

**Анализатор Водорода Портативный  
АВП-02**

**Руководство по эксплуатации  
НЖЮК 4215-002-16963232-02 РЭ**

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

*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 АВП-02***

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

#### ***Анализаторы водорода АВП-02 обеспечивают:***

- **А**втоматическую калибровку нулевой точки по атмосферному воздуху;
- **А**втоматическую калибровку крутизны по поверочной газовой смеси;
- **С**пециальную калибровку по газовой смеси, получаемой с помощью устройства для калибровки УК-01;
- **В**озможность выбора удобной для оператора единицы измерения;
- **К**оррекцию барометрического давления и солености;
- **А**втоматическую сигнализацию превышения пороговых уровней;
- **Д**истанционную передачу сигналов с помощью RS-232;
- **Д**искретную запись результатов измерений в энергонезависимую память с возможностью отображения на графическом дисплее и передачу в ПК;
- **С**амодиагностику. **У**добный интерфейс;
- **П**одсветку графического дисплея в затемненных условиях;
- **Г**ерметичность корпуса, степень защиты IP-65.

## **СОДЕРЖАНИЕ (Руководство по эксплуатации).**

1. Распаковка анализатора.
2. Области применения анализаторов АВП 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	25
4.4. Принцип работы анализатора.	26
5. Общие сведения	27
5.1. Общие сведения об измеряемых величинах и единицах измерения	27
5.2. Общие сведения по калибровке анализатора	28
5.3. Общие сведения по введению коррекции при измерениях.	30
6. Указание мер безопасности и рекомендации по эксплуатации анализатора.	31
7. Подготовка к работе	32
7.1. Общие требования к установке анализаторов водорода	32
7.2. Включение анализатора.	33
8. Настройка и управление режимами работы анализатора	34
8.1. Включение анализатора и интерфейс программы	36
8.2. Главное меню	38
8.3. Меню «Установка»	37
8.4. Меню «Диагностика»	44
8.5. Меню «Протоколирование»	45
8.6 Меню «Блокнот».	47
9. Калибровка анализатора	48
9.1. Виды калибровок	48
9.2. Процедура калибровки нулевой точки анализатора	48
9.3. Процедура автоматической калибровки анализатора	50
9.4. Процедура специальной калибровки анализатора.	52
10. Порядок работы	55
10.1. Определение $p_{H_2}$ , $c_{H_2}$ в лабораторных условиях	56
10.2. Определение водорода в газах	56
10.3. Аналитический контроль концентрации водорода в потоке жидкостей.	57
10.4. Аналитический контроль водорода на глубине.	58
10.5. Аналитический контроль водорода в сосудах под давлением.	59
11. Техническое обслуживание анализатора.	60
12. Возможные неполадки и способы их устранения.	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Процедура внесения коррекции ошибки «Жидкость-Газ»	64

### СОДЕРЖАНИЕ (Паспорт)

1. Назначение и область применения	69
2. Технические характеристики	72
3. Состав изделия и комплект поставки	73

4. Поверка анализатора	74
5. Правила хранения	82
6. Гарантии изготовителя (Поставщика)	82
7. Сведения о рекламациях	82
8. Свидетельство о приемке	83
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Гарантийный талон (2 шт.)	85
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Таблица зависимости концентрации водорода в дистиллированной воде от температуры	87
Список литературы	88



Рис. 1. Внешний вид анализатора водорода АВП-02.

Анализаторы и амперметрические сенсоры водорода прошли испытания на утверждения типа средств измерений в ГП ВНИИФТРИ. Документация и результаты испытаний АВП переданы в ГОССТАНДАРТ РФ для внесения в Госреестр СИ. Свидетельство о Государственной калибровке Вашего анализатора прилагается к РЭ.

### 1. Распаковка анализатора.

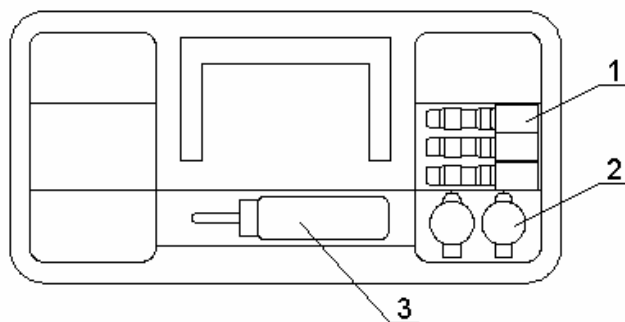
При получении анализатора, убедитесь что упаковка не вскрыта и не повреждена. Если внешний осмотр упаковки позволяет предположить о ее возможном вскрытии или повреждении анализатора при транспортировке,

незамедлительно вызовите представителя транспортной компании и вскройте упаковку в его присутствии.

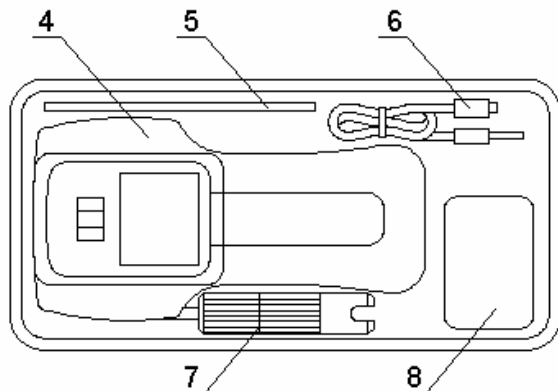
Анализатор водорода и комплектующие изделия к нему поставляются в прочном пластмассовом контейнере. Контейнер может использоваться для переноски прибора при работе в полевых условиях. Рекомендуем сохранить контейнер для последующей отправки прибора предприятию изготовителю или региональной ЦСМ для проведения 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 с сетевым кабелем
- Амперометрический сенсор (см. рис. 3.1, рис.3.3, рис. 3.6)
- Комплект запасных частей и принадлежностей к амперометрическому сенсору, в который входят:
  - Флакон с электролитом
  - Мембранные колпачки (3 шт.)

➤ Кольцо резиновое (на мембранном колпачке)

- ☑ Измерительная камера (в комплекте с АВП-02Т, АВП-02Г)
- ☑ Интерфейсный кабель
- ☑ Руководство по эксплуатации
- ☑ Пластмассовые переходники на входную трубку

Дополнительно могут быть заказаны следующие изделия:

- ☞ Устройство для калибровки УК-01
- ☞ Устройство подготовки газовой пробы УПП-01 (к АВП-02Г)
- ☞ Измерительная камера для микроанализа ИКМА (к АВП-02Л)
- ☞ Фильтр тонкой очистки газов и жидкостей (к АВП-02Т, АВП-02Г)
- ☞ Побудитель расхода для забора проб газов и продувки ИК (груша)
- ☞ Дискета 3.5” с программным обеспечением для передачи данных в ПК

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 АВП и обозначение вариантов их исполнения.**

Анализаторы АВП-02 предназначены для оперативного и производственного контроля концентрации водорода в жидкостях и газах.

Анализаторы АВП-02 предназначены для автоматического контроля растворенного водорода в химико-технологических процессах подготовки воды на предприятиях тепловой и атомной энергетики.

Анализаторы АВП-02 предназначены для производственного контроля содержания молекулярного водорода в 1-ом контуре охлаждения ядерных реакторов на объектах атомной энергетики.

Анализаторы АВП-02 предназначены для определения “утечек” водорода в электролизных, в системах охлаждения генераторов, в емкостях с жидкими ядерными отходами, а также для мониторинга состава воздуха промышленной зоны с целью обеспечения пожаровзрыво-безопасных условий производства.

В химической и нефтеперерабатывающей промышленности анализаторы АВП-02 предназначены для производственного контроля водорода в химико-технологических процессах синтеза органических и неорганических соединений, крекинга нефти, производства аммиака, полиэтилена и т.д. Анализаторы АВП-02 находят применение в научно-исследовательских учреждениях атомной промышленности, а также в автомобильной промышленности при создании экологически чистых водородных двигателей.



Универсальность анализаторов АВП-02, достигается благодаря использованию широкого ассортимента сенсоров (АС). Для обозначения исполнения анализатора после записи типа анализатора «АВП» цифрами «01» указывается его промышленное исполнение, цифрами «02» указывается портативное исполнение, а буквами «А», «Т», «Г», «Л», «П» указывается (условно) область его применения или назначение:

- «А»- Атомная энергетика
- «Т»- Тепловая энергетика;
- «Г»- Газоанализатор;
- «Л»- Лабораторный;
- «П»- Погружной АС для измерений в емкостях, метантенках и т.п.

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

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



АВП-02Л в комплекте с АСрН<sub>2</sub>-01 предназначен для измерений концентрации, парциального давления водорода и температуры в жидкостях и газах. Применяется в лабораторных условиях различных промышленных предприятий и научно-исследовательских учреждений.



Рис. 2.1. Внешний вид анализатора АВП-02Л.

Анализатор АВП-02Г в комплекте с АСрН<sub>2</sub>-02 предназначен для измерений концентрации водорода в газообразных средах. В тех случаях,



когда анализируемый газ находится под разряжением и высоких температурах, анализатор может комплектоваться устройством подготовки газовой пробы УПП-01. АВП-02Г применяется для определения “утечек” водорода в электролизных, в системах охлаждения генераторов, в емкостях с жидкими ядерными отходами, а также для мониторинга состава воздуха промышленной зоны с целью обеспечения пожаровзрывобезопасных условий производства.

В химической и нефтеперерабатывающей промышленности анализатор АВП-02Г применяется для производственного контроля концентрации водорода в химико-технологических процессах синтеза органических и неорганических соединений, крекинга нефти, производства аммиака, полиэтилена и т.д.



02Г

Анализатор АВП-02Г в комплекте с АСрН<sub>2</sub>-03 (или АСрН<sub>2</sub>-04) и проточной измерительной камерой ИКПЖ предназначен для измерений концентрации водорода и температуры в потоке жидкостей, в том числе в микрограммовом диапазоне концентраций.

АВП-02Г применяется при оперативном аналитическом контроле процессов водохимподготовки в атомной и тепловой энергетике: ТЭЦ, ГРЭС, АЭС, теплосети и котельные. Анализатор АВП-02Г также применяется в химической, и нефтеперерабатывающей промышленности, а также в других областях народного хозяйства.

Рис. 2.3. Внешний вид анализатора АВП-



Анализатор АВП-02П в комплекте с АСрН<sub>2</sub>-05 погружного типа предназначен для измерений концентрации водорода в газах и жидкостях непосредственно в точках отбора проб. АСрН<sub>2</sub>-05 может устанавливаться в емкости заполненные анализируемой средой, например цистерны с нефтепродуктами, метантенки, колодцы, шахты и т.д. АВП-02П применяется для определения “утечек”

водорода в электролизных, в системах охлаждения генераторов, в емкостях с жидкими ядерными отходами, а также для мониторинга состава воздуха промышленной зоны с целью обеспечения пожаровзрывобезопасных условий производства.



Рис. 2.5. Внешний вид анализатора АВП-02А и АСрН<sub>2</sub>-06.

Анализатор АВП-02А в комплекте с АСрН<sub>2</sub>-06 предназначен для измерений концентрации водорода в жидких и газообразных средах при высоких давлениях, в том числе в 1-ом контуре охлаждения ядерных реакторов. АСрН<sub>2</sub>-06 выполнены в корпусе из нержавеющей стали, снабжены компенсатором внешнего давления и выдерживают неограниченное количество циклов стерилизаций острым паром при  $T=143\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сенсоры могут устанавливаться в ферментеры и биореакторы отечественного и импортного производств. Анализаторы АВП-02А также

могут применяться в химической и нефтеперерабатывающей промышленности, когда необходимо проводить измерения концентрации водорода 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.**

3.1. Если транспортирование анализатора осуществлялось в зимнее время года (см. стр. 2), выполните операции п. 3.3. настоящего руководства.

Если Ваш АС заполнен раствором электролита (см. запись на стр. 2), то переходите к выполнению п. 3.3.6.



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

Сенсор АСрН<sub>2</sub>-01 – поставляется в комплекте с АВП-02Л

Сенсор АСрН<sub>2</sub>-02 - поставляется в комплекте с АВП-02Г

Сенсоры АСрН<sub>2</sub>-03 и АСрН<sub>2</sub>-04 – поставляются в комплекте с АВП-02Т.

Эти сенсоры имеют одинаковые габаритные и соединительные размеры и отличаются внутренними параметрами. Параметры каждого сенсора оптимизированы для каждой области применения АВП-02 и выбраны с учетом особенностей решения конкретных задач аналитического контроля водорода.



АС

В

Рис. 3.1. Внешний вид амперометрических сенсоров АСрН<sub>2</sub>-01, АСрН<sub>2</sub>-02, АСрН<sub>2</sub>-03 и АСрН<sub>2</sub>-04.

Сенсоры АСрН<sub>2</sub>-01 в основном используются для исследований в лабораторных условиях.

Сенсоры АСрН<sub>2</sub>-02, АСрН<sub>2</sub>-03 и АСрН<sub>2</sub>-04 поставляются с измерительной камерой (ИК). Для того, чтобы достать сенсор из ИК необходимо сначала открутить накидную гайку, а затем осторожно достать сенсор.



Рис.3.2. Внешний вид сенсора в измерительной камере.

Сенсор АСрН<sub>2</sub>-05 поставляется в комплекте с анализатором АВП-02П. Он установлен в герметичной ячейке из нержавеющей стали и рассчитан на проведение измерений на глубинах до 20 м. В базовой поставке длина кабеля АСрН<sub>2</sub>-05 составляет 4 м.

При необходимости проведения измерений на глубинах более 4 м, длину кабеля необходимо уточнить при заказе.

Рис. 3.3. Внешний вид амперометрического сенсора АСрН<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 а правой за сенсор и осторожно достают сенсор из верхнего корпуса.



Рис. 3.4. Внешний вид сенсора без нижнего корпуса.

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

**Примечание.**

АСрН<sub>2</sub>-05 уплотняется в верхнем корпусе по уплотнительному кольцу. 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 АСрН<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 АСрН<sub>2</sub>-06 поставляются в комплекте с анализатором АВП-02А. Они выполнены в корпусах из нержавеющей стали и снабжены компенсатором



внешнего давления. Благодаря этому они могут использоваться при высоких давлениях, в том числе в 1-ом контуре охлаждения ядерных реакторов. Сенсоры имеют универсальные типоразмеры для их установки в ферментеры и биореакторы отечественного и зарубежного производств. АСрН<sub>2</sub>-06 могут устанавливаться в трубопроводы и емкости работающие под давлением. Сенсоры выдерживают неограниченное количество циклов стерилизации острым паром при T=143 °С и P=3 ати.

### 3.3. Замена мембранного колпачка и раствора электролита.

Если требуется залить раствор электролита (см. стр. 2) или заменить мембранный колпачок, достаньте сенсор из измерительной камеры или герметичной ячейки, а 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 АСрН<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 в нем мог высохнуть раствор электролита. В этом случае залейте с помощью шприца 1 – 2 мл дистиллированной воды в зазор между колпачком и электродным ансамблем. Через 2-3 часа закристаллизовавшиеся соли растворятся, и Вы без усилий достанете электродный ансамбль.

