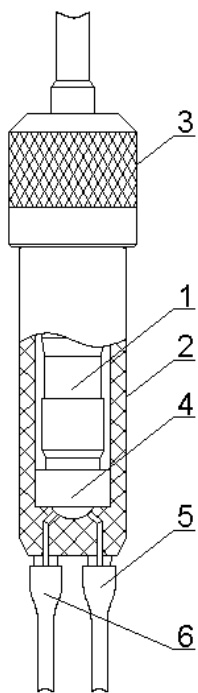
Модификация сенсора АСрО<sub>2</sub>-06 (см. рис. 3.8) отличается от базовой модели АСрО<sub>2</sub>-01 тем, что его конструкция выдерживает неограниченное количество циклов стерилизации острым паром при температуре 143 °С и давлении 3 атм. Электродная система сенсора, состоящая из анода 6, катода 13 и раствора электролита, размещена в колпачке 2 из пластмассы, устойчивой к высоким температурам и давлениям. На торцовой 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 закреплен разъем для подключения кабеля 10, соединяющего сенсор с измерительным устройством АКПМ-1-02. Сенсоры АСрО<sub>2</sub>-06 выпускаются в нескольких вариантах исполнения, отличающихся габаритными и присоединительными размерами. Унифицированные размеры АСрО<sub>2</sub>-06 позволяют использовать эти сенсоры для аналитического контроля кислорода в биологических жидкостях в ферментерах и биореакторах отечественного и зарубежного производства. АСрО<sub>2</sub>-06 также могут использоваться для измерений концентрации кислорода в жидкостях и газах при повышенных давлениях, например, в 1-ом контуре охлаждения ядерных реакторов. Обозначения и унифицированные размеры вариантов исполнения сенсоров АСрО<sub>2</sub>-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 сенсора герметизируется с помощью уплотнительного резинового колпачка 4 при закручивании гайки 3. Для



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.

ввода анализируемой пробы предусмотрен входной штуцер 5, а для выхода штуцер 6. С помощью ИКМА можно проводить измерения в микрообъемах жидкостей (50-100 мкл) и газов. С помощью данной камеры можно также проводить измерения в микро пробах 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).

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



Рис. 4.5. Установка обратного клапана в ИКПЖ



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 приборе предусмотрен специальный держатель, закрепленный на тыльной стороне анализатора (см. рис.4.1-1). 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 штуцера имеют унифицированные размеры F22. Благодаря этому ИКДГ с АСрО<sub>2</sub>-02 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 расчета 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 результаты измерений могут выводиться через цифровой канал RS-232 на ПК. Результаты измерений могут также записываться в энергонезависимую память в режимах «протоколирование» и «электронный блокнот».

### **5. Общие сведения.**

#### **5.1. Общие сведения об измеряемых величинах и единицах измерения.**

Результатом аналитического контроля кислорода в газах принято считать его парциальное давление (рО<sub>2</sub>) или концентрацию (сО<sub>2</sub>). 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 (В) 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 измерений 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-1-02 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-1-02 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-1-02 предусмотрена методика «специальной калибровки» сенсора по атмосферному воздуху. Следует заметить, что измерения  $\text{cO}_2$  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 по калибровке анализатора.**

Сигнал  $\text{ASpO}_2$  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  $\text{pO}_2$  точность анализа в большей степени зависит от точности калибровки нулевой точки, и наоборот, точность измерений в области больших  $\text{pO}_2$  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°C. 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°C. Интеллектуальные алгоритмы АКПМ-1-02 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-1-02 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 АСрО<sub>2</sub>, 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 по введению коррекции при измерениях.**

#### **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 АСсО<sub>2</sub>.

#### **5.3.3. Коррекция систематической погрешности измерений: Коэффициент «Жидкость-Газ».**

При анализе жидкостей для АСрО<sub>2</sub> характерны систематические погрешности измерений. Природа подобных ошибок связана с неидеальностью АСрО<sub>2</sub> и подробно описана в [1,2,6]. Эти ошибки проявляются в разнице показаний АСрО<sub>2</sub> 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 АСрО<sub>2</sub> коэффициент «жидкость-газ» составляет от 2 до 6 % (т.е. показания АСрО<sub>2</sub> в жидкости меньше показаний АСрО<sub>2</sub> в газовой фазе на 2-6%). Для АСрО<sub>2</sub>-01, АСрО<sub>2</sub>-05 и АСрО<sub>2</sub>-06 коэффициент «жидкость-газ» не превышает 2.5 %. Для АСрО<sub>2</sub>-03 и АСрО<sub>2</sub>-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-1-02 реализован алгоритм внесения компенсации

систематической погрешности «жидкость-газ». Методика измерения и процедура внесения коррекции этой ошибки описана в Приложении 2.

**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. Эти сенсоры чувствительны к скорости потока в диапазоне от 0 до 1 л/час. При скоростях потока более 1 л/час зависимость сигнала  $ASpO_2-03$  и  $ASpO_2-04$  от скорости потока незначительна. Поэтому при скоростях протока анализируемой жидкости более 1 л/час не требуется применять специальных переливных устройств и стабилизаторов расхода. Целесообразность применения этих устройств оправдана только при расходах менее 1 л/час. Автоматическую 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.

## **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 подключением блока питания следует проверить сохранность изоляции шнура и вилки подключения к сети.

6.4. При эксплуатации анализатора запрещается:

- производить соединение и разъединение кабелей, замыкать контакты RS-канала при подключенном к блоку питания 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;

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 необходимо открутить гайку 1 (см. рис. 4.2) и с помощью шприца залить 1 мл дистиллированной воды в верхнюю часть корпуса 2. Затем удалите газопроницаемую мембрану и погрузите торцовую часть АС в стакан с водой. 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.

6.9. Во избежание повреждения кабеля сенсора в местах соединения с сенсором и с разъемом необходимо соблюдать аккуратность при намотке кабеля на катушку.

6.10. Во избежание выхода из строя аккумуляторной батареи время заряда не должно превышать 24 часа.

## 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-1-02 предназначены для проведения измерений в лабораторных, промышленных или полевых условиях. В зависимости от варианта исполнения анализатора амперометрический сенсор может устанавливаться в измерительную камеру, ферментер, биореактор, аэротенк, трубопровод или непосредственно в анализируемую среду.

При проведении измерений концентрации кислорода в потоке жидкостей или газов, рекомендуется на линии входа анализируемой пробы установить регулятор давления (дрессель) и холодильник. Регулятор давления должен обеспечивать регулирование расхода анализируемой пробы через измерительную камеру АС в диапазоне от 2 до 10 л/час. Холодильник должен обеспечивать охлаждение анализируемой пробы до температуры 0 – 50°C. 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 ПВХ длиной не более 1 м с внутренним диаметром не менее 4 мм и толщиной стенки не менее 1 мм. При проведении измерений кислорода в микрограммовой области концентрации использование трубок из силиконовой резины не допускается. Слив анализируемой пробы должен быть свободным. Для этого допускается использование трубки из ПВХ с внутренним диаметром не менее 4 мм. Для удобства подключения входной трубки к пробоотборным точкам в комплект поставки включены пластмассовые переходники.

