

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Филиал БНТУ “Институт повышения квалификации и переподготовки кадров  
по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ”  
Кафедра «Метрология и Энергетика»

Реут О.П., Куличенков В.П., Чепуркин А.А.

## **Методы и приборы контроля водно-химического режима ТЭС**

Учебно-методическое пособие для слушателей курсов повышения  
квалификации энергетиков и студентов энергетического факультета БНТУ

Электронный учебный материал

Минск ♦ БНТУ ♦ 2015

УДК 621.311.4+621.316.37(075.8)  
ББК 31.278я7  
Д75

Авторы:  
Реут О.П., Куличенков В.П., Чепуркин А.А.

***Рецензенты:***

Карпович С.С., кандидат технических наук,  
зав. кафедрой “Новые материалы и  
технологии” ИПК и ПК БНТУ

Романенков В.Е., кандидат технических наук,  
доцент, вед. науч. сотр. кафедры “Новые  
материалы и технологии” ИПК и ПК БНТУ

Учебно-методическое пособие предназначено для курсов повышения квалификации в ИПК и ПК БНТУ и может быть использовано специалистами предприятий ГПО “Белэнерго” и студентами энергетического факультета БНТУ.

Белорусский национальный технический университет,  
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел. 2964732  
E-mail: rectorat@ipk.by  
Регистрационный номер № БНТУ/ИПКиПК-49.2015

© БНТУ, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ .....	4
2 КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ВОДЫ .....	9
3 ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ PH-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ .....	15
4 СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ВОДОПОДГОТОВКЕ .....	22
5. ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ .....	29
6 МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ И КАЛИБРОВКИ ПРИБОРОВ ИЗМЕРЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ И РАСТВОРОВ .....	64
(КОНДУКТОМЕТРОВ И КОНЦЕНТРАТОМЕРОВ) .....	64
Список используемой литературы.....	72

## ВВЕДЕНИЕ

В качестве теплоносителя на современных тепловых электростанциях (ТЭС) используется вода, параметры качества которой нормируются для каждого типа энергоблока с целью замедления процессов коррозии металла и уменьшения образования отложений на поверхностях нагрева котло- и турбоагрегатов. Качество теплоносителя задают нормированием микроконцентраций растворенных в нем минеральных и газовых примесей, которое достигается путем химической обработки питательной воды и составляющих конденсата турбин и добавочной воды. Значительную роль при этом приобретает оперативный химический контроль, обеспечивающий своевременное получение информации об изменениях состава теплоносителя по тракту его использования с целью своевременной корректировки параметров водно-химического режима энергоблока.

Развитие аналитической техники контроля качества воды осуществляется в направлении создания автоматизированных систем, состоящих из первичных преобразователей, приборов низшего уровня и автоматизированных систем управления высшего уровня. В настоящем пособии описаны методы получения измерительной информации и автоматические анализаторы, применяемые при оперативном контроле водно-химического режима тепловых электростанций.

### 1 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

**Общая минерализация.** Это количественный показатель содержания растворенных в воде веществ. Его еще называют содержанием твердых веществ или общим солесодержанием, так как вещества, растворенные в воде, находятся в виде солей. Наиболее распространены неорганические соли (бикарбонаты, хлориды и сульфаты кальция, магния, калия и натрия) и небольшое количество органических веществ, растворимых в воде. Общую минерализацию сравнивают с сухим остатком. На самом деле, эти параметры очень близки, но методы их определения разные. При определении сухого остатка не учитываются более летучие органические соединения, растворенные в воде. В результате общая минерализация и сухой остаток могут отличаться на величину этих летучих соединений (как правило, не более 10%). Уровень солесодержания в питьевой воде обусловлен качеством воды в природных источниках (которые существенно варьируются в разных геологических регионах вследствие различной растворимости минералов).

Минерализации воды делится на следующие категории:

Категория вод	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>
Рассолы	более 35
Воды повышенной солености	10 - 35
Соленые	3 - 10
Солоноватые	1.0 - 3.0
Воды с относительно повышенной минерализацией	0.5 - 1.0
Пресные	0.2 - 0.5
Ультрапресные	менее 0.2

Кроме факторов, обусловленных природой, на общую минерализацию воды большое влияние оказывает человек: сточные воды промышленности, городские ливневые стоки (соль иногда используется зимой в качестве антиобледенителя). По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) достоверная информация о воздействии повышенного содержания солей на здоровье отсутствует. По медицинским показаниям ВОЗ ограничений не вводит. Как правило, нормальным вкусом воды считается при общей минерализации до 600 мг/л, при содержании более 1000-1200 мг/л вода может вызвать нарекания у потребителей. В связи с этим ВОЗ по органолептическим показаниям рекомендует, что предел общей минерализации не должен превышать значения, равного 1000 мг/л. Данный уровень может изменяться в зависимости от сложившихся привычек и местных условий. На сегодняшний день в развитых странах потребляют воду с низким содержанием солей - воду, очищенную технологией обратного осмоса. Такая вода наиболее чистая и безвредная, она широко используется в пищевой промышленности, изготовлении бутилированной воды и т.п. Отдельная тема - величина минерализации при отложении накипи и осадков в котельном, бойлерном и сантехническом оборудовании. В этом случае к воде применяются специальные требования, и чем меньше уровень минерализации (особенно содержание солей жесткости), тем лучше.

**Химия жесткости воды.** Жесткость воды принято ассоциировать с катионами кальция ( $Ca^{2+}$ ) и в меньшей степени магния ( $Mg^{2+}$ ). Осадок и накипь (соли жесткости) образуются в результате взаимодействия катионов двухвалентных с анионами. Натрий  $Na^{+}$  - одновалентный катион не взаимодействует с анионами. Приведем главные катиониты металлов, с которыми они ассоциируются и вызывают жесткость.

## Катионы

Магний (Mg <sup>2+</sup> )
Кальций (Ca <sup>2+</sup> )
Железо (Fe <sup>2+</sup> )
Стронций (Sr <sup>2+</sup> )
Марганец (Mn <sup>2+</sup> )

Железо, марганец и стронций оказывают на жесткость небольшое влияние по сравнению с кальцием и магнием.

**Виды жесткости воды. Общая жесткость** - суммарная концентрация ионов магния и кальция. Общая жесткость это сумма карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной) жесткости. **Карбонатная жесткость** - определена присутствием в воде гидрокарбонатов и карбонатов (при pH более 8.3) кальция и магния. Этот тип жесткости воды практически целиком устраняется при ее кипячении и поэтому получил название временной жесткостью. При повышении температуры воды гидрокарбонаты распадаются, в результате образуется угольная кислота и выпадает в осадок карбонат кальция и гидроксид магния. **Некарбонатная жесткость** - определена наличием солей кальция и магния кислот (соляной, серной и азотной). При повышении температуры данный тип жесткости воды не устраняется.

**Единицы измерений жесткости.** В мире используется несколько единиц измерений жесткости - моль на кубический метр (моль/м<sup>3</sup> или мг-экв/м<sup>3</sup>).

**Влияние жесткости на качество воды.** Для питьевого применения жесткость может варьироваться в зависимости от местных условий. Большая жесткость ухудшает органолептические качества воды, придает ей горьковатый вкус и оказывает отрицательное действие на органы пищеварения. Всемирная Организация Здравоохранения не предлагает какой-либо рекомендуемой величины жесткости по показаниям влияния на здоровье. В материалах ВОЗ говорится о том, что хотя ряд исследований и выявил статистически обратную зависимость между жесткостью питьевой воды и сердечно-сосудистыми заболеваниями, имеющиеся данные недостаточны для вывода о причинном характере этой связи. Вместе с тем, в зависимости от pH и щелочности, вода с жесткостью выше 4 мг-экв/л может вызвать в распределительной системе отложение шлаков и накипи (карбоната кальция), особенно при нагревании. Именно поэтому нормами вводятся очень жесткие требования к величине жесткости воды, используемой для питания котлов (0.05-0.1 мг-экв/л). Кроме того, при взаимодействии солей жесткости с моющими веществами (мыло, стиральные порошки, шампуни) происходит образование "мыльных шлаков" в виде пены. Это приводит не только к значительному перерасходу моющих средств. Такая пена после высыхания остается в виде налета на сантехнике, белье, человеческой коже, на волосах. Главным отрицательным воздействием

этих шлаков на человека является то, что они разрушают естественную жировую пленку, которой всегда покрыта нормальная кожа и забивают ее поры. Признаком такого негативного воздействия является характерный "скрип" чисто вымытой кожи или волос. Оказывается, что вызывающее у некоторых раздражение чувство "мылкости" после пользования мягкой водой является признаком того, что защитная жировая пленка на коже цела и невредима. Вместе с тем, мягкая вода с жесткостью менее 2 мг-экв/л имеет низкую буферную емкость (щелочность) и может в зависимости от уровня рН и ряда других факторов оказывать повышенное коррозионное воздействие на водопроводные трубы. Поэтому в ряде применений (особенно в теплотехнике) иногда приходится проводить специальную обработку воды с целью достижения оптимального соотношения между жесткостью воды и ее коррозионной активностью.

**Окисляемость.** Эта величина характеризует содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых (при определенных условиях) одним из сильных химических окислителей. Измеряется этот параметр в миллиграммах кислорода, истраченного на окисление органических и минеральных веществ, содержащихся в 1 дм<sup>3</sup> воды. Существуют перманганатная, бихроматная, иодатная, цериевая окисляемости. Самая высокая степень окисления при применении бихроматного и иодатного метода. Окисляемость - очень удобный показатель, позволяющий дать оценку общему загрязнению воды органическими веществами. Органические вещества в воде разнообразны по своей природе и химическим свойствам. Их состав определяется как под действием биохимических процессов, так и за счет поступления поверхностных и подземных вод, атмосферных осадков, промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Величина окисляемости природных вод может варьироваться в широких пределах от долей миллиграммов до десятков миллиграммов кислорода O<sub>2</sub> на литр воды. Поверхностные воды имеют более высокую окисляемость по сравнению с подземными. Так, горные реки и озера характеризуются окисляемостью 2-3 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, реки равнинные - 5-12 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, реки с болотным питанием - десятки миллиграммов на 1 дм<sup>3</sup>. Подземные же воды имеют в среднем окисляемость на уровне от сотых до десятых долей миллиграмма O<sub>2</sub> /дм<sup>3</sup> (исключения составляют воды в районах нефтегазовых месторождений, торфяников и в сильно заболоченной местности).

**Бихроматная окисляемость.** В водоемах бихроматную окисляемость (ХПК) используется в качестве меры содержания органического вещества в пробе воды. ХПК применяют для характеристики состояния водотоков и водоемов, поступления бытовых и промышленных сточных вод (в том числе, и степени их очистки), а также поверхностного стока. В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования величина ХПК не должна превышать 15 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

**Водородный показатель рН.** Вода (H<sub>2</sub>O) диссоциирует на два иона: водород

(Н<sup>+</sup>) и гидроксил (ОН<sup>-</sup>). Эти ионы также могут быть добавлены в воду вместе с другими противоионами. Так раствор соляной кислоты, добавленный в воду, обеспечивает присутствие в ней как катионов Н<sup>+</sup>, так и анионов Сl<sup>-</sup>. Концентрация Н<sup>+</sup> - мера кислотности воды, а концентрация ОН<sup>-</sup> - мера ее щелочности. Величина рН представляет собой отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода. Значения рН изменяются от 1 до 14. Величина рН, равная 7, считается нейтральной. Меньшие значения рН указывают на кислотность раствора, а более высокие значения рН - на щелочность. Поскольку шкала рН логарифмическая, увеличение рН на единицу соответствует десятикратному изменению концентрации Н<sup>+</sup>.

Водородный показатель показывает концентрацию свободных ионов водорода в воде. кислотности воды, а концентрация ОН<sup>-</sup> - мера ее щелочности. Для упрощения расчётов концентрации Н<sup>+</sup> в растворе, чтобы не оперировать малыми числами, отличающимися на порядки, была создана логарифмическая шкала, названная рН. Специальный показатель, названный рН, представляет собой логарифм концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком, т.е.  $pH = -\log[H^+]$ . Величина рН определяется количественным соотношением в воде ионов Н<sup>+</sup> и ОН<sup>-</sup>, образующихся при диссоциации воды. Если в воде пониженное содержание свободных ионов водорода (рН больше 7) по сравнению с ионами ОН<sup>-</sup>, то вода будет иметь щелочную реакцию, а при повышенном содержании ионов Н<sup>+</sup> (рН меньше 7) - кислую. В идеально чистой дистиллированной воде эти ионы будут уравнивать друг друга. В таких случаях вода нейтральна и рН равно 7. При растворении в воде различных химических веществ этот баланс может быть нарушен, что приводит к изменению уровня рН. Часто показатель рН приравнивают к таким параметрам, как кислотность и щелочность воды. Различие заключается в том, что рН - это показатель интенсивности, но не количества. То есть, рН отражает степень кислотности или щелочности среды, в то время как кислотность и щелочность характеризуют количественное содержание в воде веществ, способных нейтрализовать соответственно щелочи и кислоты. В зависимости от уровня рН воды можно условно разделить на несколько групп.

Группа воды	Величина рН
сильнокислые воды	менее 3
кислые воды	3 - 5
слабокислые воды	5 - 6.5
нейтральные воды	6.5 - 7.5
слабощелочные воды	7.5 - 8.5



щелочные воды	8.5 - 9.5
сильнощелочные воды	более 9.5

Водородный показатель рН воды - важнейший показатель качества воды, во многом определяет характер химических и биологических процессов, происходящих в воде. В зависимости от величины рН может изменяться скорость протекания химических реакций, степень коррозионной агрессивности воды, токсичность загрязняющих веществ и т.д.

Контроль за уровнем рН особенно важен на всех стадиях водоочистки, так как его изменение может не только существенно сказаться на запахе, привкусе и внешнем виде воды, но и повлиять на эффективность водоочистных мероприятий. Оптимальная требуемая величина рН варьируется для различных систем водоочистки в соответствии с составом воды, характером материалов, применяемых в системе распределения, а также в зависимости от применяемых методов обработки воды.

Обычно уровень рН находится в пределах, при которых не влияет на потребительские качества воды. Так, в речных водах рН обычно находится в пределах 6.5-8.5, в атмосферных осадках 4.6-6.1, в болотах 5.5-6.0, в морских водах 7.9-8.3. Поэтому Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) не предлагает какой-либо рекомендуемой по медицинским показателям величины рН. Вместе с тем известно, что при низком значении рН вода обладает высокой коррозионной активностью, а при высоких уровнях рН, превышающих значение, равное 11, вода приобретает характерную мылкость, неприятный запах, способна вызывать раздражение глаз и кожи. Именно поэтому для питьевой и хозяйственно-бытовой воды оптимальным считается уровень рН в диапазоне от 6 до 9.

**Кислотность.** Содержание в воде веществ, способных вступать в реакцию с гидроксид-ионами (ОН<sup>-</sup>). Определяют кислотность воды количеством гидроксида, который уходит на реакцию. В обычных природных водах кислотность в большинстве случаев зависит только от содержания свободного диоксида углерода. В этих случаях рН воды не бывает ниже 4.5. В загрязненных водоемах может содержаться большое количество сильных кислот или их солей за счет сброса промышленных сточных вод. В этих случаях рН может быть ниже 4.5. Часть общей кислотности, снижающей рН до величин менее 4.5, называется свободной.

## 2 КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ВОДЫ

**Кондуктометрия** основана на измерении электропроводности раствора и

применяется для определения концентрации солей, кислот, оснований и т.д. При кондуктометрических определениях обычно используют электроды из одинаковых материалов, а условия их проведения подбирают таким образом, чтобы свести к минимуму вклад скачков потенциала на обеих границах раздела электрод/электролит (например, используют переменный ток высокой частоты). В этом случае основной вклад в измеряемый потенциал ячейки вносит омическое падение напряжения  $I R$ ; где  $I$  – величина тока,  $R$  – сопротивление раствора. Электропроводность однокомпонентного раствора можно связать с его концентрацией, а измерение электропроводности электролитов сложного состава позволяет оценить общее содержание ионов в растворе и применяется, например, при контроле качества дистиллированной воды. В другой разновидности кондуктометрии – кондуктометрическом титровании – к анализируемому раствору порциями добавляют известный реагент и следят за изменением электропроводности. Точка эквивалентности, в которой отмечается резкое изменение электропроводности, определяется из графика зависимости этой величины от объема добавленного реагента.

Измерение удельной электропроводности водных растворов получило широкое распространение в лабораторной практике, при автоматическом химическом контроле водного режима паросиловых установок, эффективности работы установок очистки воды и промышленных теплообменных и других установок, а также различных показателей качества, характеризующих химико-технологические процессы.