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

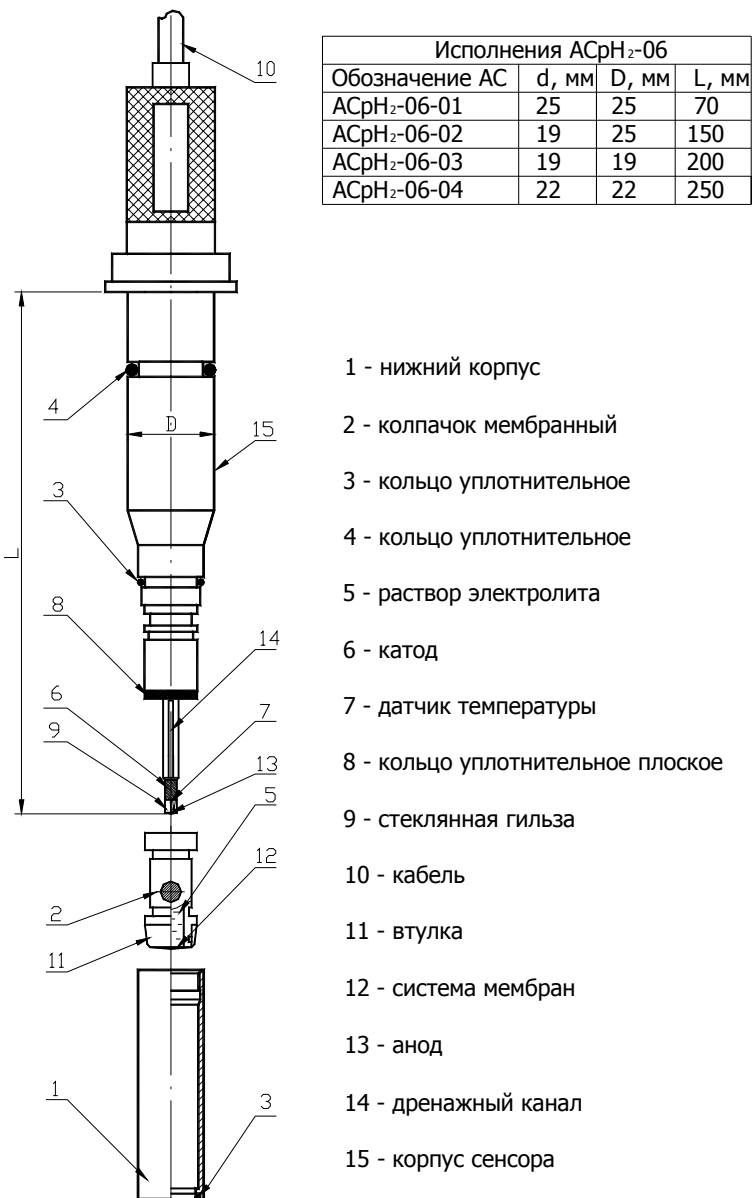


Рис. 3.8. Внешний вид ACSrH<sub>2</sub>-06.

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

**Примечание.** В верхней части мембранного колпачка установлено герметизирующее кольцо, поэтому необходимо приложить небольшое усилие вдоль оси сенсора для преодоления сил трения. Если колпачок «прилип» в месте уплотнения, то попробуйте повернуть его вокруг оси.

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

3.3.3. С помощью флакона – капельницы залейте в старый или новый мембранный колпачок 1 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 кислым 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 ACSrH<sub>2</sub>-01 – ACSrH<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 накидную гайку до упора (см. рис. 3.10 и рис. 3.2)



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

При установке АСрН<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).

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



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

3.3.5. Сборку сенсора АСрН<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 зонта.



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 «», а затем начнется процесс самодиагностики, который продлится от 30 сек. до 1 минуты. После завершения процесса самодиагностики 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 раздается прерывистый звуковой сигнал), аккумуляторную батарею необходимо зарядить в обязательном порядке. Подсоедините блок питания к анализатору (см. рис. 4.1-1), а затем к сети переменного тока 220В с частотой 50 Гц. При этом рисунок индикатора придет в движение, свидетельствуя о протекании процесса заряда. Незаряженная батарея полностью зарядится за 12-15 часов.

Перед зарядом аккумуляторной батареи необходимо выключить подсветку индикатора. Для более быстрого заряда батареи анализатор можно выключить. Для этого нажмите клавишу «Вкл/Выкл» и удерживайте ее в нажатом состоянии в течение 5 сек.

**ВНИМАНИЕ!** Блок питания служит только для заряда аккумуляторной батареи. Эксплуатация прибора при подсоединенном блоке питания запрещается! После полного заряда аккумуляторной батареи прибор может эксплуатироваться до полного ее разряда (около 100 часов). Запрещается заряжать аккумуляторную батарею более 24 часов.

## 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 водорода АВП-02.

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

а)

б)

Рис. 4.1-1. Внешний вид анализатора водорода АВП-02.

а) – вид слева, б) – вид справа:

- 1 – ремешок
- 2 – амперометрический сенсор АСрН<sub>2</sub> (или ИК с АСрН<sub>2</sub>)
- 3 – катушка для укладки кабеля
- 4 – гнездо для подключения блока питания
- 5 – гнездо для подключения кабеля RS-канала (RS-232)
- 6 – разъем для подключения АСрН<sub>2</sub>
- 7 – держатель для крепления АСрН<sub>2</sub>-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 защиты 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 АСрН<sub>2</sub> предусмотрена катушка 3. Для крепления измерительной камеры с АСрН<sub>2</sub> (или АСрН<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 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. (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 измерение, преобразование и отображение на дисплее;
- самодиагностику работоспособности анализатора и амперометрического сенсора;
- выбор измеряемой величины: парциального давления водорода, процентного содержания или массовой концентрации;
- выбор удобной для оператора единицы измерения с возможностью последующих переходов в другие единицы;
- калибровку анализатора по нулевой точке, автоматическую калибровку по ПГС насыщенной парами воды и специальную калибровку при помощи устройства для калибровки УК-01;
- возможность внесения коррекции на изменение барометрического давления и солености;
- автоматическую коррекцию систематических погрешностей измерений, обусловленных эффектом «охлаждения мембраны» и «потреблением» водорода АС;
- передачу информации на контроллер или персональный компьютер (ПК) с помощью цифрового канала RS-232;
- протоколирование результатов измерений в энергонезависимую память с задаваемым интервалом, с возможностью передачи данных на ПК и вывода на дисплей анализатора в табличном или графическом виде;
- запись результатов измерений в электронный блокнот с возможностью их передачи на ПК и вывода на дисплей анализатора;

Каждый из вариантов исполнения анализатора АВП-02 ориентирован на конкретные области народного хозяйства и конкретные задачи аналитического контроля водорода. В зависимости от области применения и задачи исследования анализатор комплектуется специально разработанным амперометрическим сенсором. Благодаря универсальности анализатора АВП-02 каждый сенсор совместим с измерительным устройством анализатора.

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

Амперометрические сенсоры, используемые в анализаторе АВП-02, по своим функциональным возможностям делятся на два типа: сенсоры парциального давления водорода ( $АСрН_2$ ) и сенсоры концентрации растворенного водорода ( $АССН_2$ ) [1,2].

Амперометрические сенсоры парциального давления водорода ( $АСрН_2$ ) могут применяться для анализа как газообразных, так и жидких сред. Такие сенсоры высоко селективны к водороду и не подвержены влиянию других электрохимически активных газов, ионов, биологических молекул и окислительно-восстановительных систем, присутствующих в анализируемой среде. Прототипом  $АСрН_2$  является электрод Кларка [3]. ООО «Фирма «» выпускает шесть модификаций  $АСрН_2$ , конструкции которых разработаны с учетом особенностей и специфики проведения измерений в различных областях народного хозяйства при решении разнообразных задач аналитического контроля водорода. Конструктивные параметры и материалы элементов каждого варианта исполнения сенсора оптимизированы, что обеспечило анализаторам водорода АВП-02 лучшие метрологические и эксплуатационные характеристики по сравнению с известными зарубежными и отечественными аналогами.  $АСрН_2$  обладают очень низким потреблением водорода из анализируемой среды. Благодаря этому свойству обеспечивается «неразрушающий контроль» анализируемой жидкости и достигается высокая надежность и достоверность результатов измерений. Сенсоры этого типа калибруются по ПГС и атмосферному воздуху, долговечны, просты и недороги в эксплуатации. Такие сенсоры в комплекте АВП-02 могут использоваться для анализа водорода в газах, в пресных и соленых водах. При измерениях в соленых водах в анализаторе АВП-02 предусмотрена возможность внесения коррекции на соленость. Поправка на соленость должна вноситься по результатам кондуктометрических измерений в пересчете на  $NaCl$ . Амперометрические сенсоры  $АСрН_2$  в комплекте АВП-02 могут также использоваться для измерений массовой концентрации водорода в неводных жидкостях органического и неорганического происхождения. Следует заметить, что такие измерения будут проводиться с меньшей точностью по сравнению с измерениями концентрации водорода в водных растворах. Это объясняется тем, что сигнал  $АСрН_2$  прямо пропорционален парциальному давлению водорода, а температурные зависимости коэффициентов растворимости водорода в этих жидкостях не являются достоверно установленными. Более адекватными данной задаче исследования являются амперометрические сенсоры концентрации растворенного водорода  $АСсН_2$ .

Амперометрические сенсоры концентрации растворенного водорода ( $АСсН_2$ ) могут применяться для анализа жидких сред с неизвестными коэффициентами растворимости водорода. Сенсоры этого типа, обладая теми же достоинствами что и  $АСрН_2$ , отличаются своими функциональными свойствами, а именно, измерительный сигнал  $АСсН_2$  прямо пропорционален массовой концентрации растворенного водорода в анализируемой жидкости. Для этого типа сенсоров не требуется внесение коррекций на температурную зависимость коэффициента растворимости водорода в исследуемой жидкости. Калибровка таких сенсоров может проводиться по дистиллированной воде, насыщенной водородосодержащей газовой смесью. Приоритет создания АС,

работающих в режиме измерения массовой концентрации водорода принадлежит фирме «».

Конструкция АСрН<sub>2</sub>-01 является базовой моделью амперометрических сенсоров парциального давления водорода. Внешний вид АСрН<sub>2</sub>-01 показан на рис. 4. 2.

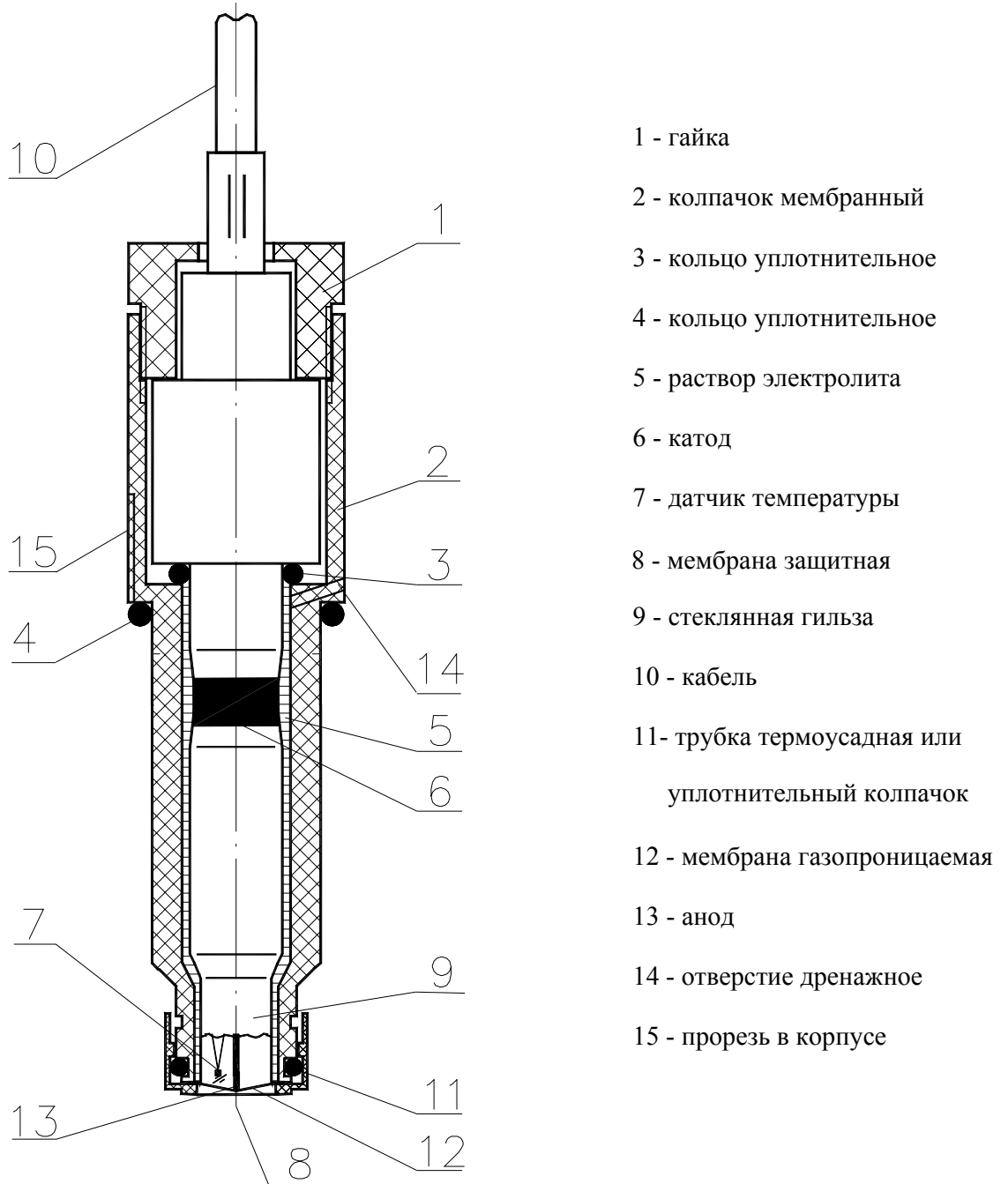


Рис. 4.2. Внешний вид АСрН<sub>2</sub>-01, АСрН<sub>2</sub>-02, АСрН<sub>2</sub>-03 и АСрН<sub>2</sub>-04.

АСрН<sub>2</sub>-01 представляет собой электролитическую ячейку, образованную электродной системой: - анодом 13 и катодом 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 анод 13 расположен вдоль ее оси и контактирует с раствором электролита 5 со стороны торцевой части гильзы 9, а катод 6 расположен на боковой поверхности гильзы 9.