## 7.2. Включение анализатора

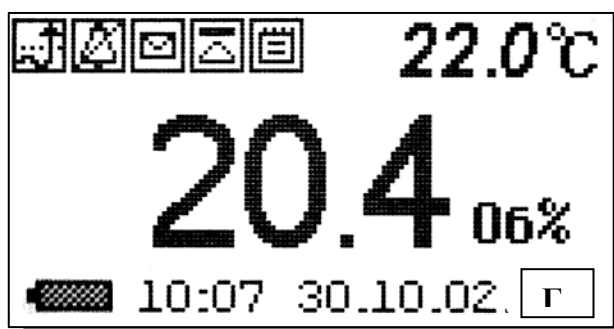
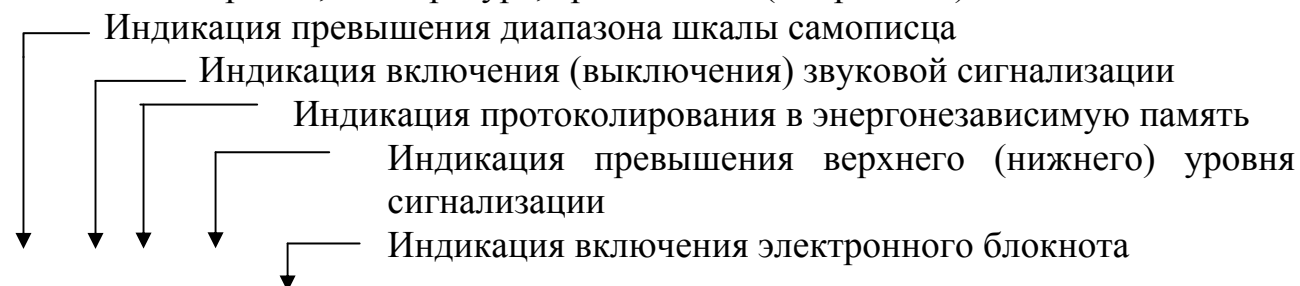
Включите анализатор с помощью клавиши «Вкл», удерживая ее в течение 5 сек. После включения анализатора раздастся звуковой сигнал, на дисплее сначала появится логотип фирмы «Альфа БАССЕНС», а затем анализатор перейдет в режим измерений.

Примечание. Для поляризации электродов амперометрического сенсора он должен быть подключен к измерительному устройству анализатора в течение 9-12 часов.

## 8. НАСТРОЙКА И УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ АНАЛИЗАТОРА.

### 8.1. Включение анализатора и интерфейс программы.

Включите анализатор. В режиме измерения на дисплее анализатора отображаются результаты измерения концентрации кислорода в выбранной единице измерения, температура, время и дата (см. рис. 8.1).



- ☞ Строка «иконок» и показания температуры
- ☞ Показания кислорода в выбранной единице измерения
- ☞ Время, дата измерения и обозначение условий проведения измерений:  
Г – измерения в газовой фазе;  
Ж – измерения в жидкостях;  
С – измерения в соленых водах.

Рис. 8.1. Окно результатов измерения.

Снизу от дисплея анализатора (см. рис. 5.1) расположена клавиатура, состоящая из восьми клавиш. С помощью этих клавиш Вы управляете работой

анализатора. Дисплей имеет подсветку, что создает удобства в работе с анализатором в затемненных помещениях. Клавиши клавиатуры выполняют следующие функции:



- клавиша включения-выключения питания;



- клавиша включения-выключения подсветки;



- клавиша «ВВОД» выполняет функции 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. При срабатывании звуковой сигнализации удержание этой клавиши в нажатом состоянии в течение 5 сек. Отключает звуковой сигнал. Повторное удержание этой клавиши включает звуковой сигнал.



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



Когда анализатор требует ввести числовые или символьные значения, 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 протокола и электронный блокнот.



Когда анализатор требует ввести числовые или символьные значения, клавиши со стрелками «ВВЕРХ», «ВНИЗ» выполняют функцию «пролистывания» («больше» и «меньше») и выбора конкретных цифр или символов.

В окне «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.

Опции служебного меню позволяют провести калибровку датчика температуры и электроники и ввести значение коэффициента «Жидкость-газ». Одновременное нажатие клавиш «ВНИЗ» и «ВВОД» в окне установки условий измерений позволит Вам 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.

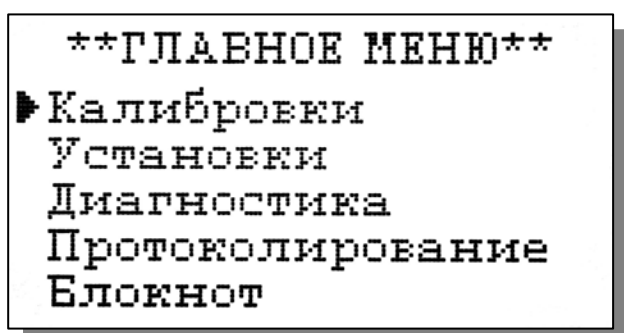
**Измерения в этой единице будут некорректны. Выберите другую единицу измерения, либо перекалибруйтесь** - это сообщение появляется, если Ваш анализатор был откалиброван в режиме специальной калибровки, и Вы пытаетесь изменить измеряемую величину массовой концентрации на единицу измерения парциального 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 восьми клавиш позволяют Пользователю управлять работой анализатора, осуществлять различные виды настроек и калибровок, записывать и выводить информацию на дисплей анализатора и на компьютер. Пользование анализатором предельно простое 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  $\Rightarrow$  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.

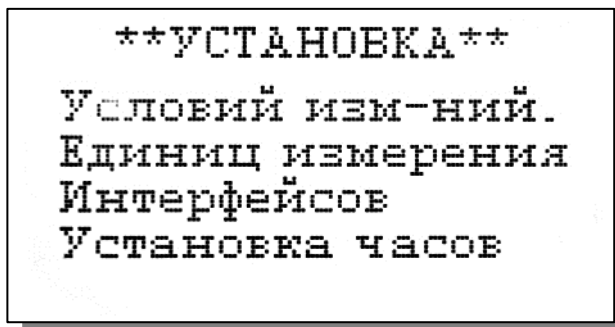
Рис. 8.2-1. Окно «Главное меню»

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

**Установки** - Вход в меню «Установки» позволит Вам ввести барометрическое давление, соленость, выбрать измеряемую величину и единицу измерения кислорода, установить часы и настроить интерфейсные

устройства. Это меню используется для настройки анализатора на решение конкретных задач аналитического контроля кислорода.

Дисплей данных ⇨ главное меню ⇨ установки



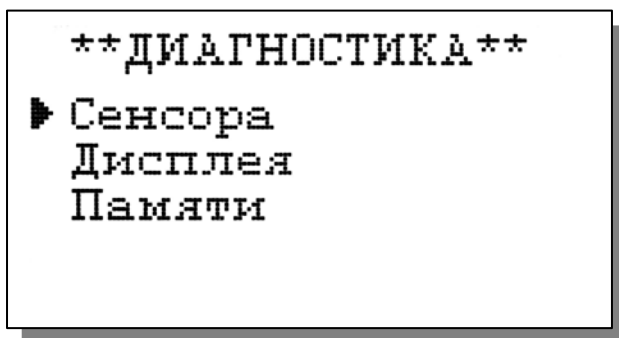
В главном меню выберите опцию «Установки» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, **\*\*УСТАНОВКА\*\***, изображенное на рис. 8.2-2.