Технические средства, предназначенные для измерения удельной электропроводности водных растворов, принято называть кондуктометрическими анализаторами жидкости. Шкалу вторичных приборов кондуктометров жидкости (лабораторных и промышленных) для измерения удельной электропроводности градуируют в единицах сименс на сантиметр ( $\text{См}\cdot\text{см}^{-1}$ ) или микросименс на сантиметр ( $\text{мкСм}\cdot\text{см}^{-1}$ ). Кондуктометры жидкости, которые применяют в производственных условиях для измерения показателей качества, характеризующих содержание солей в паре, конденсате и питательной воде парогенераторов, обычно называют солемерами. Шкалу вторичных приборов солемеров градуируют по  $\text{NaCl}$  (на условное содержание в растворе этих солей) в следующих единицах: миллиграмм на килограмм ( $\text{мг}/\text{кг}$ ), микрограмм на килограмм ( $\text{мкг}/\text{кг}$ ) или миллиграмм на литр ( $\text{мг}/\text{л}$ ) и микрограмм на литр ( $\text{мкг}/\text{л}$ ). Структурная схема первичного преобразователя (датчика), предназначенного для измерения удельной электропроводности водных растворов, показана на рисунке 2.1

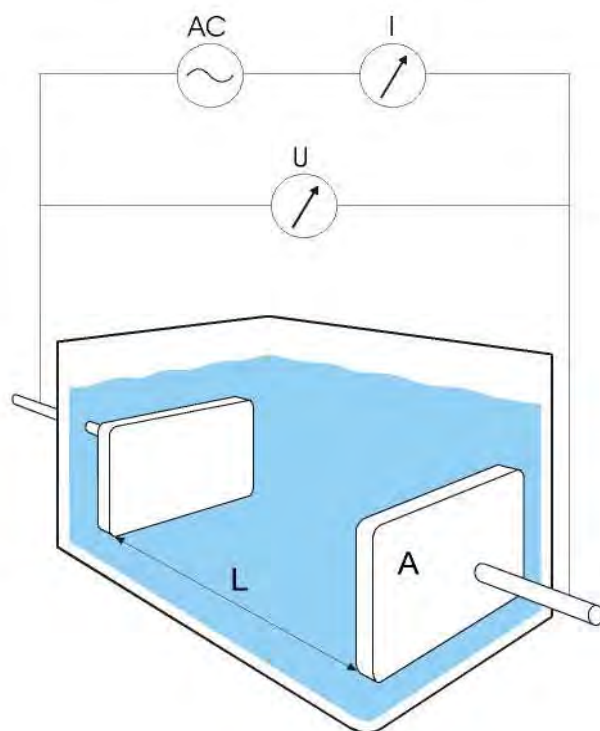


Рисунок 2.1 Структурная схема электродного первичного преобразователя (датчика) для измерения удельной электропроводности.

Удельное электрическое сопротивление  $\rho$  (Ом\*см).раствора определяется по следующей формуле:

$$\rho = R \frac{A}{L}, \quad (2.1)$$

где  $R$  – сопротивление (Ом) столба жидкости длиной  $L$  (см) с поперечным сечением  $A$  (см<sup>2</sup>).

Удельная электропроводность  $\chi$  (См\см) есть величина обратная удельному электрическому сопротивлению  $\rho$  и равна:

$$\chi = \frac{L}{RA} \quad (2.2)$$

Первичный преобразователь (датчик) для измерений удельной электропроводности (рисунок 2.1) представляет собой измерительную электрохимическую ячейку с жестко закрепленными в ней двумя электродами. Основной характеристикой ячейки является постоянная  $A$  (см<sup>-1</sup>), выражающая отношение ее геометрических размеров: расстояния между электродами  $L$  к площади их поперечного сечения  $S$ . Тогда

$$\chi = \frac{A}{R} \quad (2.3)$$

Постоянная ячейки  $A$  не может быть определена прямым измерением ее геометрических размеров ввиду их сложной конфигурации, поэтому значение постоянной  $A$  определяется экспериментально по стандартным растворам.

Кондуктомеры жидкости, используемые для измерения концентраций растворов солей, кислот, щелочей и т. д., называют часто концентратомерами. Шкала вторичных приборов концентратомеров градуируется в процентах значения массовой концентрации. Кондуктометрические анализаторы жидкости используются также и в качестве сигнализаторов.

Структурная схема безэлектродного (индуктивного) первичного преобразователя (датчика) концентратомера, предназначенного для измерений удельной электропроводности растворов, показана на рисунке 2.2.

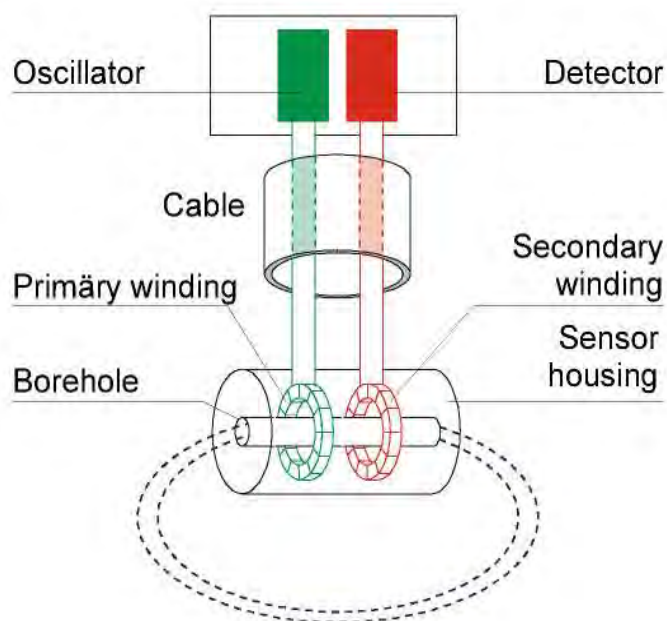


Рисунок 2.2 Структурная схема безэлектродного (индуктивного) первичного преобразователя (датчика), предназначенного для измерений концентрации методом удельной электропроводности: Oscillator – генератор; Primary winding - первичная

обмотка; Borehole – чувствительный элемент для заполнения раствором; Detector – детектор; Secondary winding – вторичная обмотка; Sensor housing – корпус датчика; Cable – кабель.

При повышенных требованиях к показателям качества питательной воды, пара и конденсата необходимо производить измерение малых значений электропроводности, не превышающих 5 - 6 мкСм·см<sup>-1</sup>. При контроле за истощением фильтров очистительных установок значение измеряемой электропроводности воды составляет 5·10<sup>-5</sup> - 5·10<sup>-3</sup> См·см<sup>-1</sup>, а при контроле концентраций растворов реагентов - от 10<sup>-3</sup> до 0,7 См·см<sup>-1</sup>.

Зависимость удельной электропроводности растворов от температуры выражается соотношением:

$$\chi(t) = \chi_0 + (1 + \alpha (t - t_0)), \quad (2.4)$$

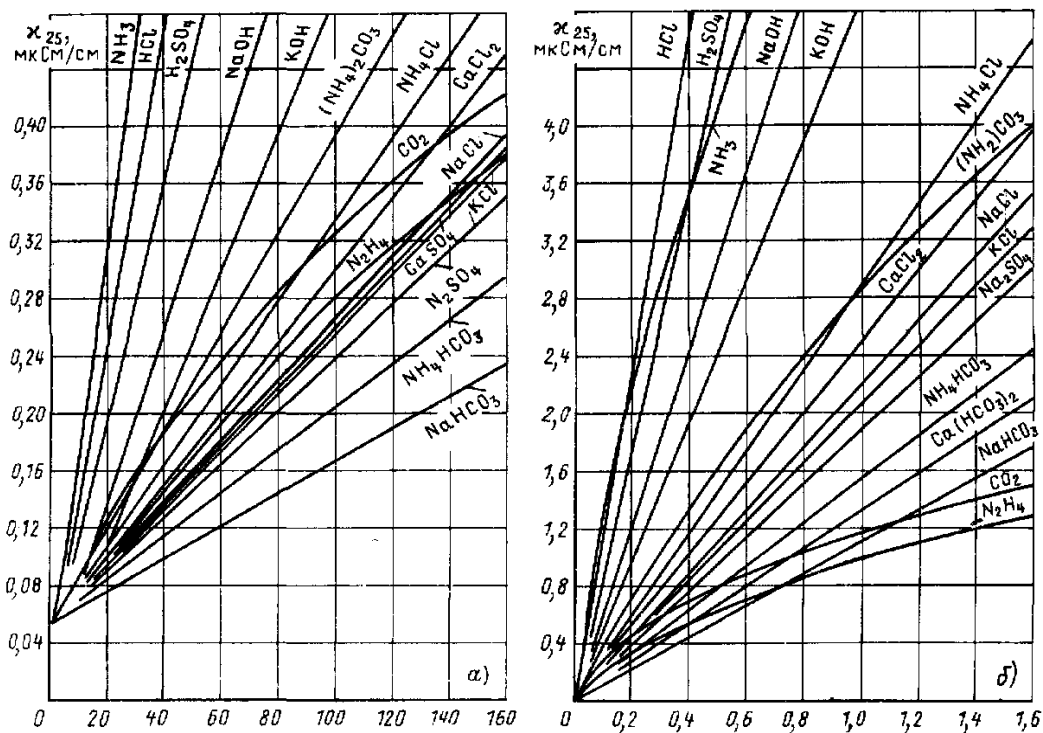
где  $\chi(t)$  - удельная электрическая проводимость раствора, См·см<sup>-1</sup>;

$\chi_0$  – удельная электрическая проводимость раствора при температуре  $t$ , равной 25 °С;

$\alpha$  - температурный коэффициент, °С<sup>-1</sup>;

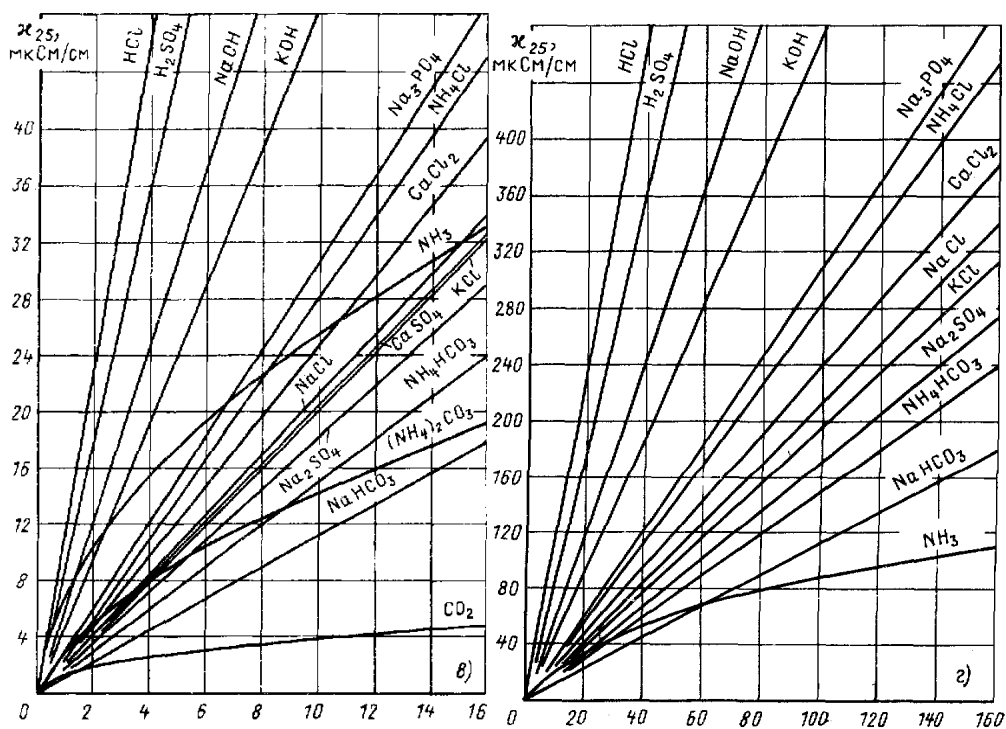
$t$  – температура раствора, °С.

Удельная электропроводность растворов некоторых электролитов при температуре, равной 25°С, показана на рисунках 2.3 и 2.4.



Концентрация, мкг/кг

Концентрация, мг/кг



Концентрация, мг/кг

Концентрация, мг/кг

Рисунок 2.3. Удельная электропроводность растворов некоторых электролитов в зависимости от суммарного солесодержания при температуре, равной 25°С, где  $a - S = 0 \div 160$  мкг/кг;  $b - S = 0 \div 1,6$  мг/кг;  $в - S = 0 \div 16$  мг/кг;  $г - S = 0 \div 160$  мг/кг.

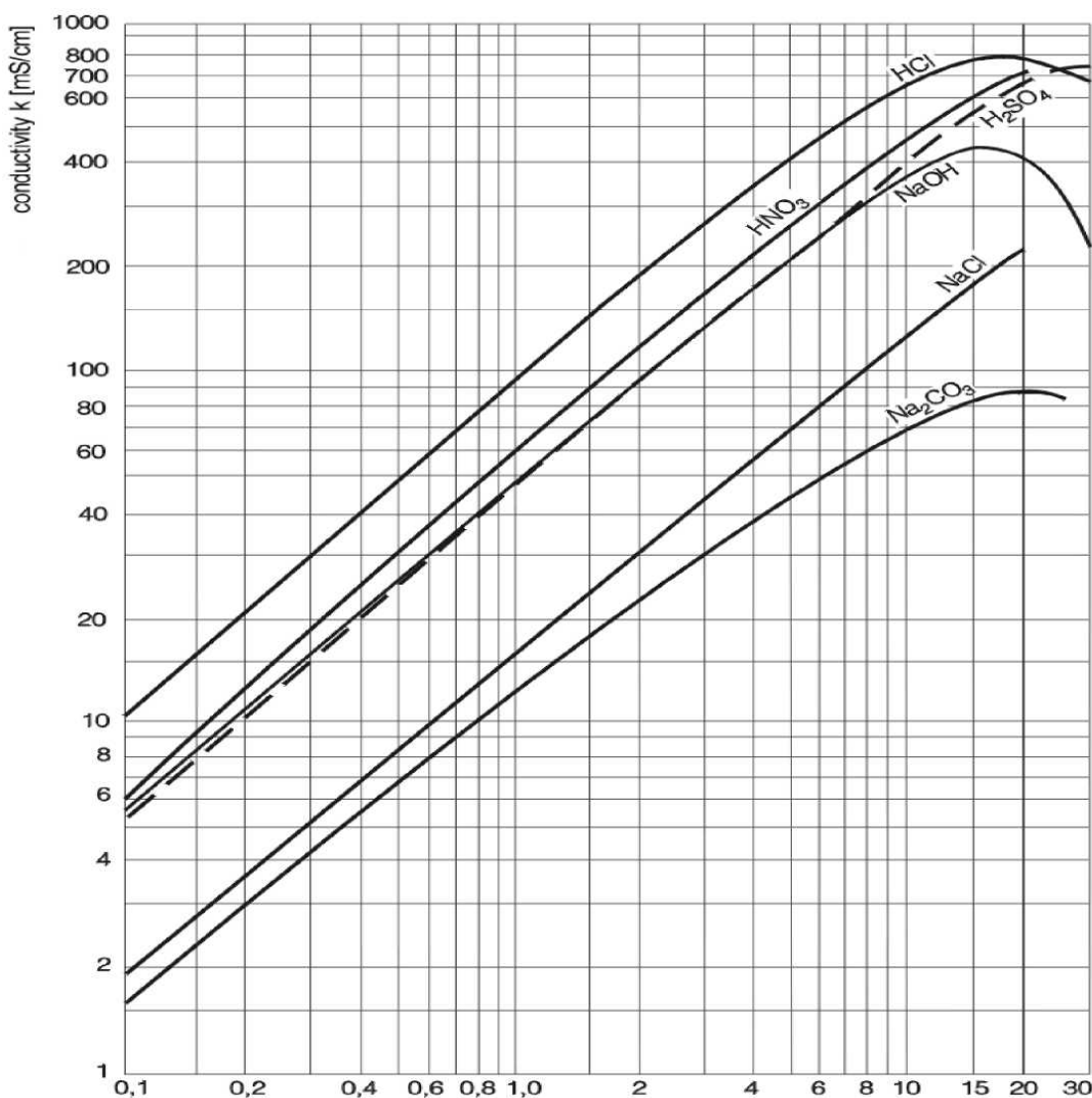


Рисунок 2.4. Удельная электропроводимость растворов некоторых электролитов в зависимости от концентрации в процентах.

### 3 ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ pH-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Гальванические преобразователи основаны на зависимости электродвижущей силы (ЭДС) гальванической цепи от концентрации ионов в электролите при окислительно-восстановительных процессах, происходящих на электродах. Они используются для определения концентрации ионов в различных растворах, а также в качестве образцовых мер ЭДС - нормальных элементов.

Наиболее широкое применение гальванические преобразователя получили в качестве преобразователей pH-метров - приборов для измерений активности (концентрации) водородных ионов.

Известно, что молекулы воды частично диссоциируют на ионы водорода в ионы гидроксила OH<sup>-</sup>, чем обусловлена вполне определенная, хотя и очень малая

электропроводность воды. Диссоциация воды происходит по следующей схеме



При этом остается постоянная так называемая константа диссоциации, равная

где  $\alpha_{H^+}$ ,  $\alpha_{OH^-}$ ,  $\alpha_{H_2O}$  — соответственно активности ионов  $H^+$ ,  $OH^-$  и воды.

В разбавленных растворах активность воды  $\alpha_{H_2O}$  можно считать постоянной, и тогда произведение  $K\alpha_{H_2O}$  становится новой постоянной, которую называют ионным произведением воды:  $K\alpha_{H_2O} = \alpha_{H^+}\alpha_{OH^-}$ . Установлено, что при температуре, равной 22 °С, ионное произведение воды:  $K\alpha_{H_2O} = 10^{-14}$  (г-ион/л)<sup>2</sup>. В чистой воде или в нейтральном растворе активности  $H^+$  и  $OH^-$  равны:

$$\alpha_{H^+} = \alpha_{OH^-} = \sqrt{K\alpha_{H_2O}} = 10^{-7} \text{ г-ион / л.} \quad (3.3)$$

Ионное произведение воды  $K\alpha_{H_2O} = \alpha_{H^+}\alpha_{OH^-}$  при данной температуре остается постоянной величиной не только для воды, но и для любого водного раствора, включая растворы кислот с избытком ионов  $H^+$  или оснований с избытком ионов  $OH^-$ .