Газопроницаемая мембрана 12 закреплена на торцовой части корпуса 2. Герметизация электролитической ячейки осуществляется с помощью уплотнительного кольца 3 и гайки 1. На боковой поверхности корпуса 2 имеется дренажное отверстие 14 для удаления избытка раствора электролита 5. Амперометрический сенсор АСрН<sub>2</sub>-01 снабжен системой термокомпенсации, вводимой на температурную зависимость растворимости водорода в воде и/или на свойства газопроницаемой мембраны. Датчик температуры 7 впаян в торцовую часть стеклянной гильзы 9. Расположение датчика температуры 7 и анода 13 в непосредственной близости от анализируемой жидкости обеспечивают высокую точность и экспрессность измерений. Такое расположение датчика температуры 7 позволяет исключить ошибки при калибровке сенсора, возникающие из-за «охлаждения» мембраны вследствие испарения влаги с ее поверхности. Равенство постоянных времени ответа амперометрического сенсора на изменения концентрации водорода и температуры анализируемой жидкости позволяет снизить динамическую погрешность измерений и обеспечить высокую точность термокомпенсации. АСрН<sub>2</sub>-01 может устанавливаться в проточную измерительную камеру или в колбы с коническим шлифом 14/23 (например стандартные склянки БПК–150-29/32-14/23 - производитель ООО "Стеклолабсервис", г. Клин, М.О., шифр при заказе 560). Благодаря малому потреблению водорода амперометрическим сенсором, он может использоваться для «in vitro» измерений в микропробах (50 мкл). В этом случае АСрН<sub>2</sub>-01 устанавливается в измерительную камеру для «микроанализа» (ИКМА) рис. 4.4.

Конструкция АСрН<sub>2</sub>-02 отличается от базовой модели АСрН<sub>2</sub>-01 более высокой чувствительностью, поэтому длина кабеля этого сенсора может быть по желанию Заказчика увеличена до 10 м. Сенсоры этой модификации могут устанавливаться в проточную измерительную камеру и в комплекте анализатора АВП-02Г предназначены для аналитического контроля водорода в потоке газов, протекающих через измерительную камеру.

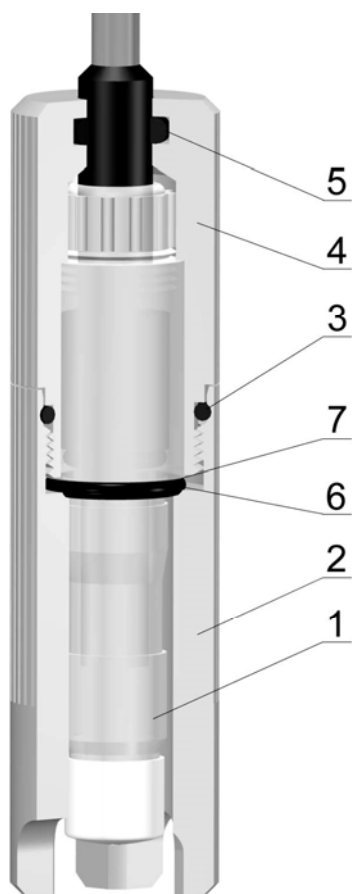
Конструкция АСрН<sub>2</sub>-03 отличается от модели АСрН<sub>2</sub>-01 повышенной чувствительностью и предельно низкой величиной остаточного тока.

Конструкция АСрН<sub>2</sub>-04 отличается от модели АСрН<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 АСрН<sub>2</sub>-03 и АСрН<sub>2</sub>-04 в комплекте с анализатором АВП-02Г нашли широкое применение в теплоэнергетике и промышленности при определении следовых количеств водорода в жидкостях, например, при оперативном химконтроле процессов водоподготовки на ТЭЦ, ГРЭС, АЭС и теплосетях. Для решения этих задач



АСрН<sub>2</sub>-03 и АСрН<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.

Конструкция АСрН<sub>2</sub>-05 отличается от базовой модели АСрН<sub>2</sub>-01 тем, что амперометрический сенсор устанавливается в герметичную ячейку, предназначенную для проведения измерений водорода на глубине до 20 м. Внешний вид АСрН<sub>2</sub>-05 показан на рис. 4.3. В базовой поставке длина кабеля АСрН<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 АСрН<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 АСрН<sub>2</sub>-05, защищает чувствительную часть сенсора от возможных ударов. В нижней части корпуса 2 выполнены четыре окна, через которые пузырьки свободно выходят при погружении сенсора на глубину. Сферическая форма чувствительной поверхности АСрН<sub>2</sub>-05 также способствует свободному удалению пузырьков воздуха, поднимающихся вверх в процессе аэрации. Малое потребление водорода электродной системой АСрН<sub>2</sub>-05 и достаточно большие окна в нижней части корпуса 2 позволяют использовать АВП-02П для измерений водорода как в перемешиваемых, так и в неподвижных жидкостях.

Модификация сенсора АСрН<sub>2</sub>-06 отличается от базовой модели АСрН<sub>2</sub>-01, тем, что его конструкция выполнена в корпусе из нержавеющей стали и снабжена компенсатором внешнего давления. Благодаря этому АСрН<sub>2</sub>-06 могут применяться для определения концентрации водорода в жидкостях и газах при высоких давлениях, в том числе в 1-ом контуре охлаждения ядерных реакторов. Электродная система сенсора (см. рис. 3.8), состоящая из катода 6, анода 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. 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 закручивании нижнего корпуса 1 на корпус сенсора 15. На корпусе 15 сенсора закреплён разъем для подключения кабеля 10, соединяющего сенсор с измерительным устройством АВП-02. Сенсоры АСрН<sub>2</sub>-06 выпускаются в нескольких исполнениях, отличающихся габаритными и присоединительными размерами. Обозначения и унифицированные размеры исполнений сенсоров АСрН<sub>2</sub>-06 при заказе и в документации другого изделия приведены в таблице на рис. 3.8.

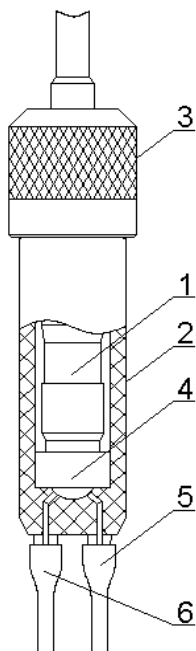
### 4.3. Описание конструкции измерительных камер.

Для решения ряда конкретных задач аналитического контроля водорода фирмой

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.



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

Чувствительная часть сенсора герметизируется с помощью уплотнительного резинового колпачка 4 при закручивании гайки 3. Для ввода анализируемой пробы предусмотрен входной штуцер 5, а для выхода штуцер 6. С помощью ИКМА можно проводить измерения в микрообъемах жидкостей (50-100 мкл) и газов.

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.

#### 4.4. Принцип работы анализатора.

Работа анализатора основана на поляризации анода относительно вспомогательного электрода и измерении тока деполяризации, возникающего в результате диффузии водорода из исследуемой жидкости и последующей электрохимической реакции его окисления, протекающей по схеме



Сигналы АС и датчика температуры усиливаются в предварительном усилителе, нормируются и подаются на АЦП. После расчета и внесения автоматических коррекций на температурную зависимость коэффициента растворимости водорода в воде и/или температурную зависимость коэффициента проницаемости водорода в газопроницаемой мембране, полученный в измерительном устройстве сигнал отображается на дисплее анализатора в выбранной оператором единице измерения. Сигнал АС в цифровом виде может передаваться на компьютер через RS-232 или RS-485. Результаты измерений могут также записываться в энергонезависимую память в формате выбранного протокола (непрерывная дискретная запись и/или электронный блокнот).

## **5. Общие сведения.**

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

При аналитическом контроле водорода в газах считается общепризнанным характеризовать его парциальным давлением ( $p_{H_2}$ ) и/или концентрацией ( $c_{H_2}$ ). Для измерений парциального давления водорода обычно используют следующие единицы измерения: мм.рт.ст, кПа. Под парциальным давлением водорода в газовой смеси понимают ту часть общего давления, которая приходится на молекулы водорода. Парциальное давление водорода в газе зависит от барометрического давления ( $B$ ) и влажности. Для исключения ошибок калибровки возникающих из-за неопределенности в значении влажности газовой смеси, в анализаторе АВП-02 предусмотрен режим автоматической калибровки по ПГС насыщенной парами воды или получаемой с помощью устройства для калибровки УК-01. При проведении автокалибровки анализатор запрашивает значение атмосферного давления и учитывает давление насыщенных водяных паров при температуре калибровки.

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

При аналитическом контроле водорода в жидкостях считается общепризнанным характеризовать его парциальным давлением ( $p_{H_2}$ ) и/или концентрацией ( $c_{H_2}$ ). Парциальное давление водорода в жидкости равно парциальному давлению водорода в газовой фазе с которой жидкость находится в состоянии динамического равновесия. Для измерений парциального давления водорода в анализаторе АВП-02 предусмотрены две единицы измерения: мм.рт.ст. и кПа. При проведении измерений парциального давления водорода в жидкости анализатор автоматически компенсирует систематическую ошибку измерения, известную в литературе как коэффициент «Жидкость-газ».

Для измерений концентрации водорода в жидкостях обычно используют величину массовой концентрации водорода, выраженной в мг/л, мкг/л или ppm.

Учитывая что сигнал  $ASpH_2$  прямо пропорционален  $pH_2$  и зависит от температуры анализируемой жидкости АВП-02 вносит двойную температурную компенсацию на диффузионные свойства газопроницаемой мембраны и температурную зависимость коэффициента растворимости водорода в воде. При этом анализатор также компенсирует систематическую ошибку измерений «Жидкость-газ». В тех случаях, когда измерения  $sH_2$  проводятся в соленых водах, анализатор автоматически корректирует результаты измерений в соответствии с соленостью, заданной в пересчете на NaCl.

Для реализации измерений концентрации водорода в этих единицах проводят автокалибровку анализатора по ПГС насыщенной парами воды и получаемой с помощью устройства для калибровки УК-01. Благодаря реализованным в анализаторе алгоритмам выбора и пересчета единиц измерений, Вы можете осуществлять переход из одной единицы измерения в другую без необходимости 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 диапазоны настройки токового выхода и пределов регулирования сигнализации автоматически изменятся в соответствии с выбранной Вами единицы измерения.

## 5.2. Общие сведения по калибровке анализатора.

Сигнал  $ASpH_2$  является линейной функцией парциального давления водорода. Поэтому для калибровки анализатора нужно иметь всего две точки: эталонную нулевую точку (например атмосферный воздух, чистый азот, аргон или др.) и среду с известным парциальным давлением водорода, например поверочную газовую смесь (ПГС) из аттестованного баллона или приготавливаемую в УК-01. Другое важное обстоятельство существенно упрощающее процедуру калибровки и поверки анализаторов заключается в том, что разница показаний при измерениях в газе и жидкости находящейся с ним в равновесии составляет постоянную и малую величину, которая алгоритмически корректируется. Поэтому калибровку и поверку анализаторов, предназначенных для измерений  $pH_2$  и  $sH_2$  в жидкостях можно проводить по ПГС. Понятно, что от точности калибровки зависит точность измерений. Так, например, при измерениях в области низких значений  $pH_2$  точность анализа в большей степени зависит от точности калибровки нулевой точки, и наоборот, точность измерений в области больших  $pH_2$  в большей степени зависит от точности калибровки анализатора по ПГС.

В анализаторе реализованы следующие виды калибровок:

- калибровка по нулевой точке;
- автоматическая калибровка по ПГС;
- специальная калибровка.

### Калибровка нулевой точки.

При измерениях в области малых концентраций водорода, ошибки, связанные с неточностью калибровки нулевой точки, могут привести к значительным ошибкам измерений. Для проведения таких измерений нами разработаны две модификации сенсоров: АСрН<sub>2</sub>-03 и АСрН<sub>2</sub>-04. Главными отличительными особенностями этих сенсоров являются предельно низкое значение остаточного тока сенсора, его стабильность во времени и обеспечение работы сенсора в условиях «неразрушающего» контроля анализируемой жидкости. Для обеспечения высокой точности измерений концентраций водорода в микрограммовой области, мы рекомендуем тщательно проводить калибровку нулевой точки. Для калибровки этой точки можно использовать атмосферный воздух или газы высокой чистоты, не содержащие водород.

### Автокалибровка по поверочной газовой смеси.

Для исключения ошибок калибровки, возникающих из-за изменения влажности ПГС, автоматическую калибровку необходимо проводить по ПГС, насыщенной парами воды.

При проведении автоматической калибровки по ПГС анализатор АВП-02 сначала измеряет температуру мембраны с помощью встроенного в АС датчика температуры и компенсирует температурную зависимость ее проницаемости по водороду, а затем рассчитывает уравнение калибровочной прямой, построенной в координатах: расчетное значение  $(p_{H_2})_{расч}$  от истинного  $(p_{H_2})_{ист}$  в калибровочной среде. Благодаря этому калибровка и измерения величины парциального давления (единицы измерения: мм.рт.ст., кПа) или процентного содержания водорода (единицы измерения: об. %) могут проводиться при температурах от 0 до 50 °С. При калибровке и измерениях водорода в жидкостях в единицах массовой концентрации (мг/л, мкг/л, ppm) анализатор компенсирует также температурную зависимость коэффициента растворимости водорода в воде. Поэтому калибровка и измерения массовой концентрации водорода в воде также могут проводиться при любой температуре в диапазоне от 0 до 50 °С. Интеллектуальные алгоритмы АВП-02 позволяют Вам проводить калибровку в любой выбранной единице измерения, а затем при измерениях переходить в любую другую единицу измерения. При этом не требуется еще раз проводить калибровку. 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.

Специальная калибровка. При специальной калибровке анализатора в качестве стандартного образца с известным содержанием водорода используется водородосодержащая газовая смесь, получаемая с помощью установки калибровочной УК-01.

## **5.3. Общие сведения по введению коррекций в процессе измерений.**

### 5.3.1. Коррекция на изменение барометрического давления.

Измеряемые величины «Процентное содержание водорода в газах» (об. %) не зависят от барометрического давления. Так как сигнал  $АСрН_2$  прямо пропорционален  $pН_2$ , то при проведении измерений в этих единицах необходимо следить за изменениями барометрического давления (В). Если барометрическое давление отличается на величину более чем 10 мм.рт.ст. от значения записанного в энергонезависимую память при последней калибровке, то необходимо откорректировать это значение. Для этого в режиме «УСТАНОВКА» (см. рис. 8.3-1, 8.3-2) необходимо ввести текущее значение барометрического давления. При этом не требуется проводить автокалибровку снова. Эти замечания в полной мере относятся к задачам измерений процентного содержания водорода при повышенных давлениях, например в барокамерах и в сосудах работающих под избыточном давлением.

### 5.3.2. Коррекция на соленость.

Известно, что с увеличением солености массовая концентрация водорода в водных растворах уменьшается вследствие эффекта Сеченова. Поэтому при проведении измерений массовой концентрации водорода (единицы измерений 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» водород. Обычно коррекцию на соленость вводят по показаниям кондуктометра в пересчете на NaCl.

Более адекватным средством измерения концентрации водорода в жидкостях с неизвестными коэффициентами растворимости являются  $АСсН_2$ .

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

При анализе жидкостей для  $АСрН_2$  характерны систематические погрешности измерений. Природа подобных ошибок связана с неидеальностью  $АСрН_2$  и подробно описана в [1,2,6]. Эти ошибки проявляются в разнице показаний  $АСрН_2$  в газовой фазе и жидкости, находящейся с ней в состоянии динамического равновесия. В литературе [6] эта ошибка получила название коэффициент «жидкость-газ». Для наиболее совершенных конструкций  $АСрН_2$  коэффициент «жидкость-газ» составляет от 0.1 до 2 % (т.е. показания  $АСрН_2$  в жидкости меньше показаний  $АСрН_2$  в газовой фазе на 0.1 - 2%). Для  $АСрН_2-01$ ,  $АСрН_2-05$  и  $АСрН_2-06$  коэффициент «жидкость-газ» не превышает 0.1 – 0.5 %. Для  $АСрН_2-03$  и  $АСрН_2-04$  величина коэффициента «жидкость-газ» не превышает соответственно 0.5 и 0.8 % при расходе анализируемой жидкости более чем 0.5 л/час. В анализаторе АВП-02 реализован алгоритм внесения компенсации систематической погрешности «жидкость-газ».