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

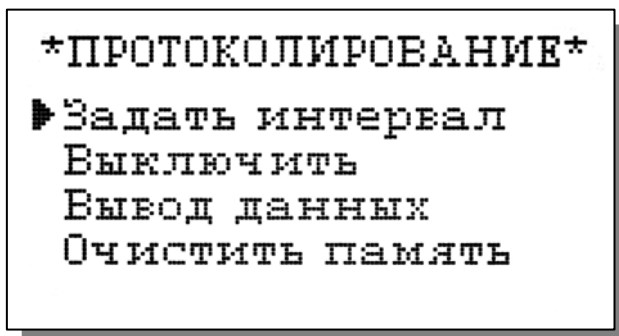


В главном меню выберите опцию «ДИАГНОСТИКА» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, **\*\*ДИАГНОСТИКА\*\***, изображенное на рис. 8.2-3.

Рис. 8.2-3. Окно «ДИАГНОСТИКА».

**Протоколирование** - вход в опцию «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ» позволит Вам задать интервал времени для периодической записи результатов измерений в 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

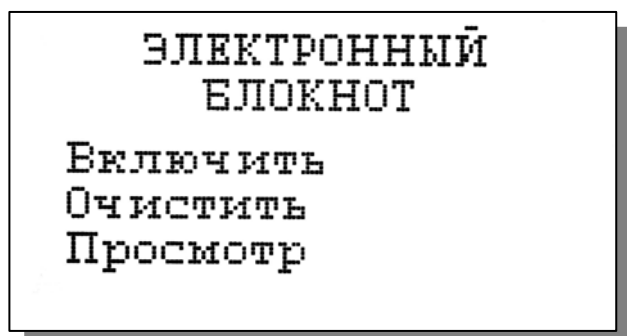


В главном меню выберите опцию «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно **\*\*ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ\*\***, изображенное на рис. 8.2-4.

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 окне «ИЗМЕРЕНИЕ» нажатием на клавишу «ВНИЗ».

Дисплей данных  $\Rightarrow$  главное меню  $\Rightarrow$  электронный блокнот



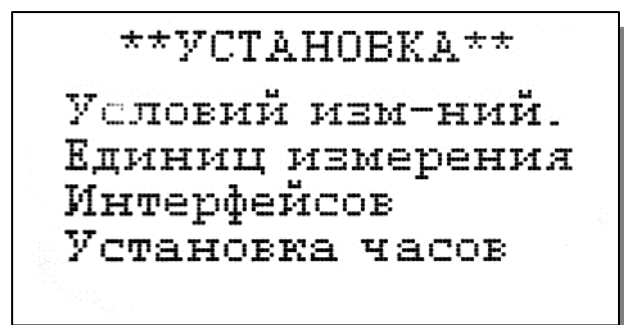
В главном меню выберите опцию «БЛОКНОТ» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно **\*\*ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОКНОТ\*\***, изображенное на рис. 8.2-5.

Рис. 8.2-5. Окно «ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОКНОТ»

### 8.3. Меню «УСТАНОВКА»

Дисплей данных  $\Rightarrow$  главное меню  $\Rightarrow$  установки  $\Rightarrow$  установка

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  $\Rightarrow$  установка условий измерений

При выборе опции «Условий измерений» (см. рис. 8.3-1) на дисплее анализатора открывается 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 высвечивается окно, показанное на рис. 8.3-2

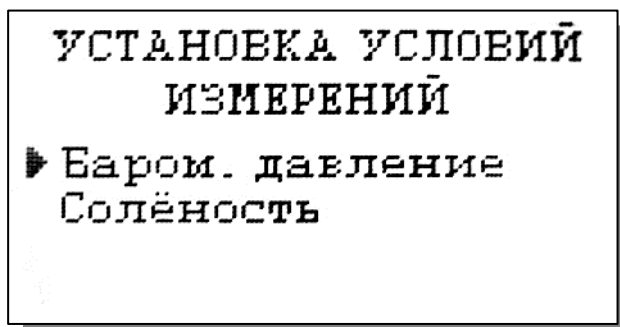
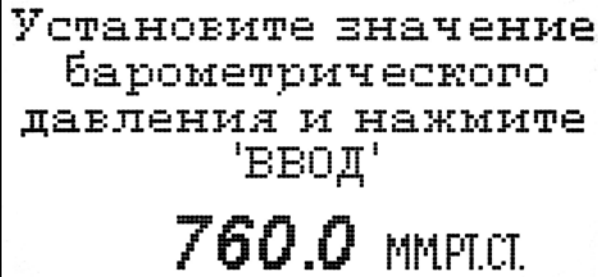


Рис. 8.3-2 Окно установки барометрического давления.

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».



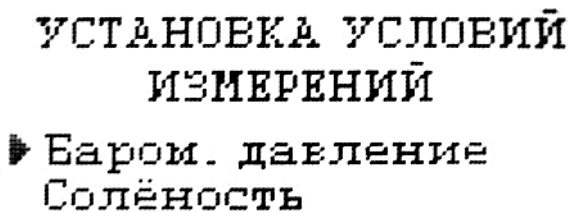
Установите значение  
барометрического  
давления и нажмите  
'ВВОД'  
  
760.0 ммрт.ст.

Значение барометрического давления вводится с помощью клавиш перемещения курсора и клавиши «ВВОД».

Рис. 8.3-3 Окно установки барометрического давления

### Меню установка $\Rightarrow$ установка условий измерений

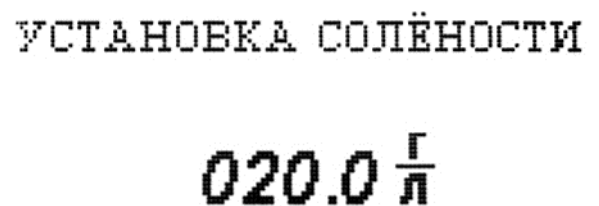
Если в опции «Установка единиц измерения» были выбраны единицы измерения массовой концентрации кислорода, то при выборе опции «Условий измерений» (см. рис. 8.3-1) на дисплее анализатора открывается окно, показанное на рис. 8.3-4.



УСТАНОВКА УСЛОВИЙ  
ИЗМЕРЕНИЙ  
► Баром. давление  
Соленость

Рис. 8.3-4 Окно установки барометрического давления и солености

При выборе опции «Соленость» на дисплее анализатора высвечивается окно показанное на рис. 8.3-5.