Если в воде растворить кислоту, то ионов  $H^+$  станет больше, а ионов  $OH^-$  - меньше (за счет воссоединения части образовавшихся ионов  $H^+$  с ионами  $OH^-$ ), но произведение  $\alpha_{H^+} \cdot \alpha_{OH^-}$ , останется равным ионному произведению воды. У кислых растворов  $\alpha_{H^+} > \alpha_{OH^-}$ , а у щелочных растворов  $\alpha_{OH^-} > \alpha_{H^+}$ .

Таким образом, для характеристики раствора достаточно знать активность водородных ионов, которую для удобства записи и вычислений численно характеризуют отрицательным логарифмом активности ионов водорода - водородным показателем рН:

$$pH = -\lg \alpha_{H^+} = -\lg f_{H^+} c_{H^+} \quad (3.4)$$

Приборы для измерений этого показателя получили название рН-метров.

Диапазон изменений рН водных растворов обычно составляет от нуля до - 14-ти единиц. В растворах других растворителей (неводных) диапазоны изменений рН



другие, например в аммиаке от нуля до 32,7 единиц, в муравьиной кислоте от нуля до 6,1 единиц и т. д.

Наиболее точный и универсальный метод измерений рН основан на определении электродных потенциалов различных электродов, помещаемых в исследуемый раствор. Следовательно, гальванические преобразователи, являющиеся датчиками рН-метров, в качестве естественной входной величины имеют концентрацию водородных ионов, выражаемую в единицах рН, а в качестве выходной величины - разность электродных потенциалов.

Гальванический преобразователь состоит из двух полуэлементов; измерительного электрода, помещаемого в исследуемый раствор, и вспомогательного полуэлемента, электродный потенциал которого должен оставаться постоянным (рисунок 3.1).

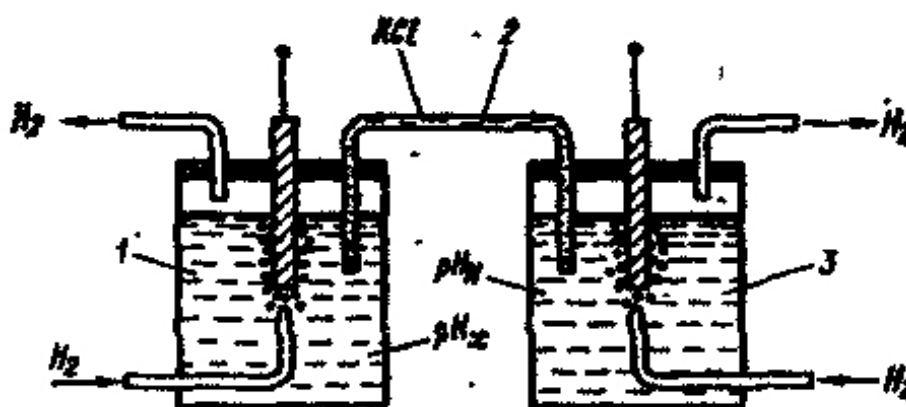


Рисунок 3.1. Гальванический преобразователь

На рисунке 3.1 показан гальванический преобразователь, состоящий из двух водородных полуэлементов. Один из водородных электродов (измерительный) помещается в исследуемый раствор 1, который при помощи электролитического ключа 2 соединяется с нормальным водородным полуэлементом (вспомогательным)

3, содержащим электролит с активностью водородных ионов  $\alpha_{(H^+)_2}$  равному 1 г-ион/л. Тогда ЭДС между электродами полученной концентрационной цепи равна

$$E_B = \frac{RT}{F} \ln \frac{\alpha_{(H^+)_1}}{\alpha_{(H^+)_2}}, \quad (3.5)$$

где  $\alpha_{(H^+)_1}$  — активность водородных ионов в исследуемом растворе;

$\alpha_{(H^+)_2}$  — активность водородных ионов в нормальном водородном полуэлементе.

Переходя к десятичным логарифмам и учитывая, что  $\lg \alpha_{(H^+)_1} = -pH$  получаем

$$E_B = -\frac{2,303RT}{F} pH \quad (3.6)$$

Для температуры, равной 18 °С

$$E_B = -0,058 pH \quad (3.7)$$

При использовании водородного электрода в рабочем (измерительном) полуэлементе им можно измерять рН во всем диапазоне измерений (от 0 до 14). Однако вследствие неудобства применения, связанного с необходимостью непрерывной подачи к электроду газообразного водорода, водородный электрод используется, главным образом, как образцовый электрод для лабораторных исследований.

Вспомогательные полуэлементы. В гальванических преобразователях используются каломельный, хлорсеребряный, бромсеребряный и другие вспомогательные полуэлементы.

Каломельный полуэлемент. Потенциал  $E_0$  нормального каломельного полуэлемента относительно потенциала нормального водородного полуэлемента при температурах 15, 18, 20, 25 и 30 °С, соответственно, составляет 0,2852; 0,2845; 0,2840; 0,2328 и 0,2816 В.

Гальванический преобразователь, состоящий из водородного электрода, помещенного в исследуемый раствор, и нормального каломельного полуэлемента, будет при температуре, равной 18 °С, развивать ЭДС в соответствии со следующей формулой

$$E_K = 0,2845 + 0,058 pH \quad (3.8)$$

Недостатками каломельных полуэлементов являются возможность попадания ртути в контролируемый раствор и ограниченный диапазон рабочей температуры, равной плюс 70 °С.

Хлорсеребряный полуэлемент представляет собой платиновую проволоку, покрытую слоем хлористого серебра и погруженную в раствор HCl. Нормальный потенциал хлорсеребряного полуэлемента равен 0,222 В при 25 °С. Достоинствами такого полуэлемента является простота и компактность конструкции, хорошая воспроизводимость потенциала электрода, возможность применения при температуре от 150 °С до 250 °С, а также в условиях тряски и вибрации.

Измерительные электроды гальванических преобразователей. В качестве измерительных электродов в рН-метрах, кроме водородного, применяются хингидронный, сурьмяный и получивший наибольшее распространение стеклянный электрод (рисунок 3.2).

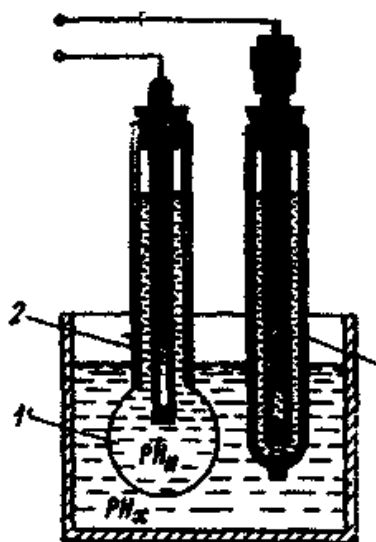


Рисунок 3.2 Стеклянный электрод

Стеклянный электрод 1 (рисунок 3.2) представляет собой тонкостенную (0,05 - 0,1 мм) колбу (мембрану), выдуваемую на конце трубки из специальных сортов стекла. При помещении колбы в раствор на границе стекло - раствор появляется разность потенциалов, зависящая от активности водородных ионов раствора. Это объясняется процессами ионного обмена. Щелочные ионы стекла (Na или Li) переходят в раствор, а их места занимают более подвижные ионы водорода из раствора. В результате этого поверхностный слой стекла оказывается насыщенным водородными ионами и стеклянный электрод приобретает свойства водородного электрода.

Это относится как к внутренней, так и к внешней поверхности колбы, которые нужно рассматривать как два водородных электрода, один из которых должен иметь постоянный потенциал. Слой стекла между обеими поверхностями, по существу, является проводником с большим сопротивлением, соединяющим оба электрода.

Гальванический преобразователь со стеклянным электродом обычно состоит из стеклянного электрода и двух вспомогательных полуэлементов, которые используются для снятия потенциала с внутренней и внешней поверхностей стеклянного электрода.

Стеклянный электрод 1 и каломельный полуэлемент 3 (рисунок 3.2) помещаются в исследуемый раствор. Внутри стеклянного электрода, заполненного образцовым раствором с известным значением  $pH_N$ , вставлен вспомогательный хлорсеребряный электрод 2.

ЭДС на выводах преобразователя является алгебраической суммой потенциалов хлорсеребряного полуэлемента, внутренней и наружной поверхности стеклянного электрода и потенциала каломельного полуэлемента.

При изменении рНх исследуемого раствора изменяется только потенциал наружной поверхности электрода, который зависит от активности водородных ионов в растворе. Все же остальные составляющие ЭДС остаются неизменными (при постоянной температуре). Поэтому, измеряя ЭДС на выводах преобразователя со стеклянным электродом, можно определить рНх исследуемого раствора.

Стеклянный электрод может применяться для измерения рН не только в водных, но в неводных и смешанных средах. Однако для каждого растворителя необходимо устанавливать соответствующую зависимость ЭДС от рН. Характерной особенностью гальванических преобразователей со стеклянными электродами является их большое внутреннее сопротивление, так как в него входит сопротивление стеклянной мембраны. В зависимости от химического состава и толщины стеклянного электрода его сопротивление составляет (0,5 - 1000) МОм. При уменьшении температуры сопротивление стеклянных электродов резко возрастает, что препятствует их использованию при температурах ниже нуля градусов Цельсия.

Другой особенностью стеклянного электрода является наличие потенциала асимметрии, который проявляется в том, что при помещении внутрь и снаружи электрода одинаковых растворов на выводах гальванического преобразователя со стеклянным электродом возникает ЭДС, которая может достигать (1 - 2) мВ. Постоянные времени стеклянных электродов пропорциональны толщине мембраны и обычно лежат в пределах (1 - 10) с.

Конструкции стеклянных электродов весьма разнообразны. Гальванические преобразователи используются для измерения активности не только водородных ионов, но и ионов ряда других элементов: калия, натрия, хлора, меди, цианида, серы и т. д. В качестве измерительных применяются различные ионоселективные электроды из стекла, меди, золота, серебра, олова, ионообменных смол, кремнистой резины и др. Избирательность электродов к тому или другому иону зависит от состава и ионообменных свойств материала электрода. Весьма перспективны электроды из ионообменных смол, поскольку один тип ионов в смоле может быть полностью заменен другим. Они имеют малое сопротивление и низкий потенциал асимметрии.

Требования к измерительной цепи и методы коррекции температурной погрешности. Измерение ЭДС гальванических преобразователей должно производиться таким образом, чтобы не возникало погрешности от поляризации электродов и падения напряжения на внутреннем сопротивлении преобразователя, которое при использовании стеклянных электродов составляет ( $10^7$  -  $10^9$ ) Ом. Поэтому основное требование к измерительной цепи - большое входное сопротивление, которое достигается за счет применения электрометрических усилителей. Зависимость ЭДС от значений рН и температуры раствора показана на рисунке 3.3.

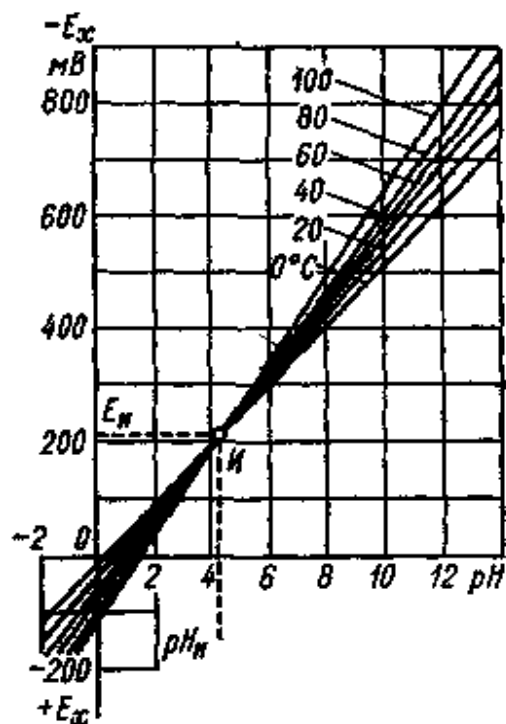


Рисунок 3.3 Зависимость ЭДС от значений рН и температуры раствора

При использовании специальных усилителей можно получить входное сопротивление до  $(10^{15} - 10^{16})$  Ом. Для измерений ЭДС гальванических преобразователей наибольшее распространение получили компенсационные измерительные цепи с автоматической коррекцией температурной погрешности преобразователя.

Зависимость ЭДС от значения рН и температуры раствора можно представить семейством прямых, пересекающихся в одной, так называемой изопотенциальной точке И (рисунок 3. 3). Это означает, что при определенном значении рН<sub>И</sub> раствора, соответствующем координате изопотенциальной точки, ЭДС преобразователя не зависит от температуры. Координаты изопотенциальной точки ( $E_{И}$  и рН<sub>И</sub>) зависят от типа используемых электродов и обычно определяются экспериментально. Представленные на рисунке 3.3 зависимости с координатами изопотенциальной точки  $E_{И} = 203$  мВ, рН<sub>И</sub> = 4,13 ед. можно описать следующим уравнением:

$$E_x = [-203 - (54,1 + 0,198\Theta)(pH - 4,13)], \quad (3.9)$$

где  $E_x$  — ЭДС в милливольтгах.

В этом уравнении не учитываются гистерезис и флуктуации электродных потенциалов, а также нелинейность, которая имеет место при изменении температуры в широком диапазоне.

На рисунке 3.4 показана схема коррекции температурной погрешности гальванического преобразователя при его включении на вход усилителя с высоким входным сопротивлением и глубокой отрицательной обратной связью. Постоянная

составляющая ЭДС преобразователя, соответствующая координате изопотенциальной точки, компенсируется падением напряжения  $U_{и}$ , создаваемого током от вспомогательного источника  $E_1$  на резисторе  $R_1$ .

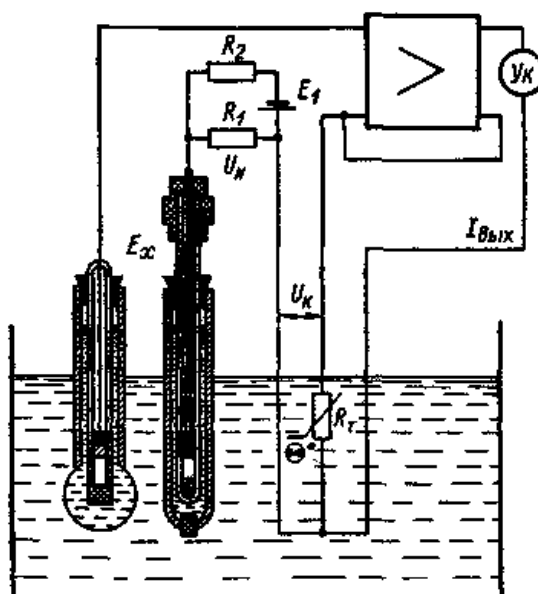


Рисунок 3.4 Схема коррекции температурной погрешности гальванического преобразователя

В качестве элемента обратной связи используется терморезистор  $R_T$ , помещенный в контролируемый раствор совместно с гальваническим преобразователем. ЭДС гальванического преобразователя ( $E_x - U_{и}$ ) уравнивается падением напряжения  $U_K = I_{\text{вых}} R_T$ . Если сопротивление терморезистора изменяется по такому же закону, что и крутизна характеристики гальванического преобразователя, то ток  $I_{\text{вых}}$  будет определяться только значением pH раствора независимо от его температуры.

Градуировку pH-метров производят по образцовым буферным растворам с точно известным и стабильным значением pH. Значения pH буферных растворов лежат в основе стандартизации шкал pH.

## 4 СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ВОДОПОДГОТОВКЕ

**Адсорбент.** Материал, обычно твердое вещество, способное к удержанию газов, жидкостей, взвешенного вещества на собственной поверхности и в порах. В системах водоподготовки в качестве адсорбента широко применяется активированный уголь.

**Адсорбция.** Связывание молекул с поверхностью твердой или жидкой фазы посредством определённых физических сил. Например, удаление свободного хлора

или хлорамина из смеси с помощью активированного угля происходит по механизму адсорбции.

**Активированный уголь.** Гранулированный материал, обычно производимый путем обжига в отсутствие воздуха целлюлозообразующих веществ, таких как дерево или скорлупа кокосовых орехов. Имеет пористую структуру и используется при кондиционировании воды как адсорбент для органического вещества и некоторых растворенных газов. Иногда называется "активированный древесный уголь".

**Анион.** Отрицательно заряженный ион.

**Гидролиз.** Химический процесс разрушения веществ в процессе их взаимодействия с водой. Часто упоминается в ссылках по поводу разрушения полимеров.

**Грэйнд жесткости.** Единица жёсткости. Теоретическая жесткость воды - это суммарная концентрация всех ионов щелочно-земельных металлов, она обычно выражается, как эквивалентная концентрация карбоната кальция в грэйнах. Концентрации ионов могут быть выражены в эквивалентах на литр (моль-экв/л), числом моль на литр (моль/л) или их массой в любом объеме. Численное значение жёсткости в грэйнд/галлон, относящееся к карбонату кальция, может быть преобразовано в метрические единицы (мг/л), посредством умножения на коэффициент 17,1.

**Деионизация (ионный обмен).** Удаление ионов из воды посредством обмена на другие ионы, находящиеся в специальной смоле в связанном состоянии.

**Деминерализация.** Удаление ионизированных неорганических минералов и солей из раствора посредством двухфазного ионообменного процесса; подобен деионизации, и оба термина часто используются заменяя друг друга.