**Влияние скорости потока анализируемой жидкости.** Сигнал  $АСрН_2$  зависит от скорости потока анализируемой жидкости в окрестности газопроницаемой мембраны. Для минимизации влияния скорости потока на измерительный сигнал параметры  $АСрН_2$  оптимизированы и выбраны исходя



из условия обеспечения «неразрушающего контроля» анализируемой жидкости. В АСрН<sub>2</sub>-01, АСрН<sub>2</sub>-05 и АСрН<sub>2</sub>-06 используются микрокатоды, поэтому влияние скорости потока на сигнал АС незначительно благодаря малому потреблению водорода самим сенсором. Для обеспечения измерений в микрограммовой области концентраций необходимо применять катоды большего диаметра. Поэтому в АСрН<sub>2</sub>-03 и АСрН<sub>2</sub>-04 используются катоды диаметром до 1 мм. Эти сенсоры чувствительны к скорости потока в диапазоне от 0 до 0.5 л/час. При скоростях потока более 0.5 л/час зависимость сигнала АСрН<sub>2</sub>-03 и АСрН<sub>2</sub>-04 от скорости потока незначительна. Поэтому при скоростях протока анализируемой жидкости более 0.5 л/час не требуется применять специальных переливных устройств и стабилизаторов расхода. Целесообразность применения этих устройств оправдана только при расходах менее 0.5 л/час. Автоматическую коррекцию ошибок измерения, обусловленных малыми расходами, можно обеспечить путем задания коэффициента «Жидкость-газ», предварительно измеренного при данном расходе (см. Приложение 1).

## **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. 3.3).

При установке амперометрического сенсора в измерительную камеру необходимо проверить наличие герметизирующего кольца 4 или уплотнительного колпачка 4 (см. рис. 4.2 и 4.4).

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 эксплуатация прибора при подсоединенном блоке питания запрещается! После полного заряда аккумуляторной батареи прибор должен эксплуатироваться до полного ее разряда.

## 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 водорода.

Анализаторы АВП-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, трубопровод или непосредственно в анализируемую среду.

При проведении измерений концентрации водорода в потоке жидкостей или газов, рекомендуется на линии входа анализируемой пробы установить регулятор давления (дроссель) и холодильник. Регулятор давления должен обеспечивать регулирование расхода анализируемой пробы через измерительную камеру АС в диапазоне от 0.1 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 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 водорода 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 «», а затем начнется процесс самодиагностики, который продлится от 30 сек. до 1 минуты. После завершения процесса самодиагностики анализатор перейдет в режим измерений.

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

## **8. НАСТРОЙКА И УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ АНАЛИЗАТОРА.**

### **8.1. Включение анализатора и интерфейс программы.**

Включите анализатор. После успешного завершения диагностических тестов анализатор переходит в режим измерения, и на дисплее анализатора отображаются результаты измерения концентрации водорода в выбранной единице измерения, температура, время и дата (см. рис. 8.1).



Рис. 8.1. Окно результатов измерения. Г – измерения в газовой фазе;

Ж – измерения в жидкостях;

С – измерения в соленых водах.

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;

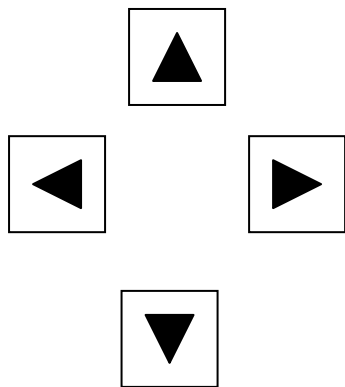


- клавиша включения-выключения подсветки;



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

Одновременное нажатие клавиш «ВНИЗ» и «ВВОД» в окне «КАЛИБРОВКА» позволяет войти в служебное меню. Опции служебного меню позволяют провести калибровку датчика температуры, электроники и ввести значение коэффициента «Жидкость-газ».

Одновременное нажатие клавиш «ВНИЗ» и «ВВОД» в окне установка условий измерений позволит Вам восстановить заводские настройки анализатора.

Во время работы анализатора на дисплее могут появляться сообщения:

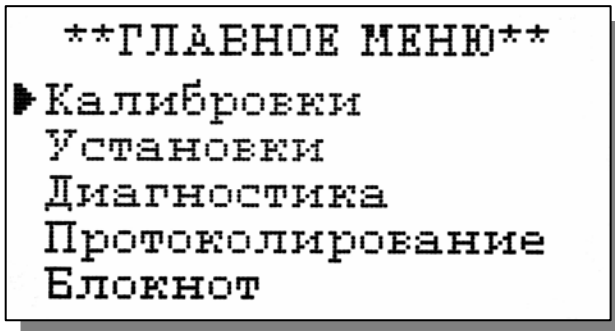
***Пожалуйста подождите*** - это сообщение появляется при очень быстром изменении сигнала датчика и анализатору для проведения более точных измерений требуется несколько секунд для выбора оптимального коэффициента усиления сигнала сенсора.

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

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 выйдете на это окно

## 8.2. Главное меню.

Дисплей данных ⇨ главное меню



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

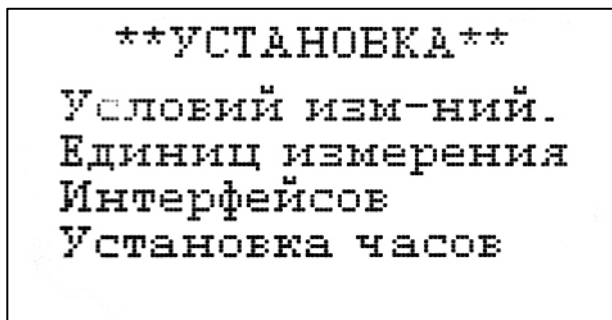
В этом окне с помощью клавиш перемещения курсора Вы можете выбрать одну из пяти опций.

Рис. 8.2-1. Окно «Главное меню»

**Калибровки** - Вход в меню «Калибровки» позволит Вам провести калибровку нулевой точки анализатора, выполнить автокалибровку по атмосферному воздуху и специальные виды калибровок (подробное описание режима «КАЛИБРОВКА» приведено в п. 9.)

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

Дисплей данных ⇨ главное меню ⇨ установки



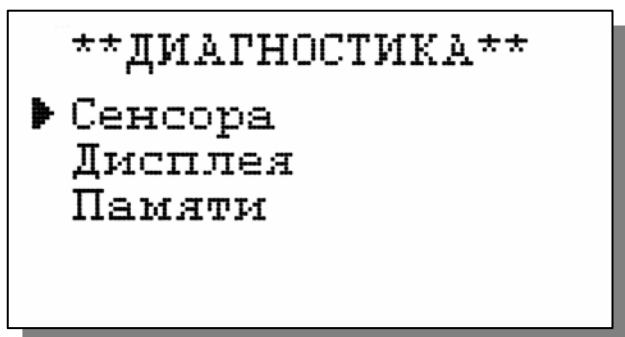
В главном меню выберите опцию «Установки» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, **\*\*УСТАНОВКА\*\***, изображенное на рис. 8.2-2.

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

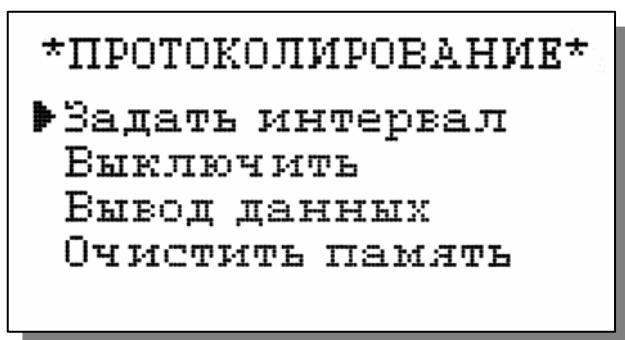


В главном меню выберите опцию «ДИАГНОСТИКА» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, **\*\*ДИАГНОСТИКА\*\***, изображенное на рис. 8.2-3.

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

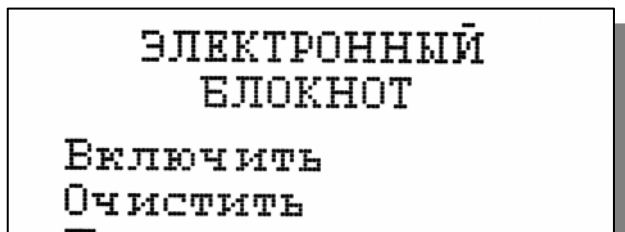


В главном меню выберите опцию «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно **\*\*ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ\*\***, изображенное на рис. 8.2-4.

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 режиме «ИЗМЕРЕНИЕ» нажатием на клавишу «ВНИЗ».

Дисплей данных ⇨ главное меню ⇨ электронный блокнот



В главном меню выберите опцию «БЛОКНОТ» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно **\*\*ЭЛЕКТРОННЫЙ**



БЛОКНОТ\*\*,  
изображенное на рис. 8.2-

5.

Рис.

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

8.2-5.

Окно  
«ЭЛЕКТРОННЫЙ  
БЛОКНОТ

**\*\*УСТАНОВКА\*\***  
УСЛОВИЙ ИЗМ-НИЙ.  
Единиц измерения  
Интерфейсов  
Установка часов

### 8.3. Меню «УСТАНОВКА»

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

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

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

Рис. 8.3-1. Окно «УСТАНОВКА»

#### Установка условий измерений.

Меню  
установка  
установка  
условий измерений

При выборе опции «Условий  
измерений» (см. рис. 8.3-1) на дисплее

анализатора открывается одно из трех окон в зависимости от установленной предварительно единицы измерения. Если в опции «Установка единиц измерения» были выбраны единицы измерения об % то на дисплее анализатора высвечивается окно, показано

Рис.  
8.3-2 Окно установки

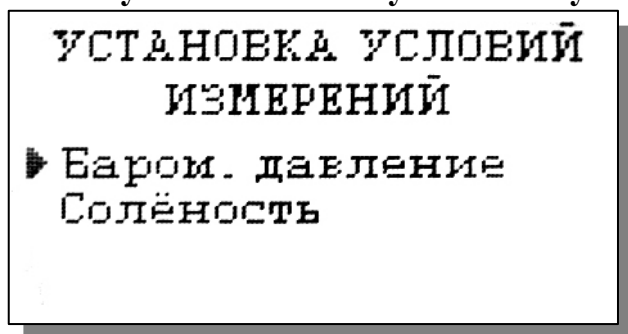
УСТАНОВКА УСЛОВИЙ  
ИЗМЕРЕНИЙ  
► Баром. давление  
Солёность

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».

Рис. 8.3-3 Окно установки барометрического давления

Меню установка      ↗ установка условий измерений



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

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

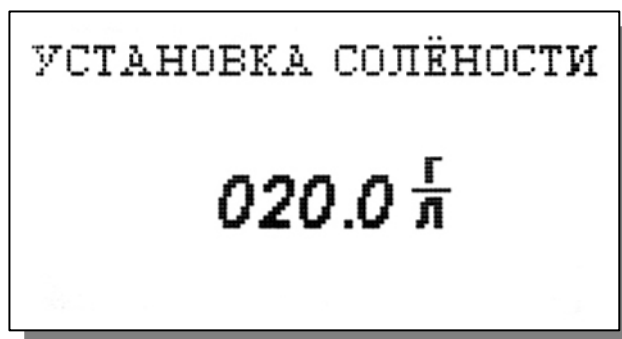


Рис. 8.3-5. Окно установки солености

Меню установка      ⇐ установка условий измерений

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

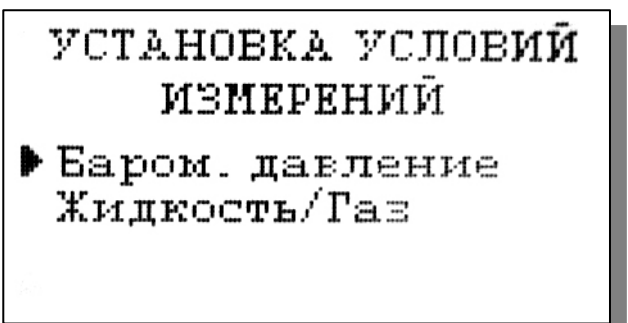
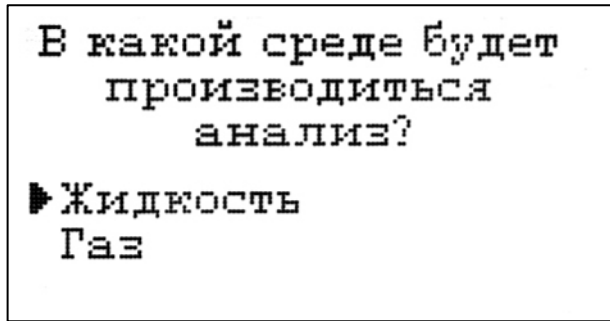


Рис. 8.3-6. Окно установки барометрического давления и выбора среды где будут проводиться измерения рН<sub>2</sub>.

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  $pH_2$  (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).

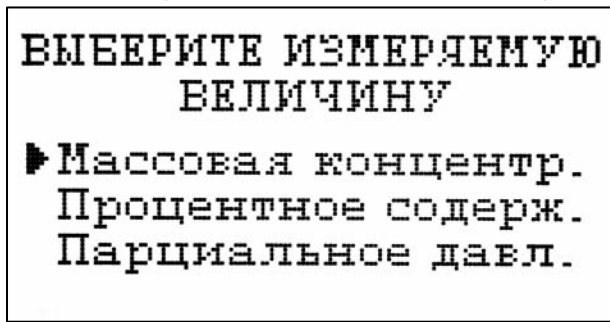
Рис. 8.3-7. Окно выбора в какой среде будут проводиться измерения  $pH_2$ .

### Установка единиц измерения

Дисплей данных  $\Rightarrow$  главное меню  $\Rightarrow$

установки

установка единиц измерения



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

Рис. 8.3-8 Окно выбора измеряемой

величины

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



Рис. 8.3-9а

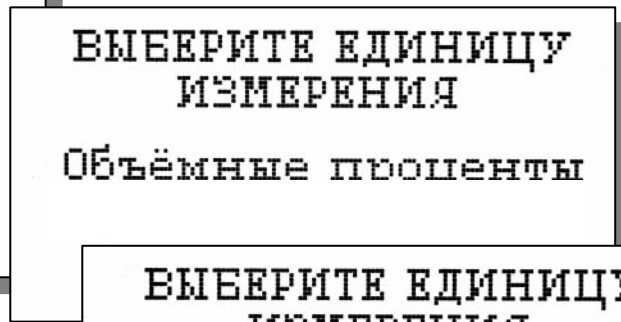


Рис. 8.3-9б

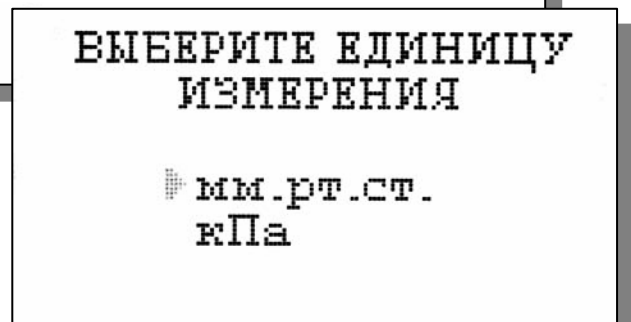


Рис. 8.3-9в

8.3-9. Окна выбора единиц измерения.