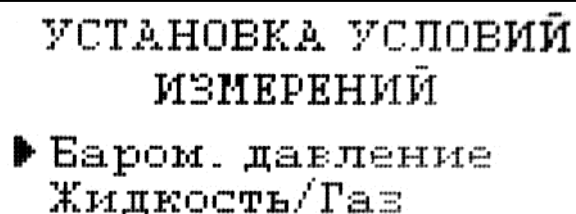
УСТАНОВКА СОЛЁНОСТИ  
  
020.0 г/л

Рис. 8.3-5. Окно установки солености

С помощью клавиш перемещения курсора и клавиши «ВВОД» осуществляется ввод значения солености в анализируемой жидкости в пересчете на NaCl.

### Меню установка $\Rightarrow$ установка условий измерений

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 (рис. 8.3-6).



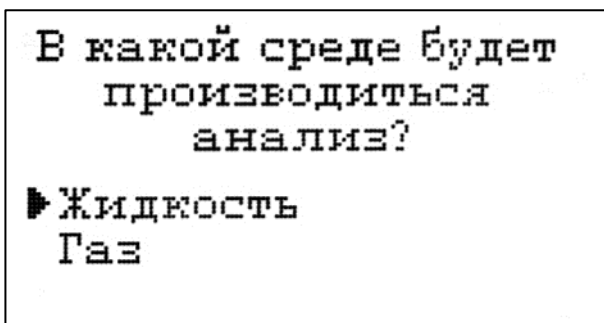
УСТАНОВКА УСЛОВИЙ  
ИЗМЕРЕНИЙ  
► Баром. давление  
Жидкость/Газ

Рис. 8.3-6. Окно установки барометрического давления и выбора среды где будут проводиться измерения  $pO_2$ .



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).

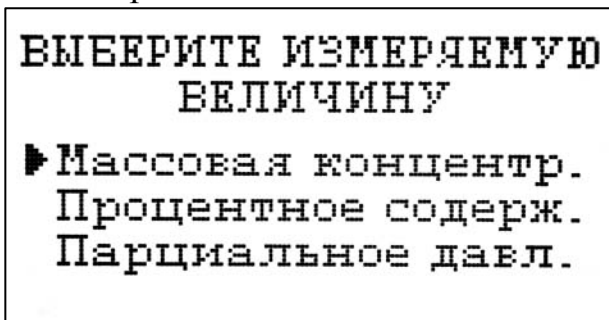
Рис. 8.3-7. Окно выбора в какой среде будут проводиться измерения  $pO_2$ .



### Установка единиц измерения

Дисплей данных  $\Rightarrow$  главное меню  $\Rightarrow$  установки  $\Rightarrow$   
установка единиц измерения  $\Rightarrow$

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

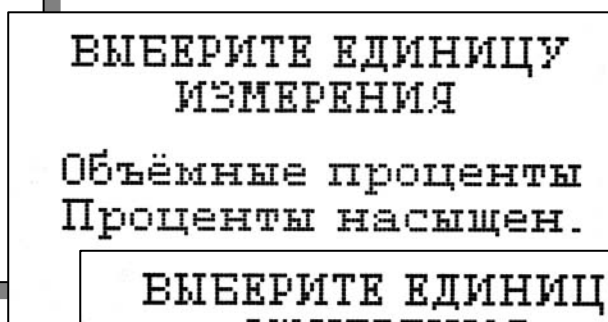


Рис. 8.3-9б

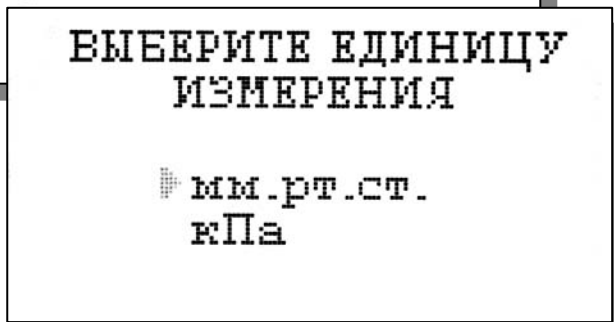


Рис. 8.3-9в

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.

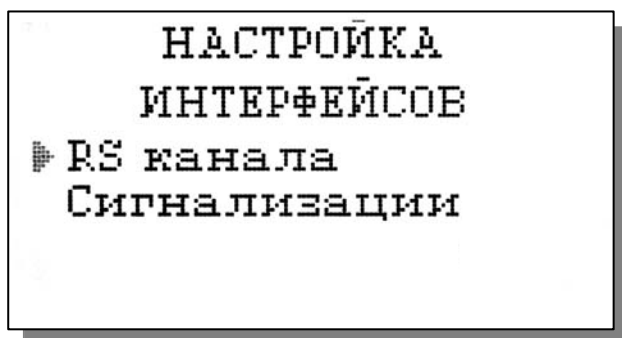
В третьем окне (см. рис. 8.3-9в) анализатор предлагает Вам выбрать единицу измерения парциального давления кислорода: мм.рт.ст. или кПа. Измерения в этих единицах используются как для анализа газов, так и жидкостей. При проведении измерений в этих единицах анализатор вносит термокомпенсацию только на свойства газопроницаемой мембраны сенсора. После выбора единиц измерения 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 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-1-02 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

Дисплей данных ⇌ главное меню ⇌ установки ⇌  
⇌ установка интерфейсов

При входе в опцию «УСТАНОВКА ИНТЕРФЕЙСОВ» анализатор



предлагает Вам выбрать интерфейс-ное устройство для настройки. На дисплее анализатора высвечивается окно, показанное на рис. 8.3-10.

Рис. 8.3-10 Окно выбора интерфейсов.

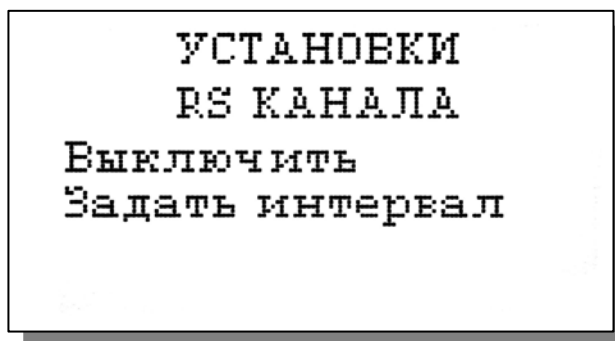
## Настройка интерфейсов - RS-канала

Дисплей данных ⇐⇒ главное меню ⇐⇒ установки ⇐⇒ установка интерфейсов ⇐⇒ **Настройка интерфейсов RS-канала** ⇐⇒

### Установки 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. 8.3-11.

Рис. 8.3-11 Окно «УСТАНОВКИ RS канала».



В этом окне Вы можете включить/выключить периодический вывод результатов измерений, а также задать интервал времени для вывода.

Для того чтобы задать интервал (см. рис. 8.3.-11) выберите опцию «Задать интервал» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, показанное на рис. 8.3-12.