**Диализ.** Разделение компонентов раствора посредством их диффузии через полупроницаемую мембрану, которая способна пропускать через себя некоторые ионы или молекулы при одновременном отклонении других.

**Жесткость воды.** Описание суммарной концентрации кальция, магния и стронция, выраженной в мг-экв/л.

**Загрязнение мембраны.** Осаждение нерастворимых веществ, например, бактерий, коллоидов, оксидов на поверхности обратноосмотической или ультрафильтрационной мембраны. Загрязнение приводит к уменьшению потока и снижению селективности обратноосмотических мембран.

**Ион.** Атом или молекула, имеющие положительный или отрицательный электрический заряд. Положительно заряженные ионы называются катионами, а ионы, имеющие отрицательный заряд, анионами.

**Ионит, ионообменник.** Твердый, нерастворимый материал, который содержит ионы, способные к обратимой замене с другими ионами из окружающего раствора. При кондиционировании воды используются как анионные так и катионные обменники.

**Истощение ионообменного материала.** Состояние ионообменного материала, при котором он теряет свою способность к эффективному функционированию из-за истощения запаса ионов, участвующих в обмене; момент истощения может быть определен путем измерений концентрации веществ на выходе системы путем измерений удельной электропроводности.

**Катион.** Положительно заряженный ион.

**Коагулянт.** Химическое вещество, которое способствует осаждению взвешенных в воде коллоидных частиц и применяется для их удаления в процессе очистки воды. В качестве коагулянтов обычно используются соли алюминия и железа.

**Коагуляция.** Одна из стадий водоподготовки, на которой коагулянт, обычно квасцы, добавляется в воду, при этом очень маленькие, мелкие твердые частицы, часто коллоидные в природе, образуют более крупные частицы.

**Коллоиды.** Частицы субмикронного размера, не образующие истинный раствор. Они стабильно взвешены и с трудом выводятся из этого состояния.

**Мегом на сантиметр.** Мера чистоты воды, основанная на ее электрическом сопротивлении. Хотя абсолютной чистоты воды и невозможно достичь, ее принимаемое удельное электрическое сопротивление было бы равно 27 мегом при температуре, равной 25 °С.

**Мембраны.** Мембраны - тонкие пленки со специальной структурой, созданные для обеспечения селективного пропускания растворенных веществ. Избирательность мембраны основана на ее способности пропускать или не пропускать частицы в соответствии с их размером и иными свойствами. Мембрана может быть гомогенной или асимметричной. Гомогенные мембраны в поперечном сечении имеют однородную структуру при увеличении по крайней мере в 100 раз. Наибольшей степенью гомогенности обладают мембраны, разработанные для микрофльтрации и гемодиализа. Мембраны снижают величину потока не только нежелательных растворенных веществ, но и самого растворителя. Для уменьшения сопротивления потоку растворителя были разработаны образцы, имеющие асимметричное поперечное сечение. Они состоят из двух параллельных слоев. Сопротивление, оказываемое течению селективным слоем, который обеспечивает мембране возможность селективной фильтрации, минимизируется посредством уменьшения его толщины. Сопротивление течению более толстого и прочного поддерживающего слоя, который обеспечивает прочность конструкции, минимизируется за счет его открытой пористой структуры. Эти различные слои могут быть сделаны из одного и того же материала, как в асимметричных



мембранах из ацетата целлюлозы, или из различных материалов, как в тонкопленочных составных (композитных) мембранах. Мембраны, используемые в оборудовании для очистки воды, бывают двух видов: в виде плоских листов и полых волокон.

**Механический фильтр.** Фильтр, специально предназначенный для удаления взвешенных твердых частиц.

**Мутность.** Мера присутствия в воде коллоидных веществ во взвешенном состоянии. Взвесь, содержащаяся в пробе воды, типа глины, ила или мелкодисперсных органических и/или неорганических веществ, будет рассеивать падающий свет. Мера рассеяния выражается в нефелометрических единицах мутности (НЕМ).

**Мягкая вода (умягченная вода).** Любая вода, содержащая менее 17,1 мг/л минералов жесткости, приведенных к карбонату кальция.

**Накипь.** Отложения минеральных твердых веществ на внутренних поверхностях водопроводов и емкостей, зачастую формируемые при нагревании воды, содержащей карбонаты или бикарбонаты кальция и магния.

**Норма расхода.** Среднесуточное количество воды, произведенной системой водоподготовки, приведенное к заданному интервалу времени.

**Обратная промывка.** Процесс, при котором насыпные компоненты фильтров или ионообменные смолы подвергаются промывке потоком в направлении противоположном рабочему направлению потока для разрыхления насыпных компонентов и промывке в дренаж взвешенных веществ, накопленных в процессе работы.

**Общее содержание растворенных веществ (TDS).** Сумма концентрации органических и неорганических веществ, а также ионов в растворе (исключая все растворенные газы). Так как измеритель TDS может определять только суммарную концентрацию ионов в воде, значение TDS является приближенным. Измерение TDS широко применяется в водоподготовке для контроля конечного качества воды. Экспериментальное определение TDS основано на измерении удельного электрического сопротивления или проводимости исследуемой воды.

**Общая жесткость.** Сумма всех компонентов жесткости в воде, выраженная в виде эквивалентной концентрации карбоната кальция.

**Озон.** Чрезвычайно активный окислитель, который состоит из трех атомов кислорода. Может быть образован при воздействии сильного электрического поля на газообразный кислород или окружающий воздух, в котором содержится кислород.

**Оксиданты (окислители).** Химические вещества, которые поставляют кислород и/или принимают электроны в окислительно-восстановительной реакции. Свободный хлор и хлорамина - окислители, которые широко используются для дезинфекции.

**Осмотическое давление.** Если раствор типа солёной воды отделен от чистой воды мембраной, которая является непроницаемой для соли, вода будет проникать из объёма с чистым растворителем в соляной раствор. Движущая сила данного процесса называется "осмотическим давлением". Его величина зависит от концентрации солей, а также числа ионов в растворе. Осмотическое давление зависит от числа частиц в растворе, а не от их полной массы. Например, раствор, типа хлорида натрия, имеющий концентрацию 1 г/л, характеризуется большим значением осмотического давления, чем раствор протеина аналогичной концентрации. Для того чтобы вода потекла обратно из раствора соли в чистую воду, раствор должен быть подвергнут воздействию гидростатического давления, большего, чем его осмотическое давление. Это принцип обратного осмоса.

**ПДК.** Сокращение от «предельная допустимая концентрация» (максимальный уровень примеси, ПДК); предельно допустимая концентрация примеси в воде, регламентируемая соответствующими нормативами.

**Постоянная жесткость.** Жесткость воды, вызванная присутствием хлоридов и сульфатов кальция и магния, которые не осаждаются при кипячении. Данный термин зачастую заменяется на некарбонатная жесткость.

**Проводимость электрическая.** Способность водного раствора проводить электрический ток. Электропроводность природной воды зависит от степени минерализации (концентрации растворенных минеральных солей) и температуры. Поэтому по величине электрической проводимости воды можно судить о степени минерализации воды. Величина проводимости зависит от количества присутствующих в растворе ионов. Проводимость выражается в Сименсах на метр. Растворы неорганических солей - относительно хорошие проводники (дают высокую проводимость), в то время как растворы, содержащие органические молекулы, - довольно плохие проводники (дают низкую проводимость). Высокоочищенная вода также является плохим проводником. Измерение проводимости часто используется для контроля эксплуатационных показателей системы обратного осмоса. Электропроводность зависит от температуры и должна измеряться термокомпенсированным измерителем. Обычная справочная температура составляет 25 °С. Измерение проводимости иногда используется для оценки общего количества растворенных в воде веществ.

**Регенерант.** Раствор химического соединения, использующийся для восстановления емкости ионообменной системы. Рассол хлористого натрия (каменной соли) используется в качестве регенеранта ионообменных умягчителей воды, для катионных и анионных смол, используемых при деминерализации, в

качестве регенеранта используются кислоты и основания.

**Регенерация, восстановление.** Регенерация состоит из этапов обратной промывки, промывки рассолом, и промывки пресной водой, необходимых для восстановления характеристик ионообменного наполнителя после его истощения. Термин соответствует этапу промывки рассолом, при котором раствор хлористого натрия пропускается через ионообменный наполнитель. Термин может также использоваться для подобных операций применительно к деминерализаторам и некоторым фильтрам.

**Селективность (процент задержания).** Мера способности обратноосмотической мембраны удалять соли из исходной воды.

**Смола.** Синтетический органический ионообменный материал, типа высокопроизводительной катионообменной смолы, широко используемой в умягчителях воды.

**Соленая вода.** Вода, содержащая чрезмерное количество растворенных солей, обычно более чем 10 000 мг/л.

**Солоноватая вода.** Вода, содержащая растворенные соли в диапазоне от 1000 до 10 000 мг/л.

**Термокомпенсация.** Корректировка, необходимая для расчета электрического сопротивления при температуре, равной 25 °С. Эта процедура необходима, поскольку электрическое сопротивление меняется с температурой. Измеритель чистоты выполняет эту корректировку автоматически. Данная процедура также применяется при измерении рН.

**Удельное электрическое сопротивление.** Мера способности вещества не пропускать электрический ток (величина обратная проводимости). Стандартная единица измерения электрического сопротивления - Ом. Сопротивление зависит от состава воды и расстояния между измерительными электродами датчика. Единицей удельного электрического сопротивления является Ом.см. Измерение удельного сопротивления, подобно измерению проводимости, может осуществляться разными способами. Результаты этих измерений обычно используют для оценки качества воды, полученной деионизацией, для улучшения управления системами очистки воды. Поскольку удельное сопротивление зависит от температуры воды, часто используются устройства для температурной компенсации таким образом, чтобы сопротивление воды приводилось к одной температуре, равной 25 °С

**Умягчение воды.** Удаление кальция и магния из воды, ионы которых являются основной причиной жесткости воды.

**Хлорамины.** Химические вещества, используемые для дезинфекции воды. Они образуются в результате взаимодействия соединений аммония со свободным хлором

и могут существовать в природе (когда свободный хлор взаимодействует с соединениями аммония, образовавшимися при разложении растительных остатков). Хлорамины - сильные окислители и могут быть весьма токсичны при использовании содержащей их воды для гемодиализа.

**Щелочность.** Суммарное количество присутствующих в воде ионов бикарбоната, карбоната и гидроксила, которые могут нейтрализовать кислоты.

Под щелочностью природных или очищенных вод понимают способность некоторых их компонентов связывать эквивалентное количество сильных кислот. Этот параметр также часто называют буферной емкостью воды, имея в виду способность воды нейтрализовать коррозионное воздействие кислот. Под общей щелочностью подразумевается сумма содержащихся в воде гидроксильных ионов (ОН-) и анионов слабых кислот, которые образуют гидроксильные ионы. Щелочность определяется количеством сильной кислоты, необходимой для нейтрализации 1 дм<sup>3</sup> воды. Щелочность большинства природных вод определяется только гидрокарбонатами кальция и магния, рН этих вод не превышает 8.3. Определение щелочности полезно при дозировании химических веществ, необходимых при обработке вод для водоснабжения.

## 5. ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

### 5.1 Кондуктометр АТЛАНТ 1101

#### Назначение и область применения



Рисунок 5.1 Внешний вид кондуктометра АТЛАНТ 1101

Кондуктометр предназначен для измерений удельной электрической проводимости (далее УЭП) и температуры контролируемой среды, автоматического приведения результатов измерений к назначенной температуре в пределах рабочих условий применения, цифровой индикации и преобразования результатов измерений в стандартный выходной токовый сигнал и (или) в один из стандартизованных цифровых интерфейсных сигналов.

Кондуктометр по выбору пользователя позволяет представлять результаты измерений в единицах удельной электрической проводимости, удельного электрического сопротивления, условной концентрации растворенных веществ.

Контролируемая среда - вода, водные и неводные растворы веществ, не вызывающие коррозии нержавеющей стали и не разрушающие материалы конструкции блока датчиков.

Кондуктометр предназначен для работы в составе систем автоматического контроля и управления или для автономного применения в атомной и тепловой энергетике, химической, нефтяной, газовой промышленности, металлургии, машиностроении и других областях промышленности.

Кондуктометр состоит из блока измерительного и датчика, соединенных между собой кабелем.

В зависимости от заказа кондуктометр комплектуется четырьмя типами датчиков, а также Н-катионитовым фильтром, объединяемым с датчиком в единую конструкцию - панель Н-фильтра.

По способу монтажа измерительный блок кондуктометра выпускается в щитовом или настенном исполнении.

Параметры контролируемой среды:

- температура °С ..... от плюс 1 до плюс 95;
- давление, МПа ..... до 1,0;
- содержание взвешенных твердых частиц не более, мг/кг ..... 5.

Рабочие условия применения:

- температура, °С ..... от минус 10 до плюс 50;
- относительная влажность воздуха при температуре 35 °С, не более, % ..... 95;
- давление, кПа ..... от 66 до 106,7.

Напряжение питания от 187 до 242 В или от 30,6 до 39,6 В, частота 50 ± 2 Гц.

### Технические характеристики

Диапазоны измерений:

- УЭП, мкСм/см ..... от 0,01 до 100 000;  
с поддиапазонами, мкСм/см:
  - с датчиком ДЭП-01 ..... от 0,01 до 100;
  - с датчиком ДЭП-02 ..... от 0,1 до 1000;
  - с датчиком ДЭП-03 ..... от 1 до 10000;
  - с датчиком ДЭП-04 ..... от 10 до 100000;
- температуры контролируемой среды °С ..... от 0 до плюс 100.

Кондуктометр Атлант 1102 дополнительно обеспечивает определение разности или отношения параметров контролируемой среды в двух датчиках.

Результаты измерений УЭП могут быть представлены в единицах удельного электрического сопротивления (кОм см) или условной концентрации растворенных веществ (мкг/дм<sup>3</sup>).

Кондуктометр обеспечивает автоматическое приведение результатов измерений к выбранной температуре контролируемой среды в пределах от плюс одного до плюс 95 °С.

Кондуктометр имеет два канала выходных унифицированных сигналов постоянного тока (мА) 0-5, 0-20 и 4-20 по ГОСТ 26.011 или по заказу один канал постоянного тока и один канал - стандартизованный цифровой интерфейс, например, RS 485.

Шкалы выходных сигналов могут устанавливаться линейными или логарифмическими.

Кондуктометр обеспечивает установку соответствия максимального и минимального значений выходного сигнала значениям измеряемого параметра контролируемой среды в пределах поддиапазона выбранного датчика.

Кондуктометр обеспечивает сигнализацию выхода измеренного значения

контролируемого параметра ниже и выше установленных по выбору пределов двумя независимыми группами переключающих контактов с током нагрузки до 2 А напряжением 220 В.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений УЭП в % при температуре окружающей среды  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  составляют:

$$\pm \left( \frac{0,3}{X} + 1,5 \right), \quad (5.1)$$

где X - измеренное значение, мкСм/см.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры равны  $\pm 0,3^\circ\text{C}$ .

Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения УЭП при изменении температуры контролируемой среды от температуры приведения на каждые  $15^\circ\text{C}$  в диапазоне температуры от плюс одного до плюс  $95^\circ\text{C}$  не превышают предела допускаемой основной относительной погрешности.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения УЭП при изменении температуры окружающей среды на каждые  $10^\circ\text{C}$  в диапазоне температуры от минус  $10^\circ\text{C}$  до плюс  $50^\circ\text{C}$  не превышают 0,5 предела допускаемой основной относительной погрешности.

- Время запаздывания результатов измерений, не более, с ..... 5.
- Время установления выходного сигнала, не более, мин..... 1.
- Время установления рабочего режима после включения, не более, мин... 5.
- Потребляемая мощность, ВА, не более ..... 20.

## Устройство и работа

Кондуктометр состоит из датчика и блока измерительного, соединенных кабелем. По заказу кондуктометр комплектуется Н-катионитовым фильтром, объединенным с датчиком в единую конструкцию - панель Н-фильтра.

## Блок измерительный

Блок измерительный размещен в корпусе с прозрачной герметичной крышкой. Конструктивное исполнение корпуса возможно в двух вариантах: для утопленного щитового монтажа и для монтажа на стене. Тип корпуса блока измерительного оговаривается при заказе прибора.

На лицевой панели блока под крышкой размещены:

- окно жидкокристаллического графического дисплея с подсветкой;
- шесть кнопок без фиксации для первоначальной настройки и калибровки прибора, а также для управления работой в штатном режиме в соответствии с

указаниями меню программы встроенного микропроцессорного устройства.

Элементы схемы блока измерительного смонтированы на съемных печатных платах.

Клеммная коробка для подключения к блоку измерительному датчика, цепи электропитания, цепей выходных сигналов и сигнальных релейных контактов установлена на задней панели блока измерительного для щитового монтажа или в нижней части блока измерительного для монтажа на стене. Выключатель и предохранитель цепи электропитания установлены внутри клеммной коробки. На нижней панели клеммной коробки находится винт заземления блока измерительного.

### **Датчики**

Датчики кондуктометра представляют собой контактную двухэлектродную кондуктометрическую ячейку из нержавеющей стали, в центральном электроде которой размещен датчик температуры. Кондуктометрическая ячейка датчиков ДЭП-01 (рисунок 5.3) и ДЭП-02 выполнена из двух коаксиальных цилиндрических электродов, между которыми помещена изолирующая вставка из фторопласта.