В первом окне (см. рис. 8.3-9а) анализатор предлагает Вам выбрать единицу измерения массовой концентрации водорода при измерениях в жидкостях: мг/л; мкг/л; ppm. При проведении измерений в этих единицах анализатор вносит двойную термокомпенсацию, как на свойства

газопроницаемой мембраны сенсора, так и на температурную зависимость коэффициента растворимости водорода в воде.

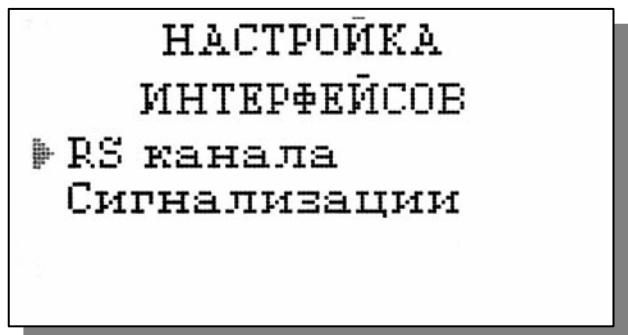
Во втором окне (см. рис. 8.3-9б) анализатор предлагает Вам выбрать объемные проценты (об. % - используется при анализе газов). При проведении измерений в этой единице анализатор вносит термокомпенсацию только на свойства газопроницаемой мембраны сенсора.

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

После нажатия клавиши «ВВОД» на дисплее анализатора появится окно результатов измерений (см. рис. 8.1), в котором они отображаются в выбранной Вами единице измерения. Если Вы захотите изменить единицу измерения в процессе работы, то интеллектуальные алгоритмы АВП-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 интерфейсное 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

### Настройка RS-Канала

В окне «НАСТРОЙКА ИНТЕРФЕЙСОВ» (см. рис. 8.3-10) выберите опцию «RS-канала» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, показанное на рис. 8.3-11.

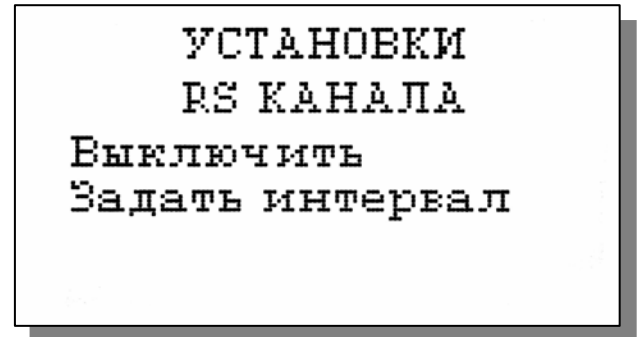


Рис. 8.3-11 Окно «УСТАНОВКИ RS-канала»

В этом окне Вы можете включить/выключить периодический сброс результатов измерений по RS каналу, 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.

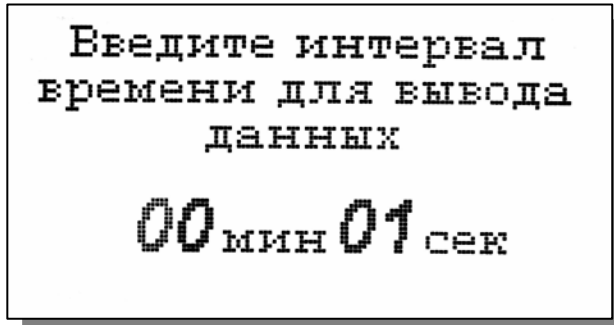


Рис. 8.3-12 Окно ввода интервала времени для вывода результатов измерений

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.

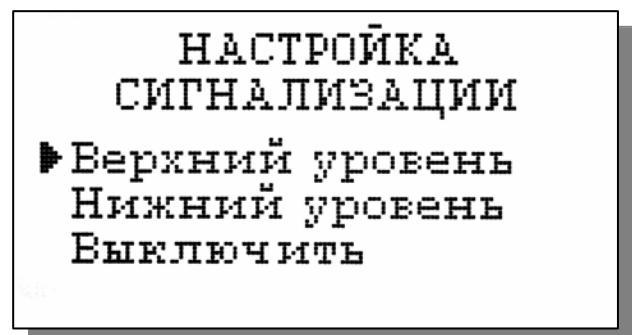
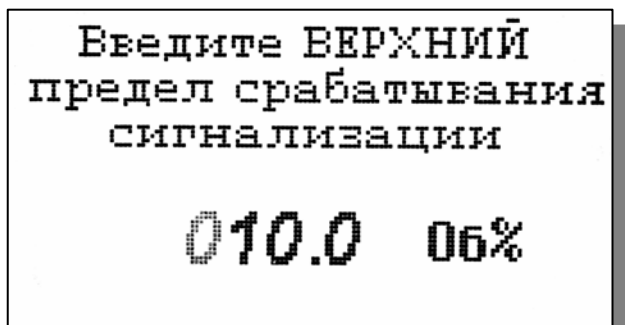


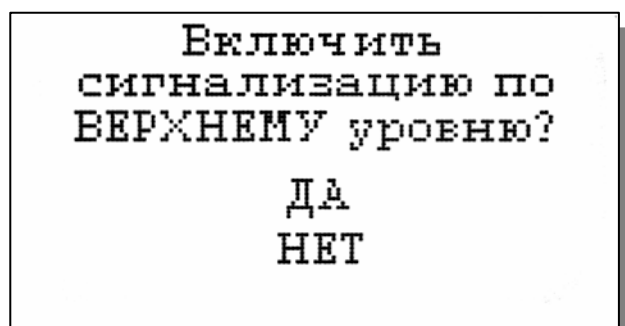
Рис. 8.3-13 Окно «НАСТРОЙКА СИГНАЛИЗАЦИИ»

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



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

Рис. 8.3-14 Окно настройки верхнего

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 предела. Для отключения звукового сигнала нажмите клавишу «Сброс» и удерживайте ее в нажатом состоянии в течение 3-5 сек. Для повторного включения звукового сигнала также нажмите и удерживайте клавишу «Сброс» в нажатом состоянии в течение 3-5 сек.

## 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»

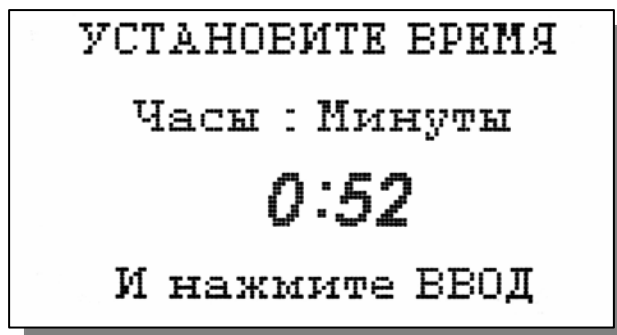
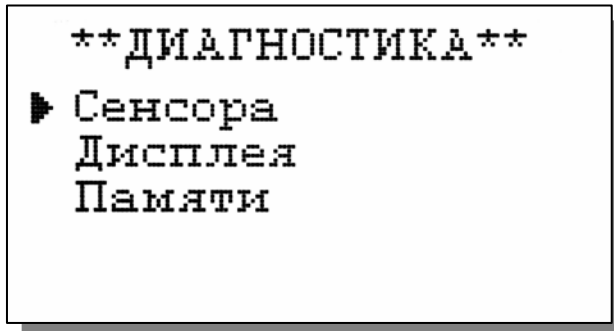


Рис. 8.3-16 Окно установки часов

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, температуры, чувствительности и значения остаточного тока сенсора

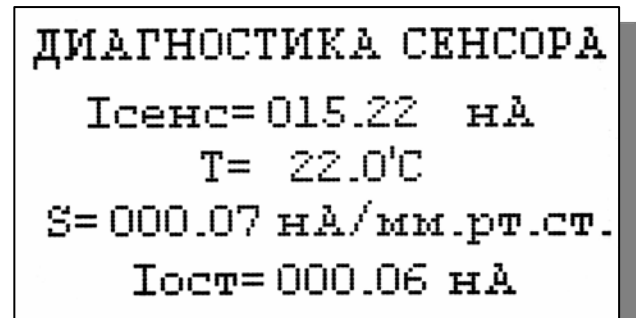
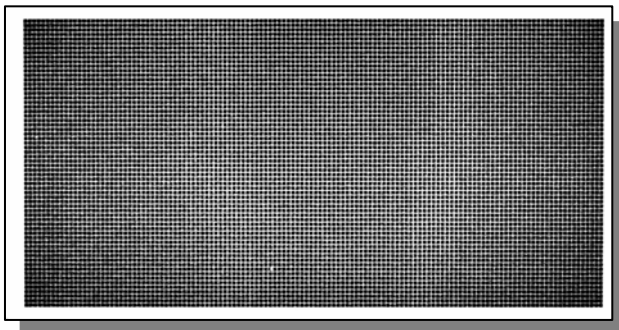


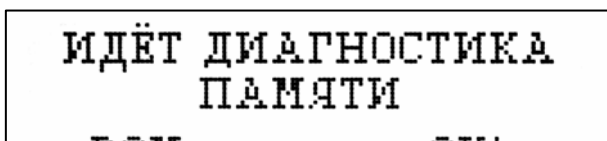
Рис. 8.4-2а. Диагностика сенсора

#### Диагностика экрана



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

Рис. 8.4-2б. Диагностика экрана



## Диагностика памяти

Положительное тестирование элементов памяти сопровождается записью ОК!

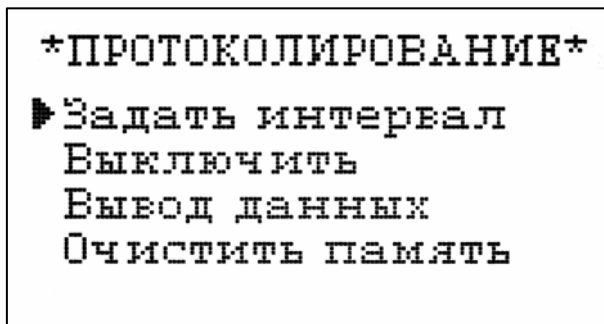
Рис. 8.4-2в. Диагностика памяти

### 8.5. Меню «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ»

Дисплей данных ⇐⇒ главное меню ⇐⇒ протоколирование

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

Рис. 8.5-1. Окно «ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ»



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

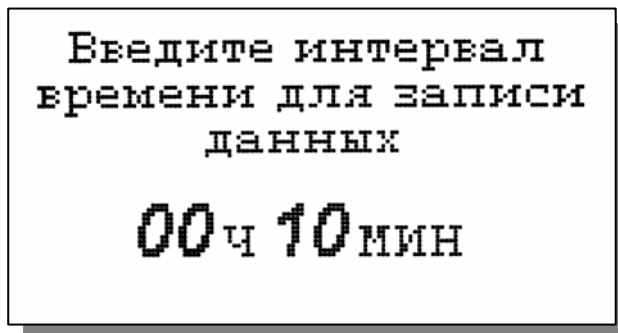


Рис. 8.5-2. Окно ввода интервала времени

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.

**ВЫВОД ДАННЫХ**  
**Табличный вывод**

При выборе опции «Вывод данных» на дисплей анализатора вызывается окно вывода данных,



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

Рис. 8.5-3. Окно «ВЫВОД ДАННЫХ»

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)

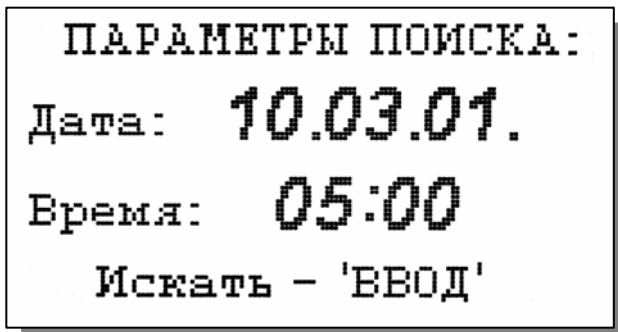


Рис. 8.5-4б. Окно поиска данных по дате

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. 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». После подтверждения на дисплее анализатора в течение 5 секунд откроется окно, показанное на рис. 8.5-5.

## 8.6. Меню «БЛОКНОТ»

Дисплей данных ⇔ Главное меню ⇔ Блокнот

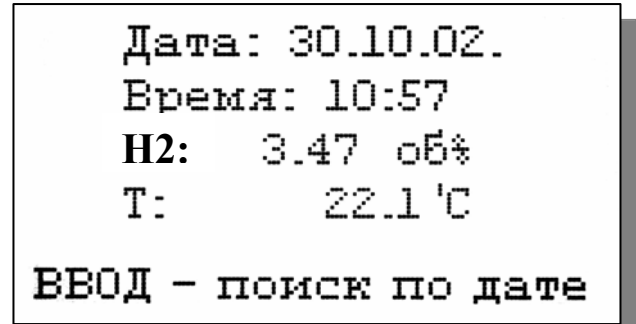
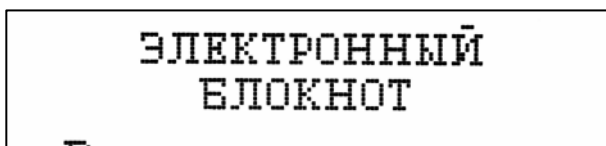


Рис. 8.5-4а. Окно данных протокола

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.

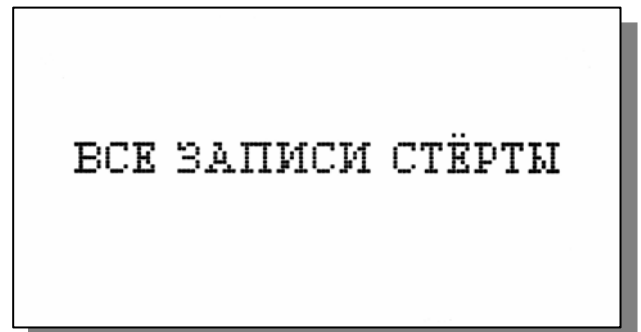


Рис. 8.5-5. Окно удаления данных.

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 записи 500 данных в электронный блокнот. На дисплее анализатора в течение 5 секунд открывается окно, показанное на рис. 8.6-2.