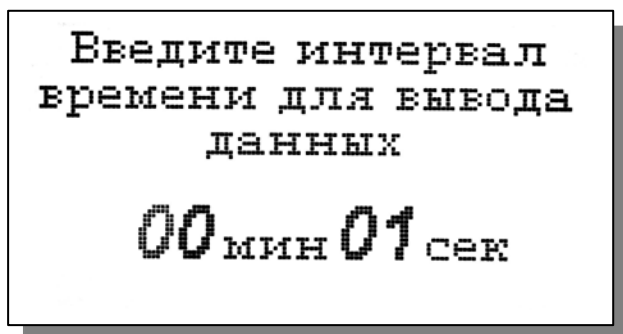


Рис. 8.3-12 Окно ввода интервала времени для вывода результатов измерений

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

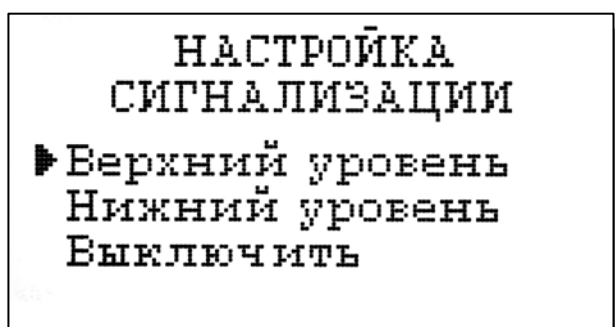
## Настройка интерфейсов - Сигнализации

Дисплей данных ⇐⇒ главное меню ⇐⇒ установки ⇐⇒ установка интерфейсов ⇐⇒ **Настройка интерфейсов** ⇐⇒ **Сигнализации**

### Настройка Сигнализации

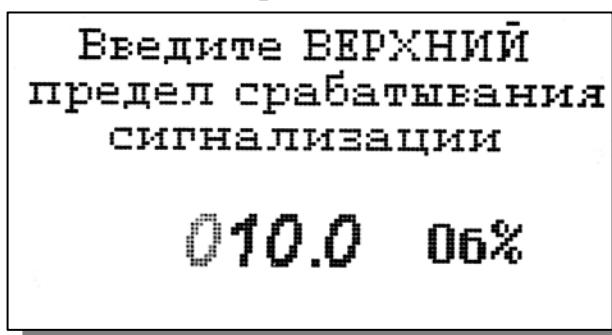
В окне «НАСТРОЙКА ИНТЕРФЕЙСОВ» (см. рис. 8.3-10) выберите опцию «Сигнализации» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора высветится окно, показанное на рис. 8.3-13.

Рис. 8.3-13 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. 8.3-13



выберите опцию «Верхний уровень» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора высветится окно, показанное на рис. 8.3-14.

Рис. 8.3-14 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. 8.3-15. Для включения сигнализации выберите опцию «ДА» и нажмите «ВВОД»

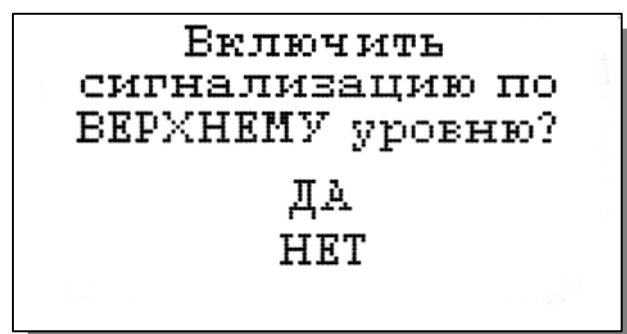


Рис. 8.3-15 Окно включения сигнализации по верхнему уровню

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 повторно нажмите клавишу «Сброс».

### Установка часов

Дисплей данных ⇌ Главное меню ⇌ Установки ⇌ 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. 8.3-16. Установите дату и время и нажмите клавишу «ВВОД».

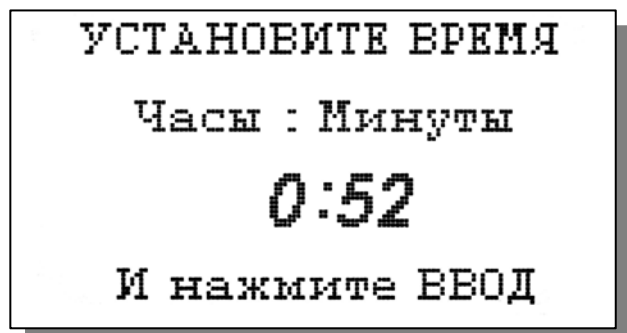


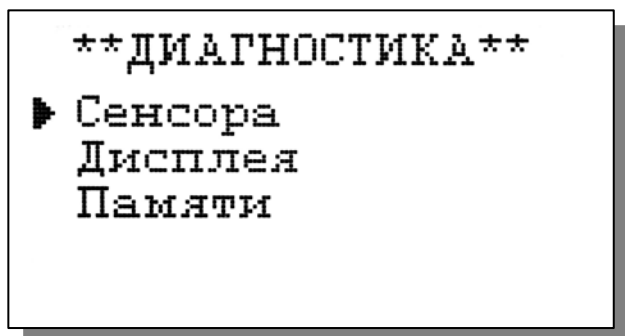
Рис. 8.3-16 Окно установки часов

После ввода текущего времени и даты анализатор переходит в режим измерения (см. рис. 8.1). В нижней строке окна будут высвечиваться время и дата. При активизации протоколирования запись данных в энергонезависимую память и электронный блокнот будет производиться в установленной шкале времени.

#### 8.4. Меню «ДИАГНОСТИКА»

Дисплей данных  $\rightleftarrows$  главное меню  $\rightleftarrows$  диагностика

При входе в меню «ДИАГНОСТИКА» на дисплее анализатора открывается



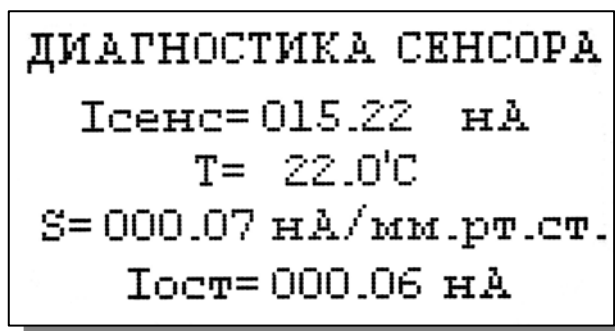
окно, показанное на рис. 8.4-1. В этом окне Вы можете выбрать три опции диагностических тестов.

Рис. 8.4-1 Окно «Диагностика»  
При выборе этих опций на дисплей анализатора будут вызываться окна, показанные ниже.

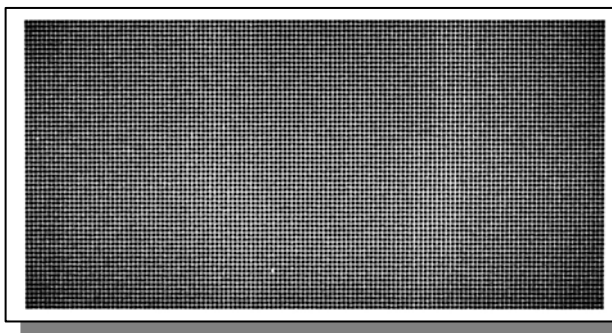
##### Диагностика сенсора

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

Рис. 8.4-2а. Диагностика сенсора.