Кондуктометрическая ячейка датчиков ДЭП-03 и ДЭП-04 выполнена в виде цилиндрического центрального потенциального электрода с отверстием по оси цилиндра для протока контролируемой среды, изолированного с торцов двумя вставками из фторопласта. Внешние заземленные электроды ячеек являются одновременно корпусом датчиков.

Конфигурация и размеры проточных полостей датчиков определяют значение кондуктометрической константы ячейки.

Подвод и слив контролируемой среды осуществляется с помощью резьбовых штуцеров, приваренных к корпусу датчика.

### **Панель Н-фильтра**

Панель Н-фильтра выполнена в виде металлической пластины, на которой установлены Н-катионитовый фильтр с запорными вентилями и датчик.

### **Использование по назначению**

Монтаж и обслуживание кондуктометра имеют право производить только лица, знакомые с руководством по эксплуатации прибора и с правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок. Кондуктометр подлежит монтажу в помещении, защищенном от вибрации, прямых солнечных лучей, пыли и влаги. В месте установки кондуктометра не должно быть источников сильных магнитных и электрических полей и тепла. Окружающий воздух не должен содержать паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

Датчик и корпус измерительного блока должны быть соединены с контуром заземления, сопротивление которого не должно превышать 4 Ома, одним (без



стыков) медным проводом сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup> сопротивлением не более 0,1 Ом. Последовательное включение в заземляющий провод нескольких заземляемых элементов запрещается. Клеммы заземления не должны использоваться для закрепления каких-либо проводов. Подсоединение заземляющего провода должно производиться до включения кондуктометра в сеть, отсоединение - после его отключения.

### **Подготовка кондуктометра к использованию**

Датчик кондуктометра монтируют на вертикальной плоскости, отклонение оси штуцеров от вертикали не должно превышать 5 градусов. Подвод пробы монтируют сваркой трубки из нержавеющей стали к входному (нижнему) штуцеру блока. Слив пробы должен быть свободным. Рекомендуется установить в верхней части сливной трубки открытый тройник, предотвращающий работу датчика под разрежением. При наличии панель Н-фильтра монтируют на вертикальной плоскости. Подвод пробы монтируют сваркой трубки из нержавеющей стали к входному штуцеру фильтра.

Измерительный блок монтируют в окне щита или на стене. Монтаж электрических связей кондуктометра выполняют в соответствии со схемой соединений. Измерительный блок и датчик устанавливают на расстоянии не более чем 100 метров.

### **Использование кондуктометра**

После включения прибора сетевым выключателем на графическом дисплее отображается логотип фирмы "Атреко". Одновременно происходит процесс инициализации программы, измерительной схемы, выходных токов и реле уставок. После успешного завершения этого процесса будет выдан двухтональный звуковой сигнал, при этом все реле уставок будут выключены и обнулена цепь выходного тока. После инициализации длительностью около 5 с прибор переходит в режим измерений и на дисплее отображается следующая информация:

- основной измеряемый параметр (крупными цифрами);
- единицы измерений;
- текущая температура пробы ( малыми цифрами);
- температура приведения или состав водного раствора;
- состояние выходных реле в виде условных пиктограмм: первая (левая) пиктограмма относится к реле 1, вторая (правая) к реле 2

Ниже, на рисунке 5.2 приведён пример возможного состояния дисплея.



Рисунок 5.2. Пример возможного состояния дисплея кондуктометра

### Меню "Калибровка"

При входе в подменю "Калибровка" на дисплей выводится меню, содержащее следующие строки:

- "Константа А" и значение постоянной ячейки;
- "Константа RT" и значение сопротивления термодатчика при 25°C;
- "Коррекция А по УЭП" и текущее значение проводимости, не приведенной к температуре, равной 25 °C;
- "Коррекция RT по t" и текущее значение температуры.

Калибровка прибора сводится к установке кондуктометрической константы ячейки и значения сопротивления термодатчика при температуре, равной 25 °C. Константу ячейки можно установить двумя способами:

Непосредственно. Выделить пункт "Константа А" и нажать кнопку "Ввод", в появившемся окне ввода ввести численное значение константы.

Косвенно. Выделить пункт "Коррекция А по УЭП" и нажать кнопку "Ввод". В появившемся окне ввода ввести значение текущей проводимости раствора, измеренное образцовым кондуктометром. По новому значению УЭП прибор рассчитает и запишет в память новое значение константы ячейки. Если в результате расчета новое значение константы выйдет за допустимые пределы (0,001-20) появится сообщение "Ошибка" и прибор перейдет снова в режим ввода.

### Меню "Настройка". Установка единиц измерений

Режим работы прибора определяется выбранными единицами измерений. В меню "Настройка" в пункте "Ед. измер." можно выбрать следующие единицы измерений:

Режим кондуктометра - мкСм/см, мСм/см, МОм\*см, КОм\*см.

Режим концентратомера - ммоль/л, моль/л, мкг/л, мг/л, г/л.

По результатам измерений прибор произведет пересчет УЭП в выбранные единицы измерений по соответствующим закономерностям. Выбранные единицы измерений относятся ко всем числовым значениям, устанавливаемым в настройках реле уставок и выходного тока.

## **Установка режима термокомпенсации**

При работе прибора в режиме кондуктометра в пункте "Термокомп." задают следующие параметры: "Режим" - включение или отключение режима термокомпенсации; "ТПривед." - температура приведения в пределах 10 - 70 °С; "ТК" - температурный коэффициент приведения в пределах от 1,0 до 3.5 %/°С. В режиме концентратомера данный пункт недоступен для редактирования и его настройки не влияют на результат измерений.

## **Выбор состава раствора**

При работе прибора в режиме концентратомера в пункте "Раствор" выбирают химическое вещество, по которому производится расчет концентрации. В режиме кондуктометра данный пункт недоступен для редактирования и его настройки не влияют на результат измерений.

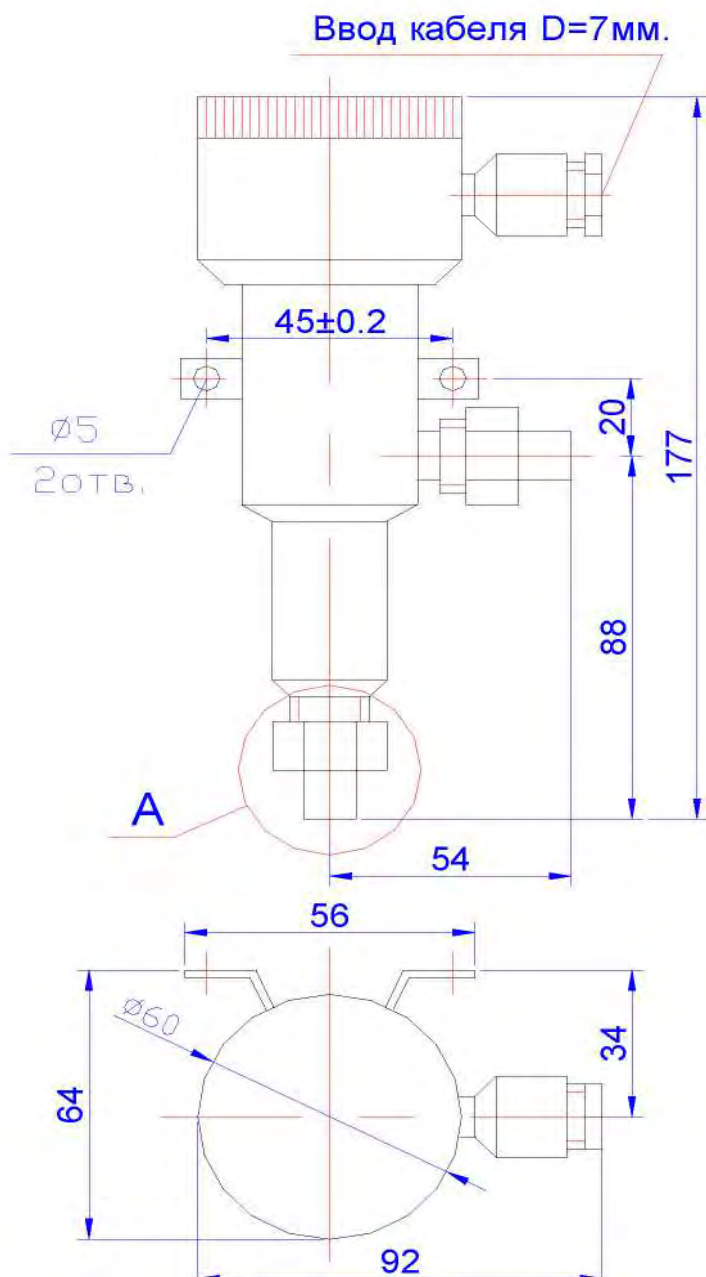
## **Техническое обслуживание**

Техническое обслуживание кондуктометра в процессе эксплуатации носит предупредительный характер и подразделяется на три вида: профилактические работы (визуальный осмотр, очистка); проверка работоспособности и поверка (калибровка).

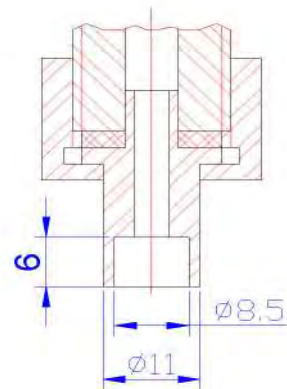
Первые два вида технического обслуживания могут производиться потребителем самостоятельно. Периодичность их не регламентируется и определяется условиями и интенсивностью использования.

Специалисты, допускаемые к работе по техническому обслуживанию, должны иметь соответствующую техническую квалификацию и ежегодно проходить проверку знаний техники безопасности.

На рисунке 5.3 показан датчик кондуктометрический ДЭП-01.



**A**  
Ниппель под сварку



**A**  
Ниппель под трубку  
ПВХ 7×1,5

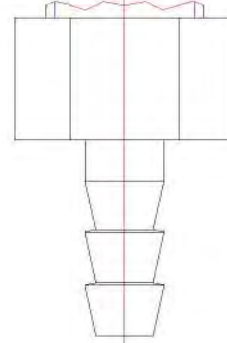


Рисунок 5.3. Датчик кондуктометрический ДЭП-01.

## 5.2 Концентратомер АТЛАНТ 1211



Рисунок 5.4 Внешний вид концентратомера АТЛАНТ 1211

Концентратомер кондуктометрический предназначен для контроля концентрации растворов кислот и щелочей, измерений температуры растворов. Вид датчика – электродный.

Концентратомер обеспечивает представление результатов измерений в единицах условной концентрации растворенных веществ (мкг/дм<sup>3</sup>, моль/л, %).

Контролируемая среда - вода, жидкие среды, не вызывающие коррозии нержавеющей стали и не разрушающие материалы конструкции датчиков.

Параметры контролируемой среды:

- температура - от плюс одного до плюс 95 °С;
- давление - до 1,2 МПа;
- расход среды при свободном сливе - от 3 до 10 дм<sup>3</sup> /час, содержание взвешенных твердых частиц не более 5,0 мг/кг.

Диапазоны измерений:

значений концентрации щелочи NaOH от 0,001 до 10,0 % или от 0,01 до 100,0 г/дм<sup>3</sup> или 0,25 до 2,5 ммоль/л;

значений концентрации кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> от 0,01 до 10,0 % или от 0,1 до 100,0 г/дм<sup>3</sup> или 1 до 1020 ммоль/л;

значений концентрации кислоты HCl от 0,01 до 4,5 % или от 0,1 до 45,0 г/дм<sup>3</sup> или 2,7 до 1234 ммоль/л;

- температуры контролируемой среды - от нуля до 95 °С.

Концентратомер обеспечивает:

- автоматическое приведение результатов измерений к выбранной температуре приведения в пределах от плюс одного до плюс 60 °С;
- в зависимости от модификации один, два или три канала выходных унифицированных сигналов постоянного тока 0-5, 0-20, 4-20 и стандартизованные цифровые интерфейсные сигналы, например RS 485, шкалы выходных сигналов могут устанавливаться линейными или логарифмическими;
- установку линейной шкалы выходного тока с возможностью установки любых значений шкалы в диапазоне измерений;
- сигнализацию выхода измеренного значения контролируемого параметра ниже и выше установленных по выбору пределов двумя независимыми группами переключающих контактов с током нагрузки до 2 А напряжением 220 В;
- удаленность датчиков от трансмиттера до 100 метров при использовании измерительного провода КММФЭл-3;
- работу с датчиками других производителей по дополнительному заданию.

Метрологические характеристики:

- предел допускаемой основной относительной погрешности измерений концентрации растворов кислот и щелочей при температуре окружающей среды (20 + 5) °С - не более 5,0 %;
- предел допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры - не более  $\pm 0,3$  °С;
- время установления рабочего режима после включения - не более 5-ти мин.

Средний срок службы концентратомера до капитального ремонта с учетом регламентируемого паспортом технического обслуживания не менее 10 лет.

## 5.3 рН - метр промышленный АТЛАНТ 2101

### Назначение и область применения



Рисунок 5.5 Внешний вид рН-метра АТЛАНТ 2101

pH-метр предназначен для потенциометрических измерений водородного показателя (pH) и окислительно-восстановительных потенциалов (Eh) воды (в том числе и высокой степени очистки) и водных растворов.

Контролируемая среда - вода, водные и неводные растворы веществ, не вызывающие коррозии нержавеющей стали и не разрушающие материалы конструкции датчиков.

pH-метр предназначен для работы в составе систем автоматического контроля и управления или для автономного применения в теплоэнергетике, химической, и других областях промышленности.

pH-метр состоит из соединенных кабелем блока измерительного и датчика. Блок измерительный pH-метра выпускается в корпусе для монтажа на щите или на стене. В зависимости от заказа pH-метр комплектуется четырьмя типами датчиков: проточным, магистральным, погружным и типа «циклон».

По защищенности от воздействия окружающей среды pH-метр относится к пылеводозащищенному исполнению по ГОСТ 12997 (степень защиты по ГОСТ 14254-96-IP65).

Параметры среды, контролируемой pH-метром:

- температура С..... от плюс 5 до плюс 60;
- плотность, кг/дм<sup>3</sup>..... до 1,2;
- жесткость, мкг-экв/кг..... до 500;
- концентрация солей основного ионного состава, г/кг ..... 40;
- концентрация примесей в массовых долях, не более:
- ионов железа и меди, мкг/кг ..... 500;
- гидразина, мкг/кг ..... 60;
- ионов натрия, мкг/кг ..... 150;
- кремниевой кислоты, мкг/кг ..... 200;
- ионов аммония, мкг/кг..... 1000;
- взвешенных веществ, мг/кг: ..... 5;
- при использовании датчика «циклон», мг/кг ..... 500.

Рабочие условия применения:

- температура, °С.....от минус 10 до плюс 50;
- относительная влажность воздуха при температуре 35 °С, не более, %...95;
- давление, кПа ..... от 66 до 106,7.

Напряжение питания от 187 до 242 В или от 30,6 до 39,6 В, частота 50 ± 2 Гц.

### Технические характеристики

Диапазоны измерений:

- водородного показателя, pH .....от 0,00 до 14,00;
- ЭДС электродной системы, мВ, .....от минус 2500 до плюс 2500;
- температуры контролируемой среды, °С..... от 0 до плюс 100.

pH-метр при измерении pH пробы со значениями pH от 0 до 10 и температуры

от плюс 15 до плюс 50°C обеспечивает автоматическое приведение показаний к температуре 25°C.

pH-метр имеет два канала выходных унифицированных сигналов постоянного тока 0-5, 0-20, 4-20 по ГОСТ 26.011 или, по заказу, один канал постоянного тока и один канал - стандартизованный цифровой интерфейс, например RS 485.

pH-метр обеспечивает сигнализацию выхода измеренного значения контролируемого параметра ниже и выше установленных по выбору пределов двумя независимыми группами переключающих контактов с током нагрузки до 3 А напряжением 220 В.

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности pH-метра при температуре окружающей среды  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , сопротивлении измерительного электрода от 0 до 1000 МОм, сопротивлении электрода сравнения от 0 до 20 кОм при измерении:

- pH, при температуре контролируемой среды  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$  .....  $\pm 0,05$ ;
- ЭДС, мВ, при температуре контролируемой среды  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$  .....  $\pm 2$ ;
- температуры,  $^\circ\text{C}$ .....  $\pm 0,5$ .

Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерений при изменении температуры контролируемой среды от температуры  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$  на каждые  $10 ^\circ\text{C}$  в диапазоне температур от плюс 5 до плюс  $60 ^\circ\text{C}$ , при измерении pH  $\pm 0,01$ .

Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерений в режиме приведения к заданной температуре при изменении температуры контролируемой среды от температуры приведения на каждые  $10 ^\circ\text{C}$  в диапазоне температуры от плюс 5 до плюс  $60 ^\circ\text{C}$ , при измерении pH .....  $\pm 0,02$ ;

Время установления рабочего режима после включения, мин.....5.

Потребляемая мощность, ВА, не более .....20.

## **Устройство и работа**

Принцип работы pH метра основан на потенциометрическом методе измерений pH - зависимости напряжения на выходе электродной системы от pH. pH-метр состоит из датчика и блока измерительного, соединенных кабелем.

### **Блок измерительный**

Блок измерительный размещен в корпусе с прозрачной герметичной крышкой. Конструктивное исполнение корпуса возможно в двух вариантах: для утопленного щитового монтажа и для монтажа на стене.

На лицевой панели блока под крышкой размещены:

- окно жидкокристаллического графического дисплея с подсветкой;
- шесть кнопок без фиксации для первоначальной настройки и калибровки прибора, а также для управления работой в штатном режиме в соответствии с указаниями меню программы встроенного микропроцессорного устройства.