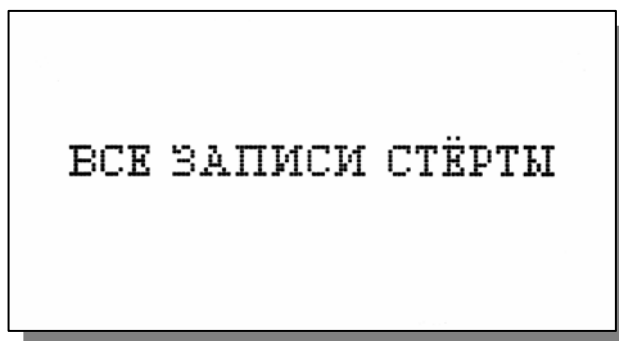
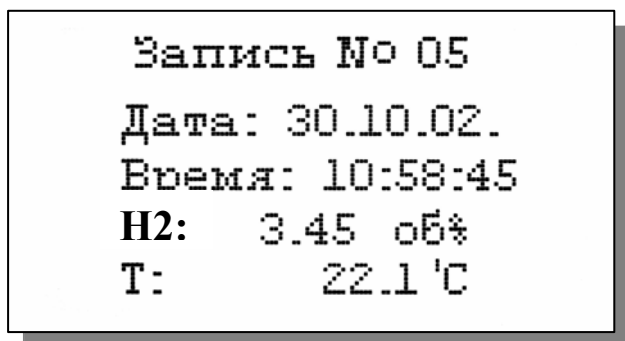


Рис. 8.6-2. Окно «Очистка блокнота»



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.

### 9.1. В анализаторе реализованы следующие виды калибровок:

- Калибровка по нулевой точке;
- Автоматическая калибровка по ПГС;
- Специальная калибровка при помощи устройства для калибровки УК-01 (рис. 9.4).

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

## 9.2. Процедура калибровки нулевой точки анализатора.

В качестве стандартного образца с нулевым содержанием водорода можно использовать воздух.

Если калибровка будет проводиться в измерительной камере, Вам необходимо продуть ее десятикратным объемом воздуха.

Для проведения калибровки анализатора по нулевой точке нажмите клавишу «Ввод». На дисплее анализатора появится окно, **\*\*ГЛАВНОЕ МЕНЮ\*\***,

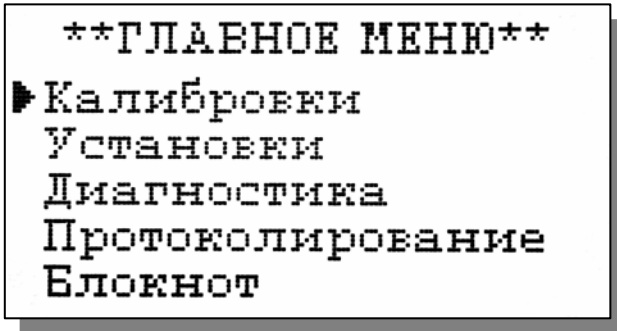


Рис. 9.2-1. Главное меню

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 «Нулевой точки» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно «КАЛИБРОВКА НУЛЯ», показанное на рис. 9.2-3.

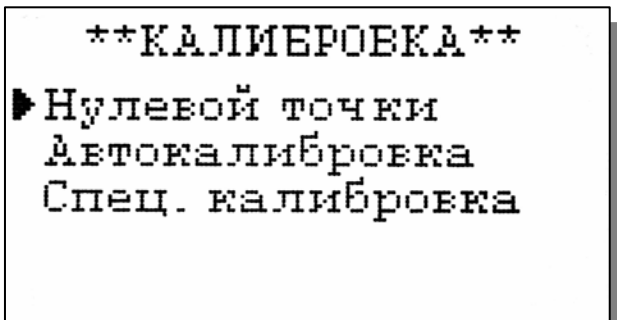


Рис. 9.2-2. Окно «КАЛИБРОВКА»

После установки АС в среду с нулевым содержанием водорода нажмите «Ввод». На дисплее анализатора появится окно сообщений, показанное на рис. 9.2-4. В нижней

части окна выводится текущее значение измеряемой величины в предварительно выбранной Вами единице измерения. После стабилизации показаний нажмите клавишу «ВВОД».

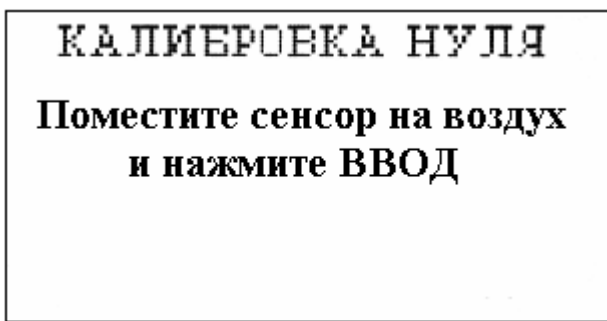


Рис. 9.2-3 Окно «КАЛИБРОВКА НУЛЯ»

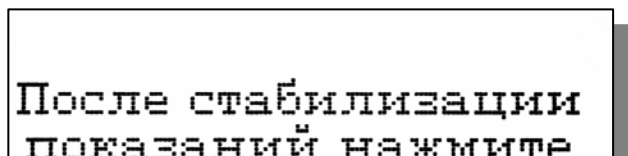


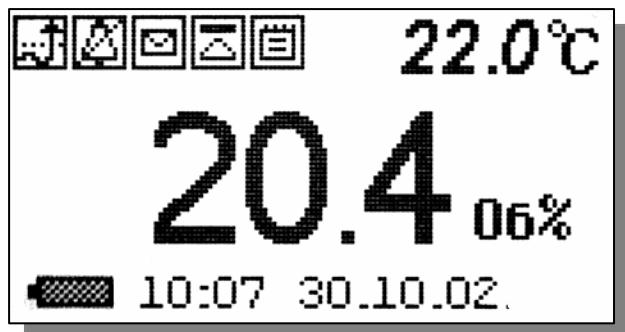
Рис. 9.2-4 Окно сообщений

**ВНИМАНИЕ !** Если Ваш анализатор работает в режиме высокоточных измерений концентраций водорода в микрограммовой области, мы рекомендуем тщательно проводить калибровку нулевой точки.

Для точной калибровки нулевой точки амперометрический сенсор должен быть подключен к анализатору не менее 12 часов. Если амперометрический сенсор перед проведением калибровки не отключался от анализатора и находился на воздухе или в среде с низким содержанием водорода, то показания анализатора должны снизиться до значений 0 - 5 мкг/дм<sup>3</sup> менее чем за 15 мин. Если показания анализатора превышают 5 мкг/л, необходимо подождать еще 20-30 мин., а затем после стабилизации показаний нажать клавишу «ВВОД».

**ВНИМАНИЕ !** Если Вам необходимо проводить измерения следовых концентраций водорода в жидких или газообразных средах с высокой точностью, рекомендуется тщательно проводить калибровку нулевой точки. Для этого необходимо убедиться в стабильности показаний анализатора в течение, по крайней мере, 15 минут (см. рис. 9.2-4). Если перед калибровкой нулевой точки АСрН<sub>2</sub> находился в среде с высоким содержанием водорода измерительную камеру следует более тщательно продуть атмосферным воздухом., а время достижения стабильных показаний анализатора увеличить до 1 часа. Убедившись что показания анализатора достигли низкой и стабильной во времени величины, нажмите клавишу «ВВОД».

Столь длительная процедура калибровки нулевой точки является необходимым условием для освобождения поверхности измерительного электрода от адсорбированного водорода.



На дисплее анализатора в течение 3-5 сек. высвечивается сообщение «Калибровка нулевой точки успешно завершена», а затем анализатор переходит в режим измерений и на дисплее отображается окно, показанное на рис. 9.2-5

Рис. 9.2-5. Окно результатов измерений

Периодичность проведения калибровки нулевой точки определяется точностью и диапазоном концентраций, в котором проводятся измерения. Если измерения проводятся в диапазоне высоких концентраций (более 10 об. % или более 160 мкг/л), то калибровку нулевой точки можно проводить только после замены мембранного колпачка АС. Если измерения проводятся в области низких концентраций водорода (например менее 16 мкг/л или менее 1 об. %), калибровку нулевой точки нужно проводить после замены мембранного

колпачка АС и не реже 1 раза в 3 месяца. Большой интервал времени между калибровками обеспечивается уникальностью АС и технологией его изготовления, благодаря которым величина остаточного тока сенсора имеет предельно низкую величину.

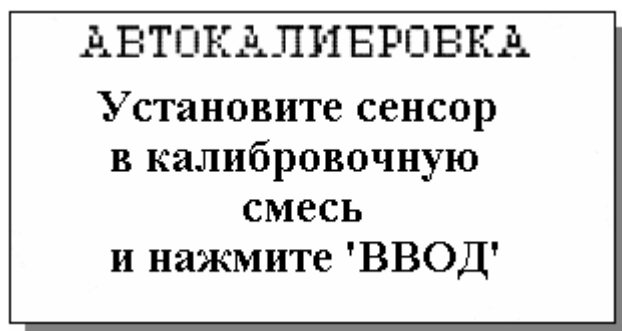
### 9.3. Процедура автоматической калибровки анализатора.

При автоматической калибровке анализатора в качестве стандартного образца с известным содержанием водорода используется поверочная газовая смесь (ПГС) из баллона или чистый водород, получаемый в реакции растворения металлического цинка в разбавленной серной или соляной кислоте.

#### 6.3.1. Автоматическая калибровка анализатора по водородосодержащим ПГС.

При калибровке по ПГС АСрН<sub>2</sub> может оставаться в измерительной камере. Если перед автокалибровкой проводились измерения в жидких средах, то из измерительной камеры необходимо слить оставшуюся жидкость. Для этого ИК достают из кронштейна, поворачивают на 180 °. При помощи побудителя расхода ИК продувают атмосферным воздухом (см. п. 9.2.), после чего измерительную камеру опять устанавливают в кронштейн. После продувки на чувствительной поверхности АС не должно оставаться капель воды. Баллон с поверочной газовой смесью, через гидрозатвор, подсоединяют к входной трубке измерительной камеры. С помощью вентиля тонкой регулировки на редукторе баллона устанавливают расход ПГС равный нескольким пузырькам ПГС в секунду (наблюдение ведут по гидрозатвору).

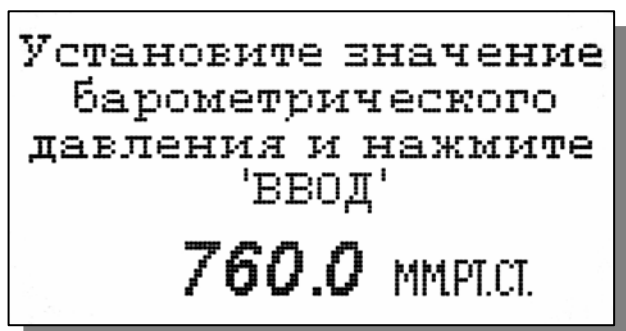
Для проведения автоматической калибровки анализатора нажмите клавишу «Ввод». На дисплее анализатора появится окно, **\*\*ГЛАВНОЕ МЕНЮ\*\***, показанное на рис. 9.2-1. С помощью клавиш перемещения курсора выберите опцию «КАЛИБРОВКИ» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно, **\*\*КАЛИБРОВКА\*\***, показанное на рис. 9.2-2. С помощью клавиш перемещения курсора выберите опцию «АВТОКАЛИБРОВКА» и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно «АВТОКАЛИБРОВКА», показанное на рис. 9.3-1.



Убедитесь, что Вы правильно проделали все выше изложенные операции и нажмите клавишу «ВВОД».

Рис. 9.3-1 Окно сообщений «АВТОКАЛИБРОВКА»

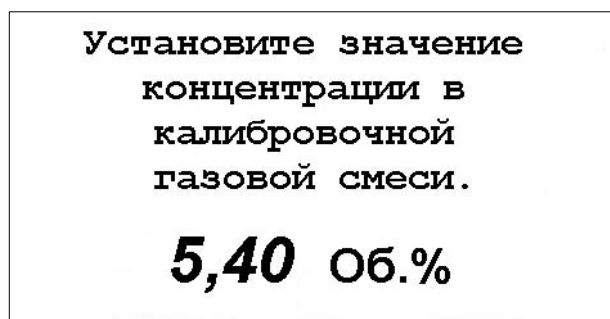
На дисплее анализатора появится окно ввода данных барометрического давления, показанное на рис. 9.3.-2.



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

Рис. 9.3-2 Окно ввода барометрического давления.

На дисплее анализатора открывается окно для ввода значения концентрации водорода в ПГС, показанное на рис. 9.3.-3.



С помощью клавиш перемещения курсора и клавиши «ВВОД» введите значение концентрации водорода в ПГС в об. %.

Рис. 9.3-3. Окно для ввода значения концентрации водорода в ПГС.

**Примечание.** Автокалибровку нужно проводить по ПГС насыщенной парами воды. Для этого ПГС пропускают через увлажнитель к выходу которого подключают входную трубку измерительной камеры. Так как концентрация водорода в газовой смеси зависит от давления насыщенных водяных паров, анализатор вычислит истинное значение концентрации по формуле  $A = X \cdot (B - p_{H_2O}) / B$ . Поэтому после двойного нажатия клавиши «Ввод» на дисплее анализатора отображается истинное значение концентрации водорода в ПГС, насыщенной парами воды. Если автокалибровка проводится по «сухой» ПГС, то с клавиатуры необходимо ввести расчетное значение концентрации водорода вычисленное по формуле  $A = X \cdot B / (B - p_{H_2O})$ ,

где: A – расчетное значение концентрации водорода, вводимое с клавиатуры;

X – процентное содержание  $H_2$  в ПГС (паспорт на ПГС);

B – барометрическое давление, мм. рт. ст.

$p_{H_2O}$  – давление насыщенных водяных паров при температуре измерения.

После ввода значения концентрации  $H_2$  на дисплей анализатора выводится окно сообщений, аналогичное показанному на рис. 9.2-4. В нижней части окна выводится текущее значение измеряемой концентрации  $H_2$ , рассчитанное по прошлой калибровочной характеристике. После стабилизации показаний нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора в течение 3-5 с высветится сообщение «Автокалибровка успешно завершена». При этом анализатор рассчитает новую калибровочную характеристику и перейдет в режим измерений. На дисплее анализатора появится окно, аналогичное рис. 9.2-5.

Интеллектуальные алгоритмы АВП-02 позволяют Вам проводить автокалибровку в любой выбранной единице измерения, а при измерениях

переходить в другие единицы измерения. При этом не требуется проводить автокалибровку снова. 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, температуре и концентрации водорода не хуже 3-5 % в течение 3-х недель. Если Вас удовлетворяет эта точность, Вы можете проводить автокалибровку не реже 1 раза в 20 дней. Если измерения проводятся в области малых концентраций водорода, этот интервал может быть увеличен до 1 –1.5 месяцев.

### **9.3.2. Автоматическая калибровка по чистому водороду.**

Допускается калибровка по чистому водороду. Для этого возьмите пробирку и закрепите ее в штативе. Пробирка заполняется аккумуляторной серной кислотой. В нее бросаются три измельченные гранулы цинка (800 – 1000 мг). После этого пробирку необходимо подсоединить через переходник, к входной трубке измерительной камеры (пробирка и переходник входят в комплект поставки). Выходную трубку рекомендуется подключить к гидрозатвору или погрузить в стакан с водой. При этом большая часть цинка должна раствориться в серной кислоте. После стабилизации показаний проведите автокалибровку согласно п. 9.3.