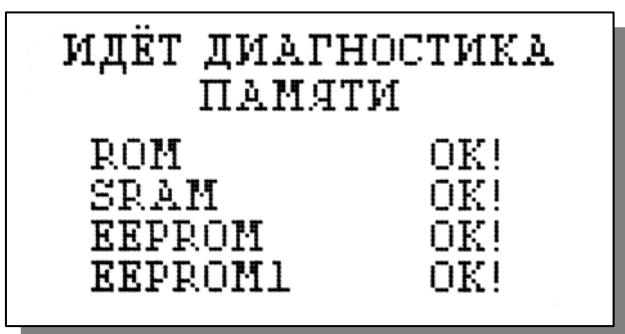


##### Диагностика экрана



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»

```
*ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ*
▶ Задать интервал
  Выключить
  Вывод данных
  Очистить память
```

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».

```
Введите интервал
времени для записи
данных

00ч 10мин
```

Рис. 8.5-2. Окно ввода интервала времени

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.

```
ВЫВОД ДАННЫХ
Табличный вывод
Поиск
Вывод на компьютер
```

Рис. 8.5-3. Окно «ВЫВОД ДАННЫХ»

С помощью клавиш «ВПРАВО», «ВЛЕВО» Вы можете пролистывать протокол данных. При нажатии клавиши «ВВОД» из окна рис. 8.5-4а или 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

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. 8.5-4а.

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

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 на компьютер по RS-каналу.

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

Для наблюдения в реальном времени процесса

измерения Вы можете пользоваться программным обеспечением, входящим в комплект поставки \*дискета 3.5“.