Элементы схемы блока измерительного смонтированы на съемных печатных платах.

Клеммная коробка, предназначенная для подключения к блоку измерительному датчика, цепи электропитания, цепей выходных сигналов и сигнальных релейных контактов, установлена на задней панели блока измерительного для щитового монтажа или в нижней части блока измерительного для монтажа на стене. Выключатель и предохранитель цепи электропитания установлены внутри клеммной коробки. На нижней панели клеммной коробки находится винт заземления блока измерительного.

### Датчики

Устройство и принцип работы проточного датчика. Проточный датчик изготовлен для монтажа на стене и состоит из следующих основных частей, установленных на металлической панели: измерительной ячейки; системы проточного электрода сравнения; системы стабилизации расхода контролируемой воды через измерительную ячейку и соединительной коробки.

В измерительной ячейке по течению контролируемой воды расположены автоматический термокомпенсатор, измерительный рН-электрод, электролитический контакт электрода сравнения и заземляющий электрод.

Система проточного электрода сравнения включает в себя бачок с раствором хлористого калия, ввинченный в бачок вспомогательный электрод ЭСХВ -1 и трубку, соединяющую бачок с электролитическим контактом, который выполнен в виде керамического стержня, впаянного в наконечник стеклянной трубки.

Система стабилизации расхода контролируемой воды через измерительную ячейку состоит из входного вентиля, фильтра механической очистки с защитной сеткой, переливного бачка и пережимного устройства.

На соединительной коробке располагаются клеммы и разъемы для подключения электродов, термокомпенсатора и электронного блока.

В рН-метре предусмотрена возможность измерения рН отдельных проб воды. С этой целью он комплектуется полиэтиленовыми бачками, которые после забора пробы устанавливаются на специальном кронштейне над проточным датчиком, и подсоединяются к штуцеру с помощью полиэтиленовой трубки. При этом с помощью пережимного устройства поддерживается максимально возможный уровень воды в переливном бачке без перелива.

Устройство и принцип работы магистрального датчика. Магистральный датчик состоит из двух аналогичных по конструкции корпусов с четырьмя отверстиями для присоединения к фланцам трубопровода. В верхней части корпуса расположены два штуцера под унифицированное сальниковое соединение для крепления измерительного электрода и электролитического ключа. Аналогично на корпусе установлен автоматический термокомпенсатор. В случае работы рН-метра без режима автоматической термокомпенсации корпус с автоматическим термокомпенсатором может быть исключен из состава датчика.

Устройство и принцип работы погружного датчика. Корпус погружного датчика имеет три трубы, закрепленные на фланце, предназначенном для крепления корпуса к горловине технологической емкости. В нижней части датчика в каждой из трех труб установлены измерительный электрод, электролитический ключ и автоматический термокомпенсатор.

### Использование рН-метра

После включения прибора сетевым выключателем на графическом дисплее отображается логотип фирмы «Атреко». Одновременно происходит процесс инициализации программы, измерительной схемы, выходных токов и реле уставок. После успешного завершения этого процесса будет выдан двухтональный звуковой сигнал, при этом реле уставок будут выключены и обнулена цепь выходного тока. После инициализации следует калибровка измерительной схемы и начинаются циклы измерений. Длительность цикла инициализации и калибровки составляет около 10-ти секунд. Каждый цикл измерений длится около 2,5 секунд. В циклах измерений на дисплее отображается следующая информация:

- основной измеряемый параметр (рН(t) или рН(25) или мВ) крупными цифрами, в центре дисплея; в верхней строке индицируется режим работы - «Приведение выкл.» для рН(t), «Приведение к 25°C» для рН(25), «Милливольтметр» для мВ;
- температура пробы, меньшими цифрами, справа ниже от основного измеряемого параметра;
- состояние выходных реле уставок - в левом верхнем углу, в виде условных пиктограмм. Первая (левая) пиктограмма относится к реле1, вторая (правая) к реле2;
- в нижней части дисплея над кнопкой «ВВОД» выводится надпись «Меню», напоминающая пользователю, что вход в режим настроек и калибровок осуществляется путём нажатия на кнопку «ВВОД».

Ниже приведён пример возможного состояния дисплея.



Рисунок 5.6 Внешний вид дисплея рН-метра

Как видно из рисунка 5.6, прибор работает в режиме измерений рН(25), т.е. приведённых к 25°C значений рН, реле 1 установлено в режим превышения порога по рН, реле 2 установлено в режим уставки по температуре. Пороги обеих уставок менее текущих показаний, поэтому оба реле находятся в выключенном состоянии.

### **Назначение клавиш клавиатуры пользователя**

Клавиатура пользователя расположена под дисплеем и состоит из 6-ти клавиш. Нажатие клавиш подтверждается звуковым сигналом. Клавиши имеют следующее назначение:

Клавиша «ВВОД» - выполняет функции входа в основное меню, ввода числовых значений и списочных параметров.

Клавиша «Отмена» - выполняет функции отмены ввода числа, отмены ввода списочного параметра, переход на предыдущий пункт меню и выход из основного меню в режим измерений.

Клавиши «<=>» и «=>» выполняют функции выхода в предыдущую группу и входа в последующую группу меню, соответственно, а также служат для выбора разряда при вводе числа и для выбора знакового разряда. Клавиша «<=>» может использоваться для выхода из основного меню. В режиме ввода числа, под разрядом числа, подлежащим изменению, включается мигающий курсор, который может передвигаться при помощи клавиш «<=>» и «=>».

Клавиши «ft» и «И» предназначены для выбора строки в выбранной ранее группе меню, служат для увеличения или уменьшения выбранного разряда числа в режиме ввода числа, а также используются для перемещения десятичной запятой и изменения знака числа, при вводе отрицательных чисел. Для перемещения десятичной запятой необходимо установить курсор под символ запятой, после чего клавишами «ft» и «И» можно перемещать запятую вправо или влево, соответственно, что соответствует увеличению или уменьшению числа в 10 раз при перемещении на одно знакоместо. Если вводимое число может принимать отрицательное значение, то пользователю даётся возможность изменять знак вводимого числа. При вводе знакопеременных чисел перед числом, подлежащим изменению, выводится символ «+» или «-». Для изменения знака необходимо установить курсор под символом знака числа, после чего каждое нажатие на клавишу «ft» или «U» приводит к смене знака вводимого числа.

### **Основное меню**

Для входа в основное меню пользователю необходимо нажать клавишу «ВВОД» и удерживать её до звукового подтверждения и появления основного меню на дисплее. Длительность удержания нажатой клавиши «ВВОД» может составлять до одной с в зависимости от цикла работы, в котором находится прибор. При работе с меню реле уставок остаются в том состоянии, которое было непосредственно перед входом в меню, а цепь выходного тока обнуляется. При этом на дисплее сохраняется индикация состояния реле и наличие или отсутствие приведения к

25°C. Вид основного меню показан на рисунке 5.7.



Рисунок 5.7 Основное меню.

Как видно из рисунка 5.7, все пункты основного меню содержат вложения, т.е. из каждой строки основного меню возможен переход в следующее подменю путём нажатия клавиши «=>». Возврат из основного меню в режим измерений осуществляется путём нажатия клавиши «<=>» или «Отмена». Выбор строки основного меню осуществляется клавишами «ft» или «И». В нижней части дисплея выводится информация о текущей версии программного обеспечения (далее ПО). Такая же информация содержится на титульном листе «Руководства по эксплуатации». Перед работой с прибором пользователю необходимо убедиться, что номер версии ПО, приведённый на титульном листе руководства, совпадает с номером версии ПО прибора. Порядок получения новых версий ПО приведен в руководстве по эксплуатации. Основное меню предоставляет пользователю производить следующие операции:

«Калибровка» - калибровка милливольтметра, калибровка рН электрода по буферным растворам, калибровка датчика температуры;

«Настройка» - установка единиц измерений, значений уставок и параметров выходного тока;

«Электрод» - установка параметров электродной системы.

### **Установка параметров электродной системы**

При выпуске прибор настроен согласно приложению «Заводские настройки». Пользователь может произвести все калибровки, изменить настройки, однако изменение параметров электрода необходимо осуществлять только при смене типа электродной системы. ООО «Атреко» оставляет за собой право применять любые типы электродных систем, различных производителей, не ухудшающие метрологических характеристик прибора. Пользователь может потребовать укомплектовать прибор необходимым типом электродной системы.

## Меню «Калибровка»

Данное меню позволяет пользователю выбрать канал измерений, подлежащий калибровке, а также откалибровать электродную систему по буферным растворам и произвести калибровку термодатчика. Для входа в это меню необходимо в основном меню выделить клавишами «ft» или «И» строку «Калибровка» и при помощи нажатия на клавишу «=>» перейти в следующее меню. Вид меню «Калибровка» приведён ниже на рисунке 5.8.

Пользователю предлагается производить калибровку канала измерения рН в последовательности, указанной в меню «Калибровка» - т.е. сначала откалибровать милливольтметр, а затем электродную систему по буферным растворам. Калибровку электродной системы следует производить только при откалиброванном термодатчике. В меню калибровка термодатчика находится на последнем месте.

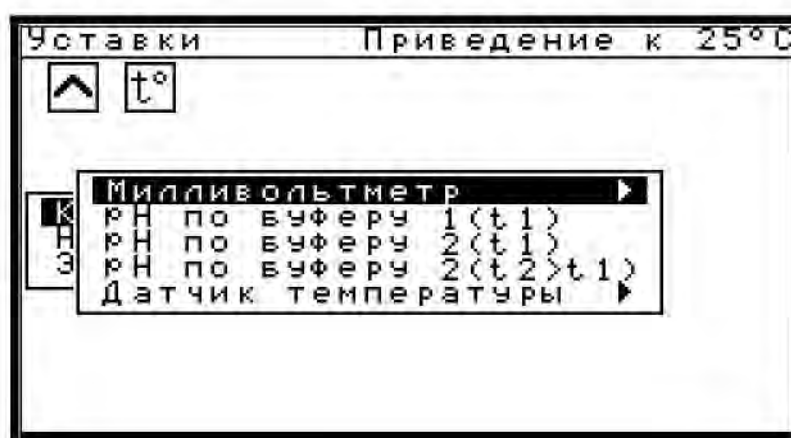


Рисунок 5.8 Вид меню «Калибровка»

Для всех видов калибровки необходимо выполнение следующей последовательности.

Калибровку осуществляют после 15-ти минут прогрева прибора. Перед входом в меню калибровок убеждаются в стабилизации показаний калибруемого параметра. В случае невозможности показаний калибруемого параметра выдерживают паузу (10-20 с при калибровке милливольтметра, 3-5 минут для остальных параметров) после начала воздействия на калибруемый параметр, после чего производят калибровку.

После окончания калибровки возвращаются в режим измерений и проводят один цикл измерений для получения нового результата с новыми коэффициентами. Новый результат должен совпасть с введённым значением при калибровке.

### Калибровка электродной системы

Калибровку электродной системы осуществляют из меню «Калибровка». ПО прибора предоставляет пользователю возможность автоматической калибровки по двум буферным растворам, возможность калибровки по результатам химического

анализа и возможность калибровки по нагретому второму буферному раствору. В случае использования буферных растворов значение рН буферного раствора при заданной температуре калибровки определяется автоматически.

Схема установки для проверки блока измерительного рН-метра показана на рисунке 5.9.

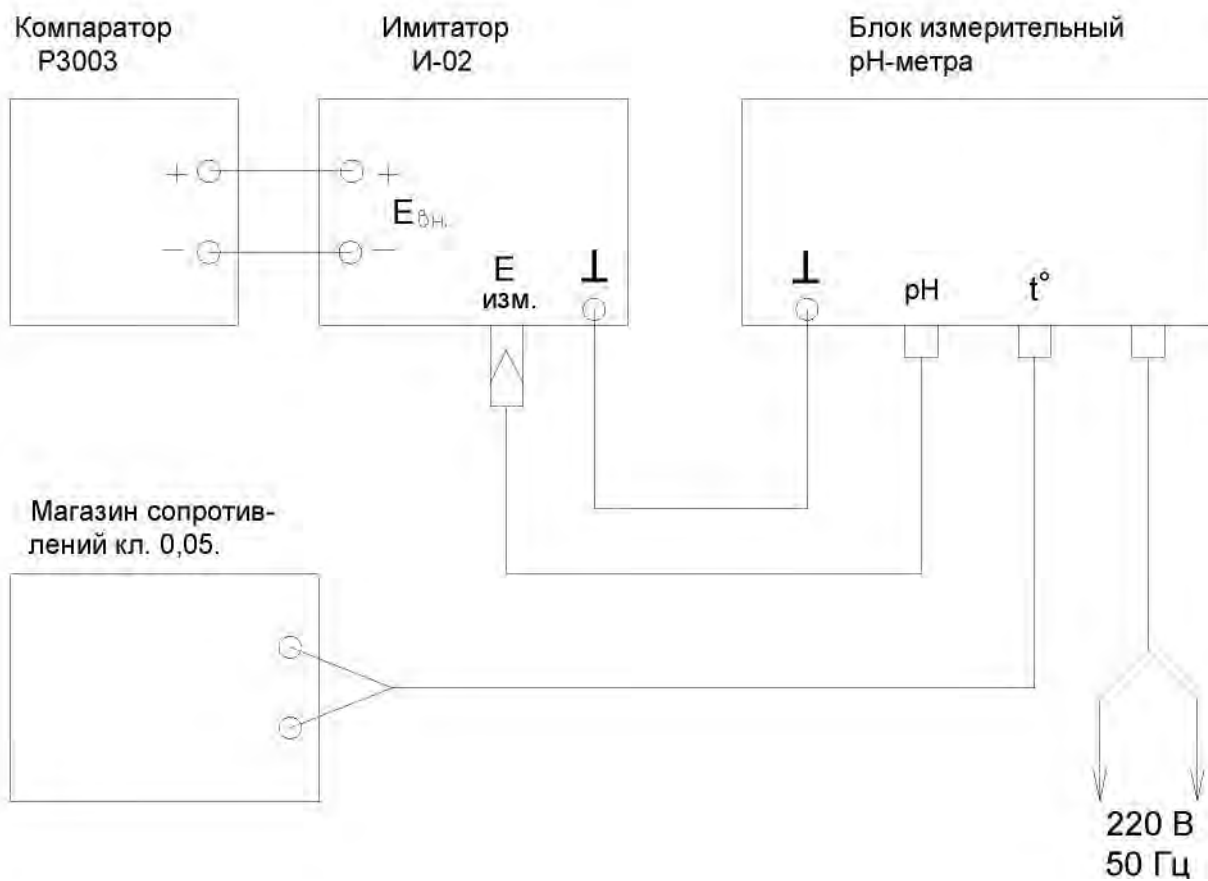


Рисунок 5.9 Схема установки для проверки блока измерительного рН-метра

## 5.4 Кислородомер АТЛАНТ 3101

### Назначение и область применения



Рисунок 5.10 Внешний вид кислородомера АТЛАНТ 3101

Кислородомер предназначен для измерений концентрации молекулярного кислорода, растворенного в контролируемой среде, и температуры контролируемой среды, цифровой индикации и преобразования результатов измерений в стандартный выходной токовый сигнал и (или) в один из стандартизованных цифровых интерфейсных сигналов.

Контролируемая среда - вода, жидкие среды, не разрушающие материал мембранного датчика кислородомера.

Кислородомер предназначен для работы в составе систем автоматического контроля и управления или для автономного применения в теплоэнергетике, химической, нефтяной и других областях промышленности.

Кислородомер состоит из блока измерительного и датчика.

Блок измерительный выпускается для монтажа на щите или на стене.

Параметры контролируемой воды:

- температура °С.....от плюс 1 до плюс 60;
- расход среды при свободном сливе, дм<sup>3</sup>/час ..... от 3 до 10;
- содержание взвешенных твердых частиц не более, мг/кг ..... 5;

Рабочие условия применения:

- температура, °С.....от минус 10 до плюс 50;
- относительная влажность воздуха, %, при температуре 35 °С не более 95;
- давление, кПа..... от 66 до 106,7;

Напряжение питания от 187 до 242 В или от 30,6 до 39,6 В, частота 50 ± 2 Гц.



## Технические характеристики

Диапазоны измерений:

концентрации молекулярного кислорода, растворенного в контролируемой среде, мкг/дм<sup>3</sup>: ..... от 0 до 20 000;

температура контролируемой среды, °С ..... от 0 до плюс 100.

Кислородомер имеет два канала выходных унифицированных сигналов постоянного тока и стандартизованный цифровой интерфейс, например RS 485.

Кислородомер обеспечивает установку соответствия минимального и максимального значений выходного сигнала любым значениям измеряемого параметра контролируемой среды в пределах диапазона измерений.

Кислородомер обеспечивает сигнализацию выхода измеренного значения контролируемого параметра ниже и выше установленных по выбору пределов, а также превышение температуры контролируемой среды двумя независимыми группами переключающих контактов с током нагрузки до 3 А напряжением 220 В.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений концентрации растворенного кислорода при температуре контролируемой среды  $(20 \pm 0,2) ^\circ\text{C}$  и температуре окружающей среды  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$  составляют в %

$$\pm \left( \frac{200}{C} + 4 \right)$$

где  $C$  - измеренное значение, мкг/дм<sup>3</sup>.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С .....  $\pm 0,3$ .

Предел допускаемой дополнительной погрешности измерений концентрации растворенного кислорода при изменении температуры контролируемой среды на каждые 10 °С в диапазоне температуры от плюс одного до плюс 60 °С - не более предела допускаемой основной относительной погрешности.