Примечание. При проведении автокалибровки по чистому водороду в окне для ввода значения концентрации водорода (см. рис. 9.3-3 необходимо установить значение концентрации равное 100 об. %. Так как концентрация водорода в калибровочном газе зависит от давления насыщенных водяных паров, анализатор вычислит истинное значение концентрации по формуле  $A = X \cdot (B - p_{H_2O}) / B$ . Поэтому после двойного нажатия клавиши «Ввод» на дисплее анализатора отображается истинное значение концентрации водорода с учетом давления насыщенных водяных паров.

### **9.4. Процедура специальной калибровки анализатора.**

При специальной калибровке анализатора в качестве образца с известным содержанием водорода используют водородосодержащую газовую смесь, получаемую с помощью установки для приготовления поверочных газовых смесей (см. рис. 9.4).

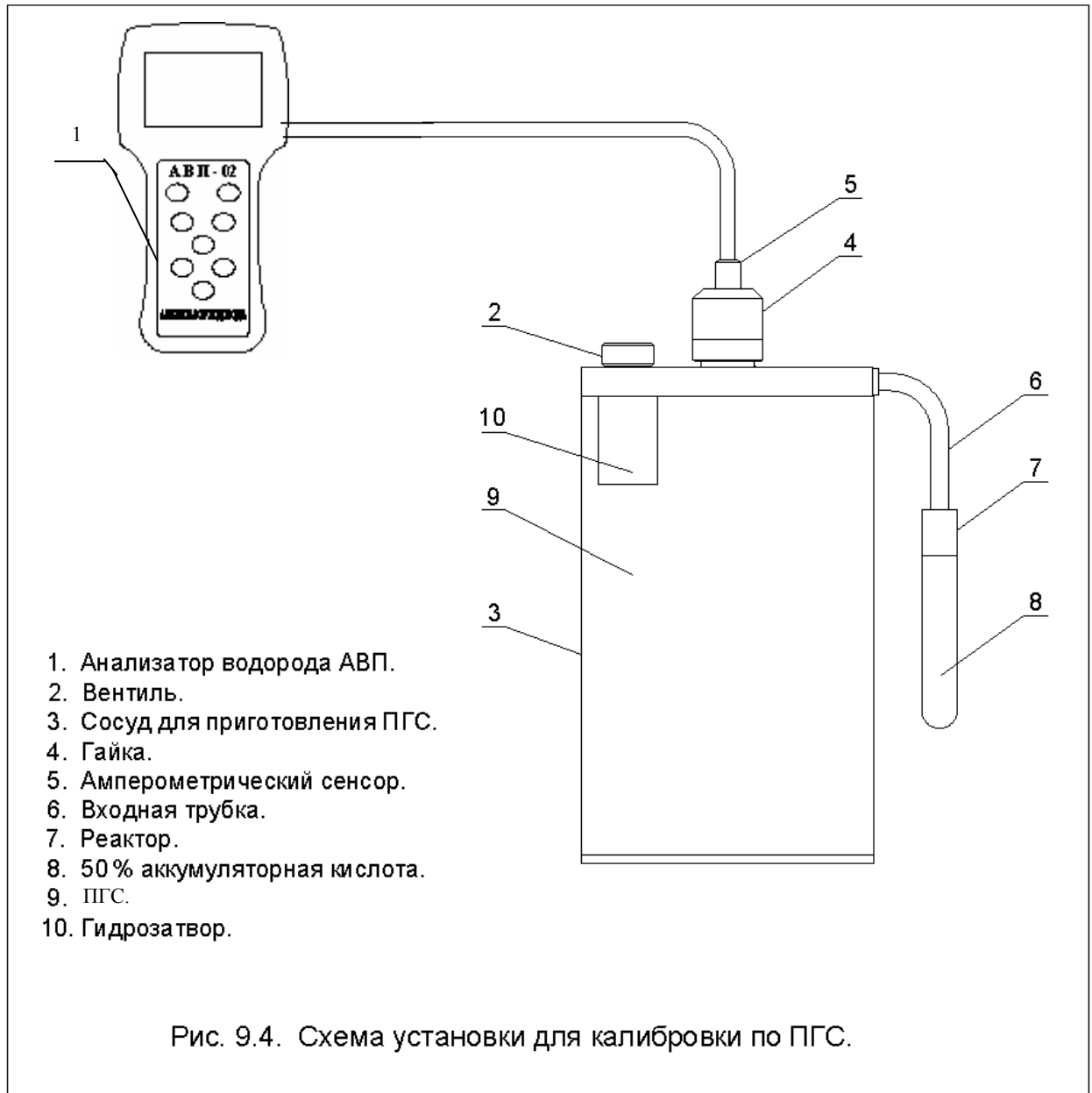
АС достают из измерительной камеры и с помощью фильтровальной бумаги или марлевого тампона удаляют оставшиеся капли воды с чувствительной поверхности АС. Калибровку анализатора проводят по ПГС, получаемой в результате смешивания фиксированного объема воздуха с заданным количеством газообразного водорода, выделяемого в химической реакции растворения металлического цинка в разбавленной серной кислоте



Для получения поверочной газовой смеси (ПГС) с содержанием водорода от 3.5 до 7 об. % приготовьте навеску металлического цинка массой от 100 до 200 мг. Для более быстрого протекания реакции рекомендуется навеску цинка измельчить. Взвешивание производить на аналитических весах с ценой деления не менее 1 мг.

Специальную калибровку анализатора по ПГС проводят следующим образом. Собирают установку для приготовления ПГС в соответствии с рис. 9.4. Сосуд 3 устанавливают в непосредственной близости от анализатора. Амперометрический сенсор 5 устанавливают в сосуд 3, герметично фиксируя его с помощью гайки 4 и резинового кольца. Гидрозатвор закрывают с помощью пробки 2, предварительно заполнив его водой. Реактор 7 заполняют аккумуляторной серной кислотой. Измельченную и взвешенную навеску металлического цинка бросают в реактор 7 и быстро соединяют его со входной трубкой 6 емкости 3. После завершения реакции (прекращение процесса образования пузырьков  $\text{H}_2$  в реакторе 7) вентиль 2 открывают и стравливают избыток давления в сосуде 3 через гидрозатвор 10.





## СПЕЦ. КАЛИБРОВКА

**Введите массу  
навески цинка.**

**250.0 мгр.**

Рис. 9.4-1 Окно инструкции  
«СПЕЦ. КАЛИБРОВКА»

Для проведения специальной калибровки анализатора используя калибратор нажмите клавишу «Ввод». На дисплее анализатора появится окно, **\*\*ГЛАВНОЕ МЕНЮ\*\***, показанное на рис. 9.2-1. С помощью клавиш перемещения курсора выберите опцию «Калибровка» и нажмите «Ввод» (см. рис. 9.2.2). Затем выберите опцию «Спец. калибровка» и нажмите «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно **\*\*СПЕЦ. КАЛИБРОВКА\*\***, показанное на рис. 9.4-1.

С помощью клавиш перемещения курсора введите массу навески цинка и нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора появится окно сообщений, аналогичное рис. 9.2-4. В нижней части этого окна будет выводиться значение измеряемой величины. После завершения реакции растворения цинка открутите вентиль 2 (см. рис. 9.4) и «сбросьте» избыточное давление ПГС в устройстве для калибровке УК-01. Дождитесь когда пузырьки ПГС прекратят выходить через гидрозатвор. После стабилизации показаний нажмите клавишу «ВВОД». На дисплее анализатора в течение 3-5 сек. высветится сообщение «КАЛИБРОВКА УСПЕШНО ЗАВЕРШЕНА». В течение этого времени анализатор произведет расчет концентрации водорода в ПГС, изменит параметры калибровки и перейдет в режим измерения. На дисплее анализатора откроется окно, аналогичное окну, показанному на рис. 9.2-5.

Интеллектуальные алгоритмы, реализованные в АВП-02 позволяют Вам проводить специальную калибровку в любой выбранной единице измерения, а затем при измерениях переходить в любую другую единицу измерения. При этом не требуется еще раз проводить калибровку. 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 калибровки 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 водорода не хуже 3 -5 % в течение 3-х недель. Поэтому, если Вас удовлетворяет эта погрешность измерений, Вы можете проводить калибровку не реже 1 раза в 20 дней. Если измерения проводятся в области микро граммовых концентраций водорода этот интервал может быть увеличен до 1 – 1.5 месяцев.

## **10. ПОРЯДОК РАБОТЫ.**

Включите анализатор с помощью клавиши 3 (см рис. 4.1). После завершения процесса самодиагностики анализатор переходит в режим измерений. Произведите настройку и калибровку анализатора согласно п.п. 8, 9 настоящего руководства. Анализатор готов к работе.

Ваш анализатор является универсальным средством измерения, с помощью которого Вы можете решать разнообразные задачи аналитического контроля водорода 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 АВП-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 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 водорода, а также даются рекомендации по прикладным применениям анализатора АВП-02.

### **10.1. Определение $p_{H_2}$ , $c_{H_2}$ в лабораторных условиях.**

Для определения  $p_{H_2}$  и  $c_{H_2}$  в жидких газообразных средах в лабораторных условиях можно использовать АВП-02Л в комплекте с АСрН<sub>2</sub>-01 и измерительной камерой ИК. Для проведения измерений  $p_{H_2}$  и  $c_{H_2}$  при малых объемах или при малых скоростях потока газов и жидкостей используют измерительную камеру для микроанализа ИКМА. Перед установкой АСрН<sub>2</sub>-01 в ИКМА убедитесь в наличии резинового колпачка 4 (см. рис. 4.4) на торцевой поверхности сенсора. Установите АС в ИК и зафиксируйте его с помощью гайки 3. Анализируемую жидкость в ИКМА подают через входной штуцер 5. При анализе жидкостей ИКМА устанавливают горизонтально так, чтобы выходной штуцер 6 был расположен вверху. В этом случае ИК заполняется без пузырьков воздуха. При анализе газов выходную трубку соединяют с гидрозатвором чтобы избежать возможного попадания воздуха в ИК через выходной штуцер. Для подачи анализируемой пробы допускается использовать перистальтический насос или миникомпрессор, которые можно установить в выходной магистрали. Следует помнить, что расход газа или жидкости через ИКМА должен составлять не более 20 мл/мин. В противном случае в ИК будет создаваться давление заметно отличающееся от атмосферного. Калибровку АСрН<sub>2</sub> можно проводить по ПГС или чистому водороду (см. п. 9) не доставая АС из ИКМА.

### **10.2. Определение водорода в газах.**

Для решения этой задачи используют АВП-02Г и измерительную камеру ИКПГ.

Для контроля содержания водорода в воздухе производных помещений АСрН<sub>2</sub> устанавливают в ИКПГ, предварительно открутив с нее входной штуцер (см. рис. 3.10).

Если анализируемый газ находится под повышенным давлением (относительно атмосферного), то его пропускают через ИКПГ, предварительно

установив расход 1-10 л/час с помощью вентиля тонкой регулировки на входной магистрали. При малых расходах выходную трубку ИКПГ следует соединить с гидрозатвором.

Для обеспечения измерений водорода в разреженных газовых смесях анализатор может быть укомплектован 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 АСрН<sub>2</sub>. Принципиальная схема УПП-01 показана на рис. 10.2.

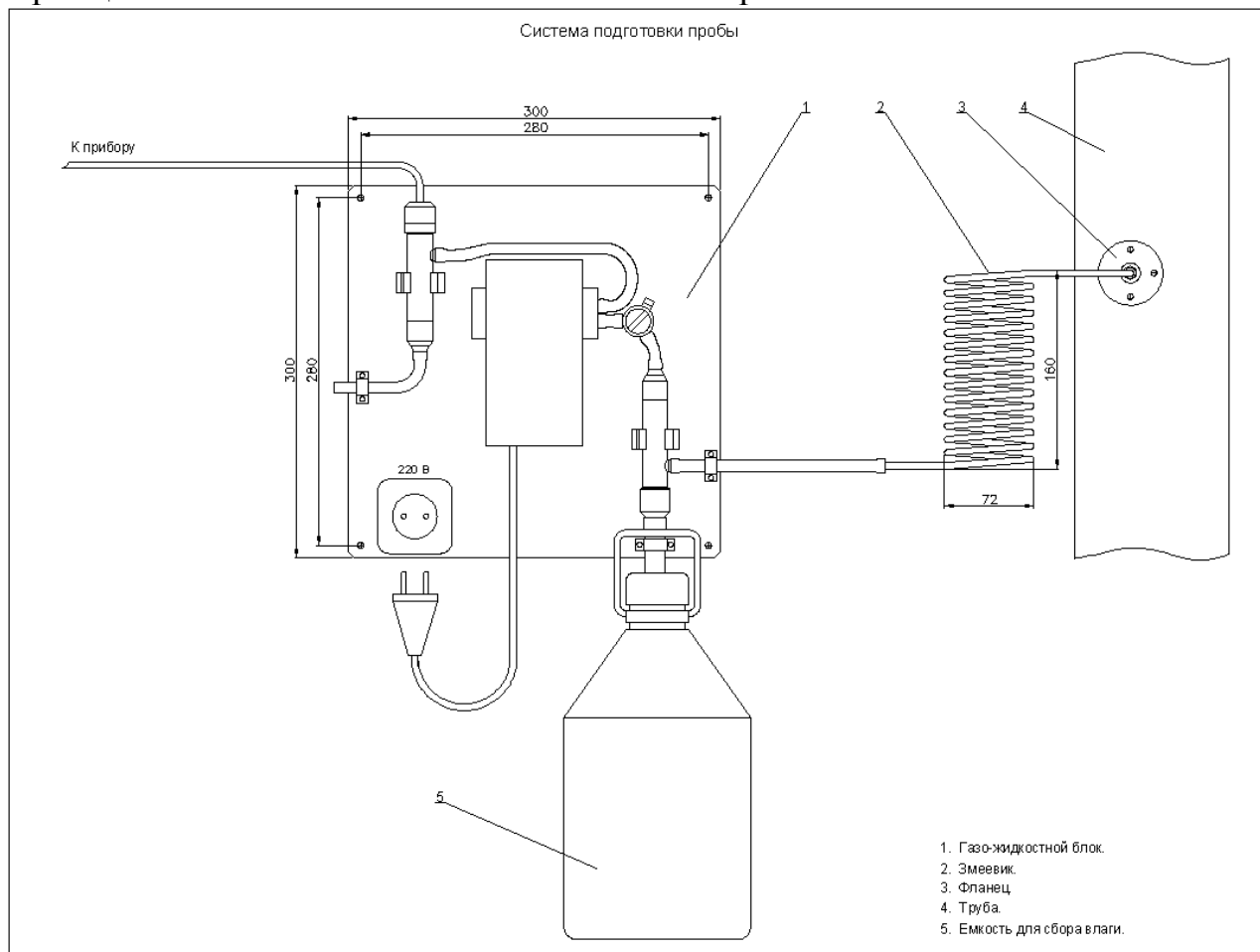


Рис. 10.2 Принципиальная схема УПП-01.

**10.3 Аналитический контроль концентрации водорода в потоке жидкостей,** например в химико-технологических процессах подготовки воды на ТЭС, ГРЭС, АЭС.