Для очистки памяти в окне «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ» (см. рис. 8.5-3) выберите опцию «Очистить память» и нажмите на клавишу «ВВОД». На дис-плее анализатора в течение 5 секунд откроется 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
```

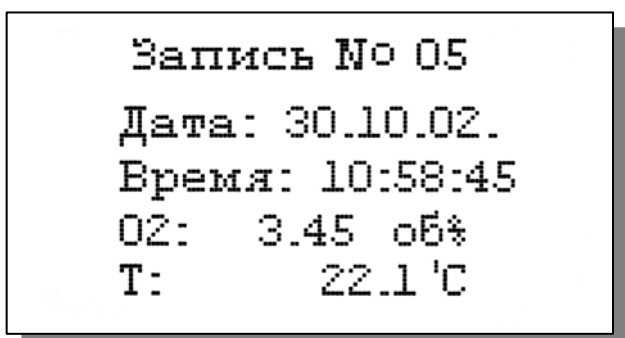
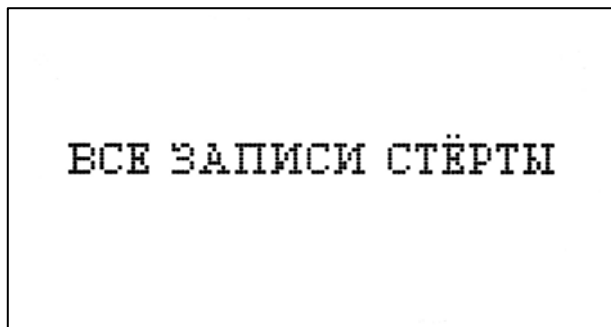
При входе в меню «Блокнот» на дисплее анализатора открывается окно, показанное на рис. 8.6-1. В этом окне Вы можете выбрать три опции.

Рис. 8.6-1. Окно «ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОКНОТ»

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

При выборе опции «Очистить» происходит удаление данных из блока энергонезависимой памяти, предназначенного для 100 записей в электронном блокноте. На дисплее анализатора на 5 секунд откроется 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 блокнот»

## 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 АСрО<sub>2</sub>-01 - АСрО<sub>2</sub>-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

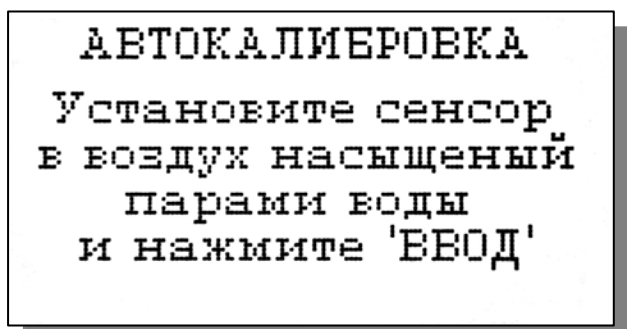
склянки» наливают немного водопроводной воды и устанавливают в нее АС. Чувствительная поверхность сенсора не должна касаться поверхности воды в склянке.

При втором способе калибровки сенсоры АСрО<sub>2</sub>-01 - АСрО<sub>2</sub>-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 АСрО<sub>2</sub>-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 АСрО<sub>2</sub>-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-1-02Б) наливают 3-5 мл воды и надевают ее на АСрО<sub>2</sub>-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. 9.2-1. С помощью клавиш перемещения курсора выберите опцию «КАЛИБРОВКИ» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, **\*\*КАЛИБРОВКА\*\***, показанное на рис. 9.2-2. С помощью клавиш перемещения курсора выберите опцию «АВТОКАЛИБРОВКА» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно «АВТОКАЛИБРОВКА» (рис. 9.3-1).



Если амперометрический сенсор находится в воздухе, насыщенном парами воды, нажмите клавишу «ВВОД»

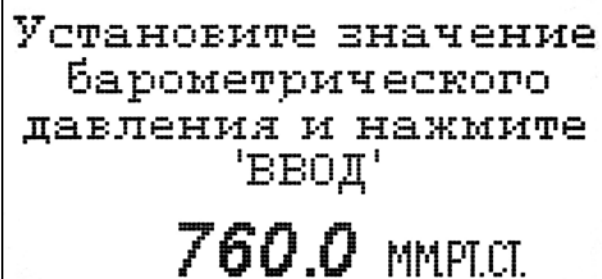
Рис. 9.3-1 Окно АВТОКАЛИБРОВКА»

На дисплее анализатора появится окно ввода данных барометрического давления, показанное на рис. 9.3.-2.

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

Рис. 9.3-2. Окно ввода барометрического давления.

После ввода значения барометрического давления на дисплее анализатора появится окно сообщений, аналогичное показанному на рис. 9.2-4. В нижней части этого окна будет выводиться 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. На дисплее анализатора появится окно, аналогичное рис. 9.2-5.



Установите значение барометрического давления и нажмите 'ВВОД'  
760.0 ммрт.ст.

Интеллектуальные алгоритмы АКПМ-1-02 позволяют Вам проводить автокалибровку в любой выбранной единице измерения, а при измерениях переходить в другие единицы. 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. 9.2-1. С помощью клавиш перемещения курсора выберите опцию «Спец. калибровка» и нажмите «ВВОД». На дисплее

анализатора появится окно, **\*\*СПЕЦ. КАЛИБРОВКА\*\***, показанное на рис. 9.4-1.

Рис. 9.4-1 Окно «СПЕЦ. КАЛИБРОВКА».

**СПЕЦ. КАЛИБРОВКА**  
Установите сенсор в смесь, выбранную для калибровки и нажмите ВВОД

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. 9.4-2.

**СПЕЦ. КАЛИБРОВКА**  
Введите расчётное значение концентрации кислорода.  
**013.4 06%**

Рис. 9.4-2 Окно для ввода данных.

С помощью клавиш перемещения курсора установите значение концентрации кислорода в ПГС и нажмите «ВВОД». На дисплее появится окно для наблюдения процесса стабилизации показаний, показанное на рис. 9.4-3.

Рис. 9.4-3 Окно для наблюдения процесса стабилизации показаний

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).

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 9.4.1.

Таблица приблизительных значений концентрации кислорода  
в пиве и сусле от температуры

Таблица 9.4.1.

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 клавиши 3 (см рис. 4.1). 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-1-02 по чувствительности. В случае приобретения Вами нового сенсора Вам необходимо будет провести калибровку встроенного в сенсор датчика температуры. Методика калибровки датчика температуры находится в служебном меню анализатора. Шифр доступа к этой опции меню Вам будет сообщен при необходимости.

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

**Научно-производственная фирма «БИОАНАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕНСОРЫ»**  
**АНАЛИЗАТОР КИСЛОРОДА АКПМ-1-02**

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-1-02.

### **10.1. Определение $pO_2$ , $cO_2$ в лабораторных условиях.**

Для решения этой задачи используют АКПМ-1-02Л, 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 автокалибровка (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  $ASpO_2-01$  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  $ASpO_2-01$  в склянку БПК старайтесь не повредить мембрану  $ASpO_2$ . 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  $ASpO_2$  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  $ASpO_2-01$  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  $ASpO_2-01$  в "калибровочную" склянку.



## 10.2. Определение БПК стандартным методом с разбавлением при помощи анализатора АКПМ-1-02Л.

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 проводите согласно п.10.1 настоящего руководства.

10.2.3. Расчет БПК<sub>5</sub> (с разбавлением) выполняют по формуле:

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

Где: X – расчетное значение БПК<sub>5</sub>, 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-1-02Г 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 АСрО<sub>2</sub>. Принципиальная схема УПП-01 показана на рис. 10.3.

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.

Калибровку 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.).

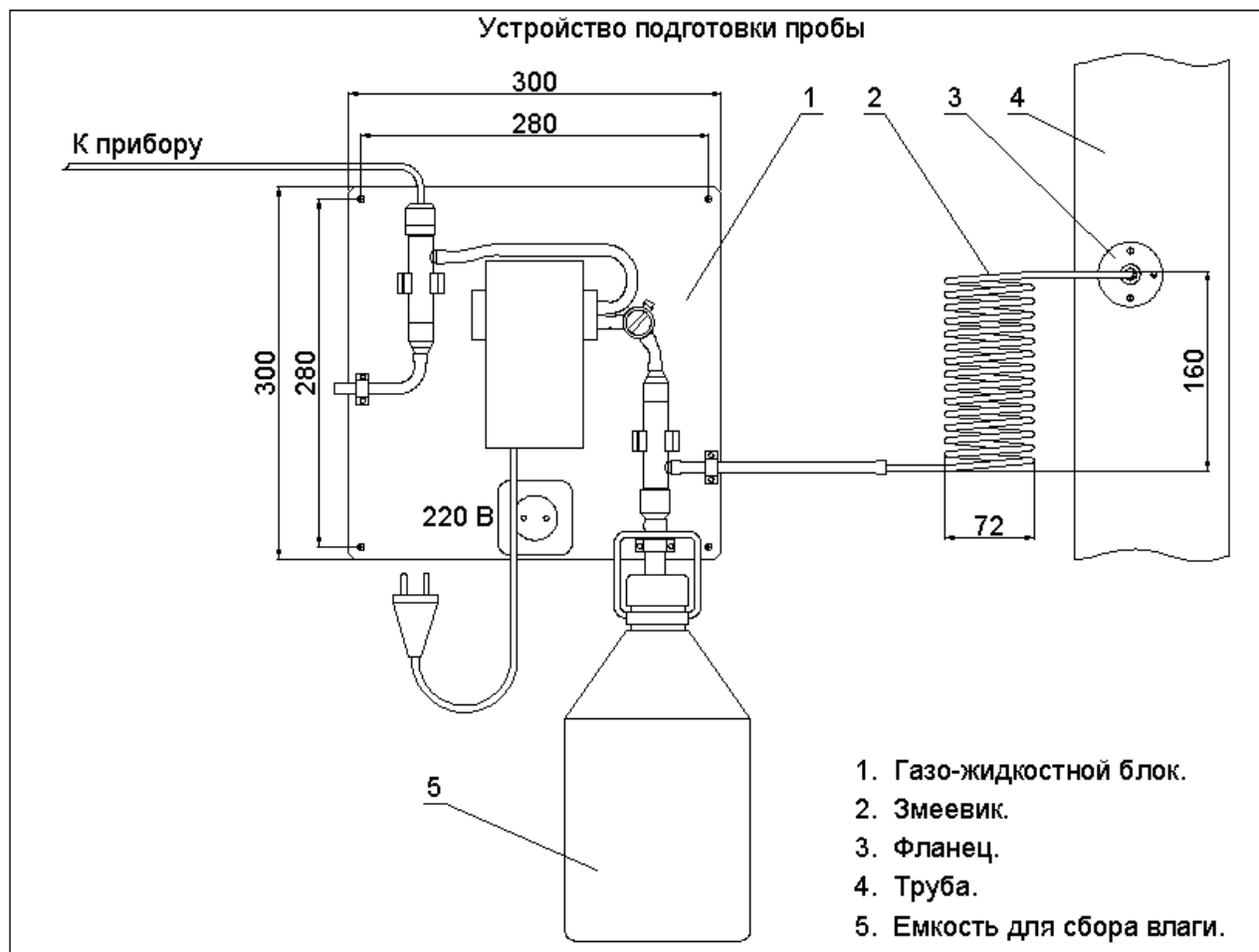


Рис. 10.3 Принципиальная схема УПП-01.

**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-1-02Т. Измерения производятся возле пробоотборной точки. 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 2 до 10 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 и/или гибкую трубку из ПВХ с внутренним диаметром не менее 4 мм и толщиной стенки не менее 1 мм. Использование трубок из силиконовой резины не допускается. Слив анализируемой пробы должен быть свободным. Для этого допускается использовать трубки с внутренним диаметром 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 АСрО<sub>2</sub>-03 или АСрО<sub>2</sub>-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 2-50 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-1-02П, в комплект которого входит сенсор погружного типа АСрО<sub>2</sub>-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-1-02П можно проводить по атмосферному воздуху, насыщенному парами воды. Для этого АСрО<sub>2</sub>-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 АСрО<sub>2</sub>-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-1-02П на очистных сооружениях Вы можете приобрести специальную арматуру. Принципиальная схема установки АСрО<sub>2</sub>-05 в аэротенке с помощью такой арматуры приведена на рис. 10.5.

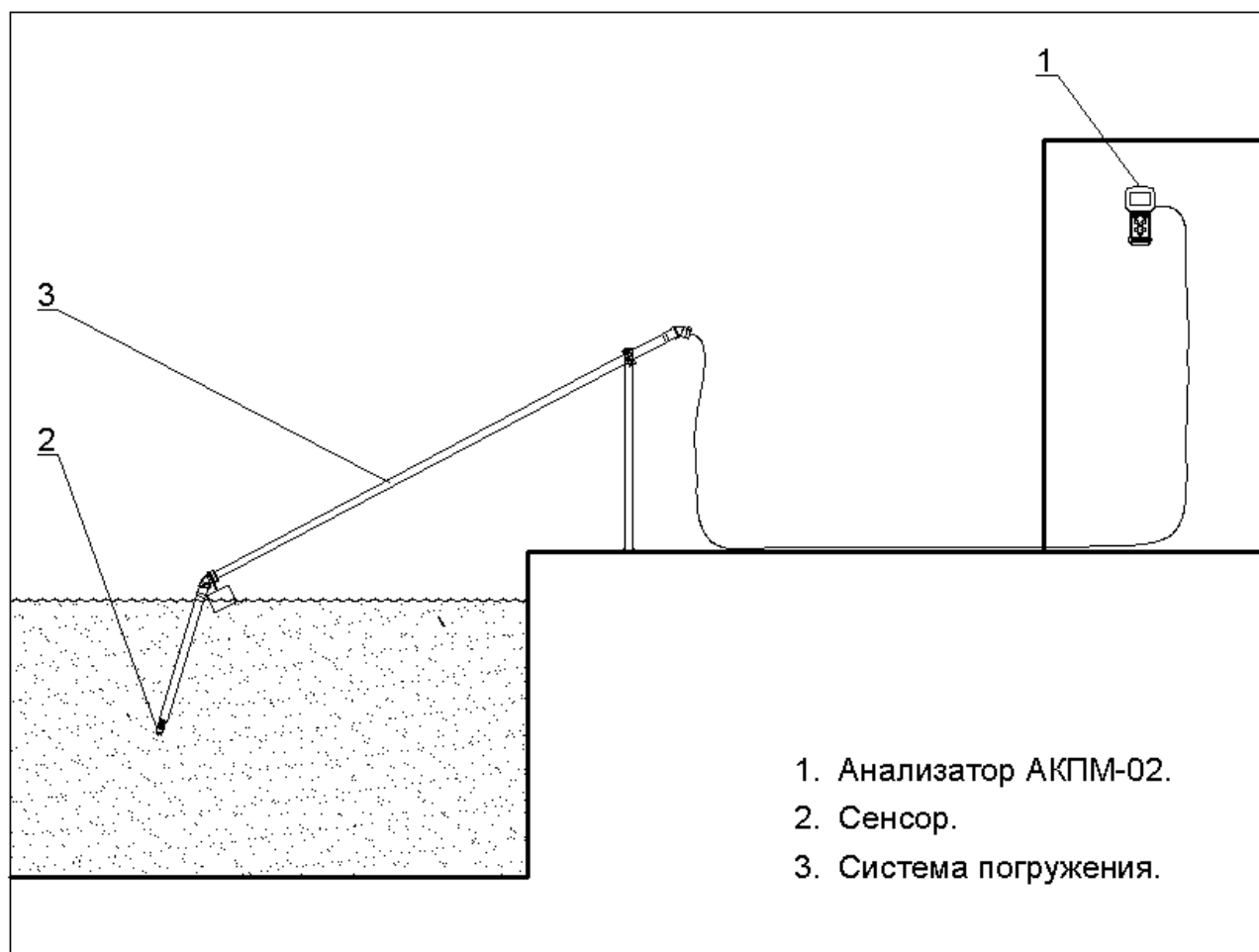


Рис. 10.5 Схема установки  $АСрO_2$  в аэротенке с помощью системы погружения.

### 10.6. Аналитический контроль кислорода в биотехнологических процессах.

Для решения этой задачи в наилучшей степени подходит вариант исполнения анализатора АКПМ-1-02Б, в комплект которого входит стерилизуемый сенсор  $АСрO_2-06$ . Этот сенсор может устанавливаться в крышку ферментера или через стандартный фланцы в биореакторы как отечественного, так и зарубежного производства. Перед стерилизацией ферментера, с установленным в нем  $АСрO_2-06$ , 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, как правило, температурные зависимости коэффициента растворимости кислорода неизвестны. Поэтому при проведении таких измерений часто пользуется 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.

Если Ваш анализатор нуждается в техническом обслуживании, ремонте или периодической проверке, 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 проверке 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.

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 торцевой поверхности сенсора, а также значительное уменьшение уровня электролита в корпусе сенсора;
- Мембрана вытянулась и не достаточно сильно натягивается торцевой частью стеклянной гильзы (см. рис. 4.2). Признаком слабого натяжения мембраны является значительное снижение быстродействия и высокое значение остаточного тока сенсора при калибровке анализатора по «Ноль раствору»;
- 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 ( $I_{\text{сенс}}$ ) имеет близкое к нулю значение (см. рис. 8.4-2б) и сопоставим с величиной остаточного тока ( $I_{\text{ост}}$ ), 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 ( $I_{\text{сенс}}$ ) и показаниями температуры ( $T$ ). 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 ( $T$ ) 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. На дисплее анализатора загорается сообщение «Сенсор не подключен»	1. Сенсор не подключен к анализатору 2. Обрыв кабеля	1. Подключить сенсор. 2. Свяжитесь с сервисным центром по вопросу ремонта или замены сенсора.
2. Показания не зависят от концентрации кислорода.	1. Высох раствор электролита 2. Обрыв кабеля	1. Долить раствор электролита и заменить мембранный колпачок. 2. Выполнить Тест №2 (см. п.11). При отрицательном результате связаться с сервисным центром фирмы по вопросу ремонта или замены сенсора.
3. В «Ноль растворе» 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.
4. Показания сенсора нестабильны во времени при постоянной концентрации кислорода.	1. Нарушена целостность мембраны. 2. Мембрана вытянулась из-за превышения температуры и (или) расхода воды.	1. Заменить мембранный колпачок. 2. Обеспечить требования по температуре и расходу воды через измерительную камеру. Заменить мембранный колпачок



<p>5. Быстродействие сенсора существенно уменьшилось.</p>	<p>Вытянулась мембрана из-за превышения температуры и (или) расхода воды.</p>	<p>Обеспечить требования по температуре и расходу воды через измерительную камеру. Заменить мембранный колпачок</p>
<p>6. При проведении калибровки появляется надпись, предупреждающая о некорректности действий.</p>	<p>1. Сенсор установлен не в ту среду, в которой должна проводиться данная калибровка. 2. При калибровке по воздуху на чувствительной поверхности сенсора осталась капля «Ноль-раствора или воды. 3. При калибровке оператор не дождался стабилизации показаний анализатора, в результате чего произошел сбой в работе вычислительной системы.</p>	<p>1,2. Повторить калибровку четко выполняя инструкции, высвечиваемые на дисплее анализатора.  3. Выполнить п.9.3  4. Если не удастся провести калибровку необходимо восстановить заводские установки (см. Приложение 8).</p>