Предел допускаемой дополнительной погрешности измерений концентрации растворенного кислорода при изменении температуры окружающей среды на каждые 10 °С в диапазоне температуры от минус 10 до плюс 50 °С - не более 0,5 предела допускаемой основной относительной погрешности.

Время запаздывания результатов измерений ( $t_{10}$ ), с, не более ..... 30

Время установления выходного сигнала ( $t_{90}$ ), не более, мин ..... 3.

Время установления рабочего режима после включения, не более, мин ..... 5.

Потребляемая мощность, не более, ВА ..... 20.

## Устройство и работа

Работа кислородомера основана на амперометрическом методе измерений закрытой электродной системой.

Контролируемая среда с растворенным в ней молекулярным кислородом поступает в датчик, в котором размещена амперометрическая ячейка - гальванический элемент с внутренним поляризирующим напряжением, создаваемым двумя разнородными по химическому составу электродами в растворе электролита,

отделенном от контролируемой среды тонкой газопроницаемой пленкой (мембраной).

Кислород, благодаря диффузии, проникший через мембрану из контролируемой среды в раствор электролита, вступает в электродной системе в электрохимическую реакцию восстановления. При этом в электродной системе, замкнутой на достаточно малое входное сопротивление измерительного усилителя, протекает ток, пропорциональный концентрации растворенного в контролируемой среде молекулярного кислорода.

Выходной ток датчика во всем диапазоне измеряемых концентраций растворенного в воде кислорода описывается соотношением:

$$I = I_0 + K(I) \times C \times [1 + 0,04 \times (t - 20)], \quad (5.2)$$

где  $I$  - выходной ток датчика;

$I_0$  - остаточный ток (при нулевой концентрации кислорода в пробе);

$K(I)$  - крутизна градуировочной характеристики (наноампер на микрограмм на кубический дециметр);  $C$  - концентрация кислорода ( $\text{мкг/дм}^3$ );  $t$  - температура контролируемой среды в датчике ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Каждый датчик характеризуется собственными значениями параметров  $I_0$  и  $K(I)$ , учитываемыми при калибровке кислородомера.

Текущее значение выходного тока датчика преобразуется в пропорциональное напряжение, которое поступает на вход функционального преобразователя, обеспечивающего необходимые математические преобразования с учетом температуры контролируемой среды и атмосферного давления, измеряемыми встроенными в прибор соответствующими первичными преобразователями.

Результаты измерений концентрации растворенного кислорода и температуры высвечиваются на дисплее и преобразуются в соответствующий выходной сигнал.

Кислородомер состоит из блока измерительного и датчика, соединенных кабелем.

### **Блок измерительный**

Блок измерительный размещен в корпусе с прозрачной герметичной крышкой. Конструктивное исполнение корпуса возможно в двух вариантах: для утопленного щитового монтажа и для монтажа на стене. Тип корпуса блока измерительного оговаривается при заказе прибора.

На лицевой панели блока под крышкой размещены: окно жидкокристаллического графического дисплея с подсветкой; шесть кнопок без фиксации для первоначальной настройки и калибровки прибора, а также для управления работой в штатном режиме в соответствии с указаниями меню программы встроенного микропроцессорного устройства.

Клеммная коробка для подключения к блоку измерительному датчика, цепи электропитания, цепей выходных сигналов и сигнальных релейных контактов

установлена на задней панели блока измерительного для щитового монтажа или в нижней части блока измерительного - для монтажа на стене. Выключатель и предохранитель цепи электропитания установлены внутри клеммной коробки. На нижней панели клеммной коробки находится винт заземления блока измерительного.

### **Датчик**

Датчик кислородомера состоит из пробоотборного устройства и защитного корпуса, в котором размещена мембранная амперометрическая ячейка со встроенным в нее термокомпенсатором.

В пробоотборном устройстве конструктивно объединены входной и выходной трубопроводы, запорное устройство для перекрытия рабочей полости ячейки и переливное устройство для стабилизации давления и расхода контролируемой среды в рабочей полости амперометрической ячейки.

Для соединения датчика с трубопроводом подачи контролируемой среды пробоотборное устройство снабжено ниппелем с гайкой и прокладкой. Слив контролируемой среды из датчика должен быть свободным.

### **Использование по назначению**

После включения прибора сетевым выключателем на графическом дисплее отображается логотип фирмы «Атреко». Одновременно происходит процесс инициализации программы, измерительной схемы, выходных токов и реле уставок. После успешного завершения этого процесса будет выдан двухтональный звуковой сигнал, при этом все реле уставок будут выключены и обнулена цепь выходного тока. После инициализации следует калибровка измерительной схемы и начинаются циклы измерений. Длительность цикла инициализации и калибровки составляет около 10-ти с. Каждый цикл измерений длится около 2,5 секунд. В циклах измерений на дисплее отображается следующая информация:

- основной измеряемый параметр (мкГ, мГ или %Н) крупными цифрами, в центре дисплея;
- температура пробы, меньшими цифрами, справа ниже от основного измеряемого параметра;
- атмосферное давление - в правом верхнем углу, в мм.рт.ст.;
- состояние выходных реле уставок - в левом верхнем углу, в виде условных пиктограмм: первая (левая) пиктограмма относится к реле 1, вторая (правая) к реле 2;
- в нижней части дисплея над кнопкой «ВВОД» выводится надпись «Меню», напоминающая пользователю, что вход в режим настроек и калибровок осуществляется путём нажатия на кнопку «ВВОД».

На рисунке 5.11 приведён пример возможного состояния дисплея.



Рисунок 5.11. Пример возможного состояния дисплея кислородомера.

Как видно из рисунка 5.11, прибор работает в режиме измерений концентрации кислорода, реле 1 установлено в режим превышения порога по концентрации, реле 2 установлено в режим уставки по температуре. Пороги обеих уставок менее текущих показаний, поэтому оба реле находятся в выключенном состоянии.

Для входа в основное меню пользователю необходимо нажать клавишу «ВВОД» и удерживать её до звукового подтверждения и появления основного меню на дисплее. Длительность удержания нажатой клавиши «ВВОД» может составлять до одной с в зависимости от цикла работы, в котором находится прибор. При работе с меню, реле уставок остаются в том состоянии, которое было перед входом в меню, а цепь выходного тока обнуляется. При этом на дисплее сохраняется индикация состояния реле и атмосферного давления. Вид основного меню показан на рисунке 5.12.

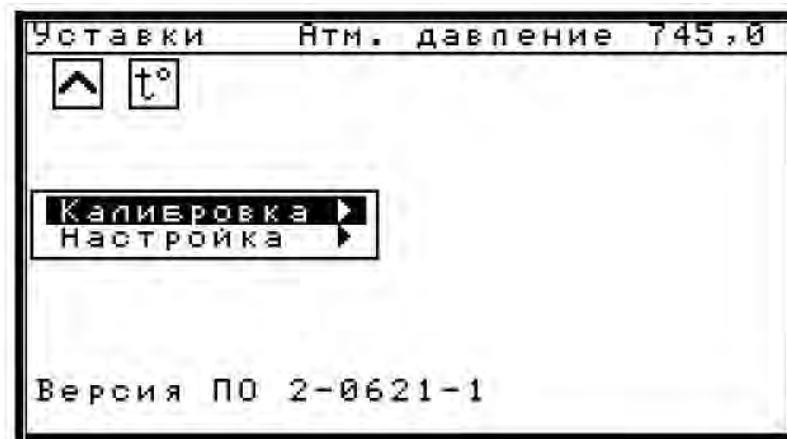


Рисунок 5.12. Вид основного меню кислородомера.

## Меню «Калибровка»

Данное меню позволяет произвести автоматическую калибровку электродной системы кислородомера по двум точкам: насыщенная кислородом вода и бескислородная вода, коррекцию по результатам химического анализа, произвести калибровку термодатчика и датчика давления. Для входа в это меню необходимо в основном меню выделить клавишами «ft» или «И» строку «Калибровка» и при помощи нажатия на клавишу «=>» перейти в следующее меню. Вид меню «Калибровка» приведён ниже на рисунке 5.13.

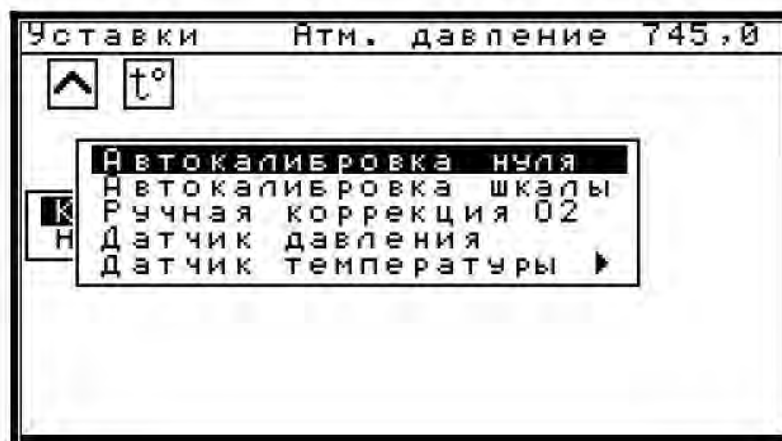


Рисунок 5.13. Меню «Калибровка».

Пользователю предлагается производить калибровку канала измерений концентрации в следующей последовательности: сначала откалибровать датчик давления и термометр (в любой последовательности), а затем амперометрический датчик. Калибровку амперометрического датчика следует производить только при откалиброванном термодатчике и датчике давления. Однако так как выполнить их новую калибровку требуется достаточно редко, то в меню калибровка термодатчика и датчика давления находятся на последнем месте. Для калибровки необходимо выполнить следующие действия.

Калибровку осуществлять после 15-ти минутного прогрева прибора.

Перед входом в меню калибровок убедиться в стабилизации показаний калибруемого параметра, кроме режима автокалибровки нуля и конца шкалы.

В случае невозможности показаний калибруемого параметра выдержать паузу (3-5 минут для термодатчика и порядка 15 минут для амперометрического датчика) после начала воздействия на калибруемый параметр, после чего производить калибровку. В этом случае необходимо повторить калибровки для получения более точных данных.

Для калибровки того же параметра в другой точке, необходимо выйти из меню, дать необходимое воздействие на калибруемый параметр и повторить все действия.

## 5.5 Натриймер рNa АТЛАНТ 2105



Рисунок 5.14 Внешний вид натриймера АТЛАНТ 2105

Анализатор ионов натрия промышленный предназначен для потенциометрических измерений концентрации ионов натрия воды и водных растворов.

Натриймер представляет результаты измерений в единицах  $\text{мг/дм}^3$ , мВ.

Контролируемая среда - вода, водные и неводные растворы веществ, не вызывающие коррозии нержавеющей стали, деформацию пластмасс и не разрушающие материалы конструкции гидроблока и арматуры с измерительными электродами.

Параметры контролируемой среды:

- температура - от плюс 5 до плюс 60 °С;
- расход среды при свободном сливе - от одного до 10  $\text{дм}^3$  /час;
- содержание взвешенных твердых частиц не более 5,0 мг/кг.

Диапазоны измерений:

- массовой концентрации ионов натрия от 0,001 до 100,0  $\text{мг/дм}^3$ ;
- ЭДС электродной системы - от минус 2500 до плюс 2500 мВ;
- температуры контролируемой среды - от одного до 95 °С.

Натриймер обеспечивает:

- установку линейной шкалы выходного тока с возможностью установки любых значений шкалы в диапазоне измерений;
- установку соответствия нижнего предела выходного сигнала измеряемому значению концентрации ионов натрия - любое значение от 0,1 до 99,99  $\text{мг/дм}^3$  и ЭДС электродной системы - от минус 2500 до плюс 2499 мВ;
- установку соответствия верхнего предела выходного сигнала измеряемому значению концентрации ионов натрия - любое значение от 0,1 до 100,0  $\text{мг/дм}^3$  и ЭДС электродной системы - от минус 2499 до плюс 2500 мВ;

- сигнализацию выхода измеренного значения контролируемого параметра установленных по выбору пределов двумя независимыми группами переключающих контактов с током нагрузки до 2 А напряжением 220 В;
- световую сигнализацию при уменьшении ионов натрия в контролируемой среде измерительной ячейки ниже установленного значения в диапазоне от 0,1 до 100 мг/дм<sup>3</sup>;
- удаленность гидроблока от трансмиттера до 100 метров при использовании измерительного провода КММФЭл-3;
- работу с магистральной, погружной, вихревой арматурой, а также с датчиками других производителей по дополнительному заданию.

Метрологические характеристики:

- предел допускаемой основной относительной погрешности натриймера при измерении массовой концентрации ионов натрия при температуре контролируемой среды (20 + 0,2) °С и температуре окружающей среды (20 + 5) °С, не более:

где С - измеренное значение, мкг/дм<sup>3</sup>;

- предел допускаемой абсолютной погрешности измерения ионов натрия - 4% ;
- предел допускаемой абсолютной погрешности измерения водородного показателя - + 0,1 рН;
- предел допускаемой абсолютной погрешности измерения ЭДС (Еh) при 20 °С - + 2 мВ;
- предел допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры - не более + 0,3 °С.

Время установления рабочего режима после включения - не более 5-ти мин.

### **Порядок работы с прибором**

После включения прибора сетевым выключателем на графическом дисплее отображается логотип фирмы "Атреко", одновременно происходит процесс инициализации программы, измерительной схемы, выходных токов и реле уставок. После успешного завершения этого процесса будет выдан двухтональный звуковой сигнал, при этом все реле уставок будут выключены и обнулена цепь выходного тока. После инициализации следует калибровка измерительной схемы и начинаются циклы измерений. Длительность цикла инициализации и калибровки составляет около 10 с. Каждый цикл измерений длится около 2,5 с. В циклах измерений на дисплее отображается следующая информация:

- основной измеряемый параметр (pNa или cNa) крупными цифрами, в центре дисплея; в верхней строке индицируется режим работы - "Активность pNa" для pNa, "Концентрация Na" для cNa;
- "Милливольтметр Na" и "Милливольтметр pH" для режимов измерений мВ. Режим мВ не является основным, а необходим только для калибровки каналов;
- температура пробы, меньшими цифрами, справа ниже от основного измеряемого параметра;
- pH пробы, для определения степени подщелачивания пробы, меньшими цифрами, слева ниже от основного измеряемого параметра;
- состояние выходных реле уставок - в левом верхнем углу, в виде условных пиктограмм; первая (левая) пиктограмма относится к реле 1, вторая (правая) - к реле 2;
- в нижней части дисплея над кнопкой "ВВОД" выводится надпись «Меню», напоминающая пользователю, что вход в режим настроек и калибровок осуществляется путём нажатия на кнопку "ВВОД".

Ниже приведён пример возможного состояния дисплея.



Рисунок 5.15 Состояние дисплея в режиме измерений.

Как видно из рисунка 5.15, прибор работает в режиме измерений концентрации Na, реле 1 установлено в режим превышения порога по концентрации Na, реле 2 установлено в режим уставки по pH. Порог по Na меньше текущих показаний, порог pH больше текущих показаний, поэтому оба реле находятся в выключенном состоянии.

### Общие принципы при работе с меню

Набор клавиш в приборе позволяет пользователю производить все действия по настройке, калибровке и тестированию. Меню построено таким образом, что исключает ввод некорректных значений и предупреждает оператора о неправильных действиях. Если производить настройку и калибровку прибора по цепочке, предлагаемой последовательностью меню, то это гарантирует полную и правильную настройку и калибровку



прибора. В некоторых случаях пользователю не разрешается входить в какие либо пункты меню, если не произведены настройки, которые должны быть выполнены ранее. Так, например, нельзя установить порог уставки, при не выбранных единицах измерений или выключенной уставке.

### Основное меню

Для входа в основное меню пользователю необходимо нажать клавишу "ВВОД" и удерживать её до звукового подтверждения и появления основного меню на дисплее. Длительность удержания нажатой клавиши "ВВОД" может составлять до одной с в зависимости от цикла работы, в котором находится прибор. При работе с меню реле уставок остаются в том состоянии, которое было непосредственно перед входом в меню, а цепь выходного тока обнуляется. При этом на дисплее сохраняется индикация состояния реле и индикация текущего режима работы. Вид основного меню показан на рисунке 5.16.



Рисунок 5.16. Вид основного меню.

Калибровка – калибровка милливольтметра, калибровка pH по буферным растворам, калибровка датчика температуры.

Настройка - установка единиц измерений, уставок и выходного тока.

Электрод Na - установка параметров электродной системы Na.

Электрод pH - установка параметров электродной системы pH.

### Калибровки электродной системы

Калибровки электродной системы осуществляются из меню "Калибровка". Программное обеспечение прибора предоставляет пользователю возможность автоматической калибровки канала Na по двум растворам с известной концентрацией Na, и возможность калибровки канала pH по буферному раствору 9,18.

Для калибровки pH электродной системы прибора необходимо подготовить буферный раствор со значением 9,18 (при 25 °C), иначе автоматическая калибровка будет невозможна.

Порядок калибровки электродной системы рН:

Промыть электрод электролитический контакт и термодатчик в дистиллированной или обессоленной воде и поместить их в буферный раствор. Дождаться стабилизации показаний рН и температуры.

В меню "Калибровка" клавишами "IT" или "U" выделить строку "рН по буферу 9.18 и нажать клавишу "ВВОД".

В появившемся в нижней части экрана окне ввода будет выведено значение рН используемого буфера при данной температуре. Если значение буферного раствора удовлетворяет пользователя, то для окончания калибровки необходимо нажать клавишу "ВВОД". В противном случае, пользователь должен ввести значение рН по химическому анализу и нажать клавишу "ВВОД".