Растворенный в воде водород вследствие его уникальной природы может растворяться в металлах создавая высокое давление в их кристаллической решетке, приводящее к их разрушению (водородное расхрупчивание). В атомной энергетике аналитический контроль растворенного водорода необходим как для обеспечения безопасной работы АЭС, так и для предотвращения разрушения (вследствие водородного расхрупчивания) теплотехнического оборудования и трубопроводов.

Для аналитического контроля растворенного водорода в наилучшей степени подходит исполнение анализатора АВП-02Т. Анализаторы должны устанавливаться по месту или на щите. Для этого необходимо на линии входа анализируемой пробы установить регулятор давления (дроссель) и холодильник. Регулятор давления должен обеспечивать регулирование расхода анализируемой пробы через измерительную камеру (ИКПЖ) в диапазоне от 2 до 50 л/час. Холодильник должен обеспечивать охлаждение анализируемой пробы до температуры 0 – 50 °С. С целью уменьшения времени транспортного запаздывания и эффектов “подсоса воздуха” рекомендуется анализатор устанавливать в непосредственной близости от пробоотборной точки. Для подвода анализируемой пробы к измерительной камере АС допускается использовать трубки из нержавеющей стали 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 концентраций водорода в микрограммовой области, мы рекомендуем тщательно проводить калибровку нулевой точки (см. п.9.).

При подключении измерительной камеры (ИКПЖ) к пробоотборной точке используйте стандартные переходники, которые Вы можете заказать при покупке анализатора или по e-mail

При установке АСрН<sub>2</sub>-03 или АСрН<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.

#### **10.4. Аналитический контроль водорода в жидкостях на глубине.**

Для решения этой задачи в наилучшей степени подходит исполнение анализатора АВП-02П, в комплект которого входит сенсор погружного типа АСрН<sub>2</sub>-05. Этот сенсор устанавливается в герметичный корпус из нержавеющей стали и имеет надежную заделку кабеля (см. п.п.3, 4).

Для обеспечения сохранности сенсора при его эксплуатации в объектах с интенсивным перемешиванием рекомендуем сенсор и его кабель закрепить на штанге. Для удобства монтажа и эксплуатации АВП-02П Вы можете приобрести специальную арматуру. Принципиальная схема установки АСрН<sub>2</sub>-05 с помощью такой арматуры приведена на рис. 10.4. С помощью этой арматуры АСрН<sub>2</sub> может устанавливаться в метантенки, цистерны и емкости (например в емкости с радиоактивными отходами).

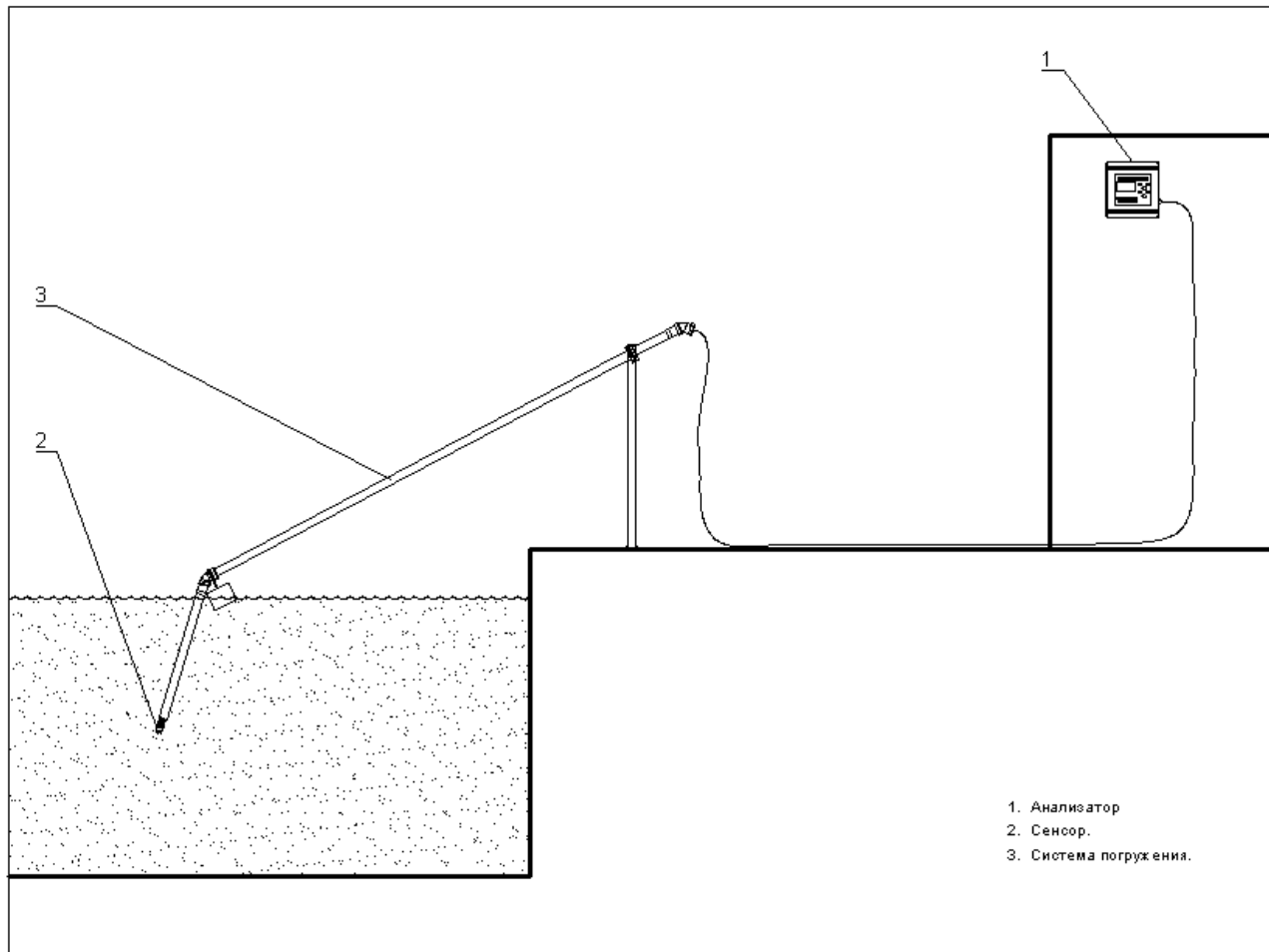


Рис. 10.4 Схема установки АСрН<sub>2</sub> с помощью системы погружения.

### 10.5. Аналитический контроль водорода в сосудах и трубопроводах работающих под давлением.

Для решения этой задачи в наилучшей степени подходит исполнение анализатора АВП-02А, в комплект которого входит сенсор АСрН<sub>2</sub>-06, снабженный компенсатором внешнего давления. Этот тип сенсоров может устанавливаться в трубопроводы и байпасные линии через стандартные фланцы. Сенсоры АСрН<sub>2</sub> выпускаются в нескольких исполнениях отличающихся габаритными и присоединительными размерами (см. рис. 3.8). Сенсоры АСрН<sub>2</sub> выдерживают стерилизацию острым паром при 143 °С, что позволяет их использовать в ферментерах и биореакторах как отечественного, так и зарубежного производств. Перед стерилизацией ферментера, с установленным в нем АСрН<sub>2</sub>-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 одевать защитную заглушку не требуется.

Анализаторы АВП-02А в комплекте с АСрН<sub>2</sub>-06 могут найти применение при аналитическом контроле растворенного водорода в 1-ом контуре охлаждения ядерных реакторов.

## 11. Техническое обслуживание анализатора.

Если Ваш анализатор нуждается в техническом обслуживании, ремонте или периодической проверке, свяжитесь с сервисным центром фирмы « » или с ближайшим официальным дилером.

Сервисный центр ООО « » выполняет весь комплекс работ по техническому обслуживанию анализаторов их первичной и периодической проверке в органах ГОССТАНДАРТа РФ.

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 промышленной защиты корпуса анализатора (IP-65). Каждый анализатор в комплекте с датчиком подвергается испытаниям на надежность в течение 1 месяца. Перед отправкой Потребителю каждый анализатор проходит предпродажную подготовку и тестирование работоспособности его основных блоков. В периодической замене нуждается только батарейка, установленная в нижнем отсеке анализатора. Замена батарейки осуществляется при техническом обслуживании анализатора перед представлением его для ежегодной периодической проверки в органы ГОССТАНДАРТа РФ.

10.1. Амперметрические 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;
- Показания анализатора при измерениях или калибровке 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 предосторожностей (см. п. 6). Неаккуратное обращение с АС и несоблюдение

мер предосторожностей может привести к его потере. 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<sub>сенс</sub>) имеет близкое к нулю значение (см. рис. 8.4-2а) и сопоставим с величиной остаточного тока (I<sub>ост</sub>), 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 в разъем сенсора. В последнем случае следует промыть разъем дистиллированной водой, а затем тщательно просушить в течение суток при температуре близкой к 40-60 °С.

**Тест №2.** Проверка датчика температуры. Этот тест выполняется после выполнения теста №1.

1. В окне «Диагностика сенсора» наблюдайте за показаниями канала измерения температуры (Т). Возьмите сенсор за пластмассовую деталь и выдохните на стеклянную гильзу сенсора, направляя струю альвеолярного воздуха на торцовую часть стеклянной гильзы. Если температура окружающего воздуха ниже 35 °С, то показания температуры (Т) будут увеличиваться.
2. По мере испарения влаги со стеклянной гильзы показания температуры будут уменьшаться стремясь, к прежним значениям. Такое поведение сенсора свидетельствует об отсутствии обрывов в кабеле и разъеме сенсора. Если показания температуры не меняются, то по-видимому, к кабелю сенсора прикладывались недопустимо высокие механические усилия (см. п.6), что могло привести к обрыву. В этом случае свяжитесь с сервисным центром ООО «  
». 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 тест проведет анализатор и высветит на дисплее надпись «Датчик не подключен». В этом случае также свяжитесь с сервисным центром ООО «»



## 10.2. 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 органические растворители (дихлорэтан, хлороформ и др.) не рекомендуется. При проведении чистки измерительной камеры желательно также промыть обратный клапан (см. рис.4.5, 4.6). Для исключения возможности дальнейшего засорения измерительной камеры целесообразно установить фильтр тонкой очистки.

## 12. Возможные неполадки и способы их устранения.

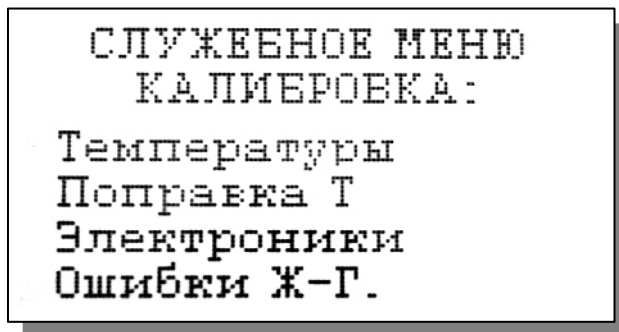
Внешние проявления	Вероятные причины	Способы устранения
1. Анализатор не включается	Разрядился аккумулятор	Подсоедините блок питания к анализатору и подзарядите аккумулятор
2. На дисплее анализатора загорается сообщение «Сенсор не подключен»	1. Сенсор не подключен к анализатору 2. Обрыв кабеля	Подключить сенсор  Свяжитесь с сервисным центром по вопросу ремонта или замены сенсора
3. Показания не зависят от концентрации водорода.	1. Высох раствор электролита 2. Обрыв кабеля	Долить раствор электролита и заменить мембранный колпачок. Связаться с сервисным центром фирмы по вопросу ремонта или замены сенсора.
4. При калибровке по воздуху сенсор имеет большой остаточный ток	Нарушено сопротивление изоляции в сенсоре или в разъеме сенсора	Произвести внешний осмотр сенсора и выполнить Тест №1. При отрицательном результате связаться с сервисным центром фирмы по вопросу ремонта или замены сенсора.
5. Показания сенсора нестабильны во времени при постоянной концентрации водорода.	1. Нарушена целостность мембраны 2. Вытянулась мембрана из-за превышения температуры и (или)	Заменить мембранный колпачок. Обеспечить требования по температуре и расходу воды через измерительную ка-

	расхода воды	меру. Заменить мембранный колпачок
6. После включения анализатора выход на рабочий режим превышает 20 минут	Разрядилась батарейка	Заменить пальчиковую батарейку.
7. Быстродействие сенсора существенно уменьшилось	Вытянулась мембрана из-за превышения температуры и (или) расхода воды	Обеспечить требования по температуре и расходу воды через измерительную камеру. Заменить мембранный колпачок

## Приложение 1.

### Процедура внесения коррекции ошибки «Жидкость-газ»

1. Для того чтобы анализатор вносил коррекцию на ошибку «жидкость-газ», свойственную Вашему сенсору, необходимо выполнить следующие действия:
  - 3.1. Нажмите клавишу «Ввод» и войдите в Главное меню (см. рис. 8.2-1).
  - 3.2. Выберите опцию «Калибровка» и нажмите клавишу «Ввод»
  - 3.3. Нажмите клавишу «Вниз» и, удерживая ее в нажатом состоянии, нажмите «Ввод». На дисплее анализатора высветится служебное меню, показанное на рис. П1-1



В открывшемся окне выберите опцию «Ошибки Ж-Г» и нажмите «Ввод». На дисплее анализатора высветится окно, показанное на рис. П1-2

Рис. П1-1. Служебное меню.

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

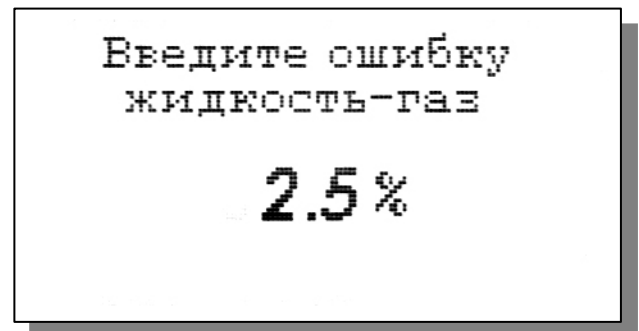


Рис. П1-2. Окно ввода ошибки «Жидкость-газ».

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

Систематическая ошибка «Жидкость – газ» также проявляется в зависимости сигнала сенсора от скорости потока. В тех случаях, когда измерения проводят при постоянной скорости потока, эту погрешность измерения можно исключить. Для этого сначала необходимо выполнить п.п. 1, 2 методики П1 РЭ. Затем необходимо собрать установку, обеспечивающую требуемую скорость протока дистиллированной воды, насыщенной ПГС, через измерительную камеру АС. Такая установка, например, может быть собрана с использованием перистальтического насоса с регулируемым расходом. Установите расход дистиллированной воды через измерительную камеру близкий к реальному расходу анализируемой жидкости при ее анализе. После достижения устойчивых показаний произведите их отсчет. Затем выполните п.

3 методики, описанной в П1 РЭ. После ввода в энергонезависимую память значения коэффициента «Жидкость-газ», анализатор автоматически будет вносить коррекцию при проведении измерений в жидкостях. При измерениях в газах коррекция вноситься не будет.