Нажатием клавиш "<=" или "Отмена" выйти из меню в режим измерений.

После отмывки электродов и измерительной ячейки прибор готов для выполнения калибровки канала Na.

Калибровка канала Na осуществляется при помощи двух растворов с известной концентрацией Na аналогично каналу рН с той лишь разницей, что необходимо провести калибровку по двум точкам. Для этого пользователю необходимо выбрать из меню "Калибровка" клавишами "IT" или "И" строку "Na по буферу 1)" или "Na по буферу 2" (в зависимости от того, первая это калибровка или вторая) и нажать клавишу "ВВОД". При этом в нижней части дисплея будет выведено измеренное значение концентрации, которое пользователь может изменять. После внесения изменений следует нажать клавишу "ВВОД".

## 5.6 Водородомер АТЛАНТ 3103

### Назначение и область применения



Рисунок 5.17 Внешний вид водородомера АТЛАНТ 3103.

Водородомер предназначен для измерения концентрации молекулярного водорода, растворенного в контролируемой среде, и

температуры контролируемой среды, цифровой индикации и преобразования результатов измерений в стандартный выходной токовый сигнал и (или) в один из стандартизованных цифровых интерфейсных сигналов.

Контролируемая среда - вода, жидкие среды, не разрушающие материал мембранного датчика водородомера.

Водородомер предназначен для работы в составе систем автоматического контроля и управления или для автономного применения в теплоэнергетике и в других областях промышленности.

Водородомер состоит из блока измерительного и датчика.

Блок измерительный выпускается для монтажа на щите или на стене.

### Технические характеристики

#### Диапазоны измерений:

концентрации молекулярного водорода, растворенного в контролируемой среде, мкг/дм<sup>3</sup>: ..... от нуля до 2000;  
температуры контролируемой среды, °С.....от нуля до плюс 80.

Водородомер имеет два канала выходных унифицированных сигналов постоянного тока или, по заказу, один канал постоянного тока и один канал - стандартизованный цифровой интерфейс, например RS 485.

Водородомер обеспечивает установку соответствия минимального и максимального значений выходного сигнала любым значениям измеряемого параметра контролируемой среды в пределах диапазона измерений.

Водородомер обеспечивает сигнализацию выхода измеренного значения контролируемого параметра ниже и выше установленных по выбору пределов, а также превышение температуры контролируемой среды двумя независимыми группами переключающих контактов с током нагрузки до 3 А напряжением 220 В.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений концентрации растворенного водорода при температуре контролируемой среды  $(20 \pm 0,2)$  °С и температуре окружающей среды  $(20 \pm 5)$  °С,

$$\pm \left( \frac{200}{C} + 4 \right), \quad (5.3)$$

где С - измеренное значение, мкг/дм<sup>3</sup>.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры, °С.....±0,3.

Предел допускаемой дополнительной погрешности измерения концентрации растворенного водорода при изменении температуры контролируемой среды на каждые 10 °С в диапазоне температуры от плюс одного до плюс 60 °С не более предела допускаемой основной относительной погрешности.

Предел допускаемой дополнительной погрешности измерения концентрации растворенного водорода при изменении температуры окружающей среды на каждые 10 °С в диапазоне температуры от минус 10 до плюс 50 °С не более 0,5 предела допускаемой основной относительной погрешности.

Время запаздывания результатов измерений, с, не более .....	30
Время установления выходного сигнала, не более, мин .....	3.
Время установления рабочего режима после включения, не более, мин .....	5.
Потребляемая мощность, не более, ВА .....	20.

## Устройство и работа

Работа водородомера основана на амперометрическом методе измерений закрытой электродной системой.

Контролируемая среда с растворенным в ней молекулярным водородом поступает в датчик, в котором размещена амперометрическая ячейка - гальванический элемент с внутренним поляризующим напряжением, создаваемым двумя разнородными по химическому составу электродами в растворе электролита, отделенном от контролируемой среды тонкой газопроницаемой пленкой (мембраной).

Водород благодаря диффузии проникает через мембрану из контролируемой среды в раствор электролита, вступает в электродной системе в электрохимическую реакцию восстановления. При этом в электродной системе, замкнутой на достаточно малое входное сопротивление измерительного усилителя, протекает ток, пропорциональный концентрации растворенного в контролируемой среде молекулярного водорода.

Выходной ток датчика во всем диапазоне измеряемых концентраций растворенного в воде водорода описывается соотношением:

$$I = I_0 + K(I) \times C \times [1 + 0,04 \times (t - 20)], \quad (5.4)$$

где I - выходной ток датчика;

$I_0$  - остаточный ток (при нулевой концентрации водорода в пробе);

$K(I)$  - крутизна градуировочной характеристики (наноампер на микрограмм на кубический дециметр);  $C$  - концентрация водорода ( $\text{мкг/дм}^3$ );  $t$  - температура контролируемой среды в датчике ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Каждый датчик характеризуется собственными значениями параметров  $I_0$  и  $K(I)$ , учитываемыми при калибровке водородомера.

Текущее значение выходного тока датчика преобразуется в пропорциональное ему напряжение, которое поступает на вход функционального преобразователя, обеспечивающего необходимые математические преобразования с учетом температуры контролируемой среды и атмосферного давления, измеряемыми встроенными в прибор соответствующими чувствительными элементами.

Результаты измерений концентрации растворенного водорода и температуры высвечиваются на дисплее и преобразуются в выбранный потребителем выходной сигнал.

Водородомер состоит из соединенных кабелем блока измерительного и датчика.

## **Блок измерительный**

Блок измерительный размещен в корпусе с прозрачной герметичной крышкой. Конструктивное исполнение корпуса возможно в двух вариантах: для утепленного щитового монтажа и для монтажа на стене. Тип корпуса блока измерительного оговаривается при заказе прибора.

На лицевой панели блока под крышкой размещены:

- окно жидкокристаллического графического дисплея с подсветкой;
- шесть кнопок без фиксации для первоначальной настройки и калибровки прибора, а также для управления работой в штатном режиме в соответствии с указаниями меню программы встроеного микропроцессорного устройства.

Датчик водородомера состоит из пробоотборного устройства и защитного корпуса, в котором размещена мембранная амперометрическая ячейка со встроенным в нее термокомпенсатором.

В пробоотборном устройстве конструктивно объединены входной и выходной трубопроводы, запорное устройство для перекрытия рабочей полости ячейки и переливное устройство для стабилизации давления и расхода контролируемой среды в рабочей полости амперометрической ячейки.

Для соединения датчика с трубопроводом подачи контролируемой среды пробоотборное устройство снабжено ниппелем с гайкой и прокладкой. Слив контролируемой среды из датчика должен быть свободным.

## **Использование водородомера**

После включения прибора сетевым выключателем на графическом дисплее отображается логотип фирмы «Атреко». Одновременно происходит процесс инициализации программы, измерительной схемы, выходных токов и реле уставок. После успешного завершения этого процесса будет выдан двухтональный звуковой сигнал, при этом все реле уставок будут выключены и обнулена цепь выходного тока. После инициализации следует калибровка измерительной схемы и начинаются циклы измерений. Длительность цикла инициализации и калибровки составляет около 10 с. Каждый цикл измерений длится около 2,5 с. В циклах измерений на дисплее отображается следующая информация:

- основной измеряемый параметр (мкГ или % Н) крупными цифрами в центре дисплея.
- температура пробы, меньшими цифрами, справа ниже от основного измеряемого параметра;
- атмосферное давление - в правом верхнем углу, в мм.рт.ст.;
- состояние выходных реле уставок - в левом верхнем углу, в виде условных пиктограмм; первая (левая) пиктограмма относится к реле 1, вторая (правая) - к реле 2;
- в нижней части дисплея над кнопкой «ВВОД» выводится надпись

«Меню», напоминая пользователю, что вход в режим настроек и калибровок осуществляется путём нажатия на кнопку «ВВОД». Ниже приведён пример возможного состояния дисплея.



Рисунок 5.18 Состояние дисплея в режиме измерений.

Как видно из рисунка 5.18, прибор работает в режиме измерений концентрации водорода, реле 1 установлено в режим превышения порога по концентрации, реле 2 установлено в режим уставки по температуре. Пороги обеих уставок менее текущих показаний, поэтому оба реле находятся в выключенном состоянии.

### Меню «Калибровка»

Данное меню позволяет произвести автоматическую калибровку электродной системы по двум точкам: насыщенная водородом вода и атмосферный воздух, коррекцию по результатам химического анализа, произвести калибровку термодатчика и датчика давления. Для входа в это меню необходимо в основном меню выделить клавишами «ft» или «И» строку «Калибровка» и при помощи нажатия на клавишу «=>» перейти в следующее меню. Вид меню «Калибровка» приведён ниже на рисунке 5.19.

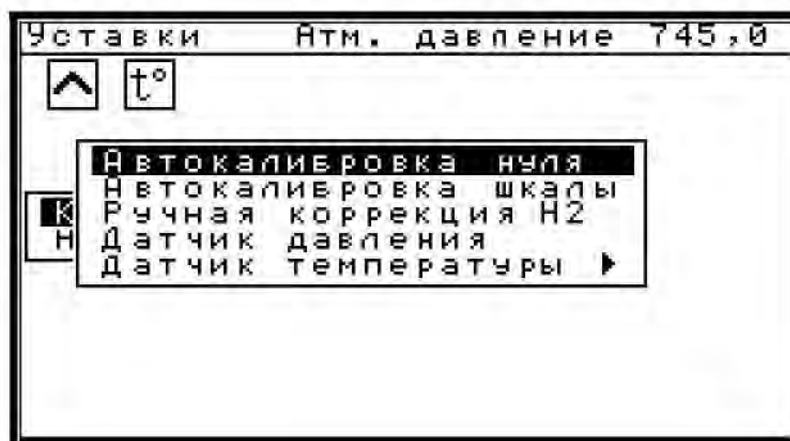


Рисунок 5.19. Меню «Калибровка»

Пользователю предлагается производить калибровку канала измерений концентрации в следующей последовательности: сначала откалибровать датчик давления и датчик температуры (в любой последовательности), а затем амперометрический датчик. Калибровку амперометрического датчика следует производить только при откалиброванных датчиках температуры и давления. Так как повторная калибровка этих датчиков осуществляется достаточно редко, то в меню калибровка термодатчика и датчика давления находятся на последнем месте. Калибровку необходимо выполнять в следующей последовательности:

Калибровку осуществляют после 15-ти минут прогрева прибора.

Убедиться в стабилизации показаний калибруемого параметра.

В случае невозможности показаний калибруемого параметра выдержать паузу в течение от 3-х до 5-ти минут для датчика температуры и порядка 15-ти минут для амперометрического датчика, после чего начинать калибровку. После окончания калибровки вернуться в режим измерений и провести один цикл измерений для получения нового результата с новыми коэффициентами. Для калибровки данного параметра в другой точке необходимо выйти из меню, изменить калибруемый параметр и повторить последовательность калибровки.

### **Калибровка датчика давления**

Для калибровки датчика давления понадобится anerоидный барометр, отградуированный в мм.рт.ст., если же показания барометра в кПа, то для получения значения давления в мм.рт.ст. необходимо умножить их на коэффициент, равный 7,5. Для входа в меню калибровки датчика давления необходимо в меню «Калибровка» выделить клавишами «ft» или «И» строку «Датчик давления» и нажать клавишу «ВВОД». При этом появится окно ввода числовых значений, в котором для модификации будет предложено измеренное значение давления. Пользователю необходимо в окне ввода числа установить значение атмосферного давления, считанное с барометра и нажать клавишу «ВВОД». При вводе действуют ограничения от 630 до 800 единиц. Отменить калибровку конца шкалы можно нажатием клавиши «Отмена». После калибровки или отмены программное обеспечение (ПО) вернёт пользователя в меню «Калибровка».

### **Калибровка электродной системы**

Калибровка электродной системы осуществляются из меню «Калибровка». ПО прибора предоставляет пользователю возможность автоматической калибровки по двум растворам - насыщенная водородом вода и

открытый воздух и возможность корректировки по результатам химического анализа. Калибровку электродной системы производят только в случае откалиброванных датчиков температуры и давления. В противном случае результаты калибровки могут быть неверными.

Порядок калибровки электродной системы:

Поместить датчик в воду, насыщенную водородом.

В меню «Калибровка» клавишами «ft» или «И» выделить строку «Автокалибровка шкалы», нажать клавишу «ВВОД» и в появившемся меню выделить строку «Начать» и нажать клавишу «ВВОД». После этого ПО вернёт пользователя в меню «Калибровка», из этого меню пользователь при помощи клавиш «<=>» или «Отмена» должен выйти в режим измерений.

### Калибровка датчика температуры

Для калибровки датчика температуры (термометра) понадобится сосуд с дистиллированной водой при комнатной температуре, сосуд с тающим льдом и образцовый термометр с ценой деления 0,1°C.

Для калибровки термометра необходимо в меню «Калибровка» выделить клавишами «ft» или «И» строку «Датчик температуры» и при помощи нажатия на клавишу «=>» перейти в меню калибровки датчика температуры. Программное обеспечение предоставляет пользователю возможность калибровки датчика температуры по двум точкам измерений.

## 6 МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ И КАЛИБРОВКИ ПРИБОРОВ ИЗМЕРЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ И РАСТВОРОВ

### (КОНДУКТОМЕТРОВ И КОНЦЕНТРАТОМЕРОВ)

#### 6.1 Диапазоны измерений удельной электропроводности для электродного и индуктивного (безэлектродного) датчиков

Диапазоны измерений для электродного датчика удельной электропроводности показаны в таблице 6.1.

Таблица 6.1 Диапазоны измерений для электродного датчика.

Постоянная электролитического элемента	Удельная электропроводность	Удельное электрическое сопротивление
0,01	0,01 мкСм/см...200 мкСм/см	5 кОм.см...100 МОм.см
0,10	0,10 мкСм/см ...2 мСм/см	0,5 кОм.см...10 МОм.см
0,50		0,25 кОм.см ...5 МОм.см



1,00	0,50 мкСм/см ... 10 мСм/см	50 Ом.см...1 МОм.см
2,00	1,00 мкСм/см ... 20 мСм/см	25 Ом.см ... 500 кОм.см
10,00	2,00 мкСм/см ... 40 мСм/см	5 Ом.см...100 кОм.см
	10,0 мкСм/см...200 мСм/см	

Диапазоны измерений для индуктивного (безэлектродного) датчика показаны в таблице 6.2.

Таблица 6.2. Диапазоны измерений для индуктивного (безэлектродного) датчика.

Постоянная электролитического элемента	Удельная электропроводность	Удельное электрическое сопротивление
1	100 мкСм/см...1 См/см	1 Ом.см ... 10 кОм.см
2,35	200 мкСм/см...2 См/см	0,5 Ом.см...5 кОм.см
10	1 мСм/см...10 См/см	0,1 Ом.см...1 кОм.см

## 6.2 Определение температурного коэффициента удельной электропроводности раствора

Для определения температурного коэффициента  $\alpha_t$  удельной электропроводности жидкости, измеряемой кондуктометром, необходимо:

- образцовым кондуктометром измерить удельную электропроводность  $\chi_1$  и температуру приведения  $t_1$  раствора, предназначенного для поверки;
- эти данные записать в таблицу;
- затем раствор, предназначенный для поверки, нагреть до температуры  $t_2$ ;
- данные ( $\chi_2$  и  $t_2$ ) записывать в таблицу;
- по формуле, приведенной ниже, определить температурный коэффициент  $\alpha_t$  раствора, эти данные записывают в таблицу.

Полученный температурный коэффициент  $\alpha_t$  конкретного вида раствора записывают в память прибора в соответствии с руководством по его эксплуатации.

$$\alpha_t = \frac{\chi_2 - \chi_1}{\chi_1 \cdot (t_2 - t_1)} \cdot 100\%, \quad (6.1)$$

где все величины указаны выше.

Таблица 6.3. Номера раствора диапазона.

№	$\chi_1$ ,	$t_1$ ,	$\chi_2$ ,	$t_2$ ,	$\alpha_{ti}$
---	------------	---------	------------	---------	---------------

раствора диапазона	мкСм/см	°С	мкСм/см	°С	
1	0,05				$\alpha_{t1}$
2	0,5				$\alpha_{t2}$
3	5,0				$\alpha_{t3}$
4	50,0				$\alpha_{t4}$
5	500,0				$\alpha_{t5}$

### 6.3 Проверка основной приведенной погрешности приборов с контактными и бесконтактными первичными преобразователями (датчиками) измерений удельной электропроводности

#### 6.3.1 Подготовка прибора к проверке на стенде или на электрических имитаторах

Перед проведением проверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- приготавливают контрольные или стандартные растворы числом и объемом, необходимым для проведения всех измерений при проверке;
- средства проверки и приборы подготавливают к работе в соответствии с требованиями эксплуатационных документов;
- образцовый стенд, проверяемый приборы включают до начала измерений за время, необходимое для их прогрева, указанное в эксплуатационной документации, но не менее чем за 30 мин до начала исследований;
- для приборов с контактными датчиками перед проверкой на электрических имитаторах датчик отключают и к соответствующим контактам разъема подключают два магазина сопротивлений: один – для контактного датчика, второй – для датчика температуры;
- для приборов с бесконтактными датчиками перед проверкой на электрических имитаторах подключают два магазина сопротивлений: один – для бесконтактного датчика (рисунок 6.1), второй – для датчика температуры;

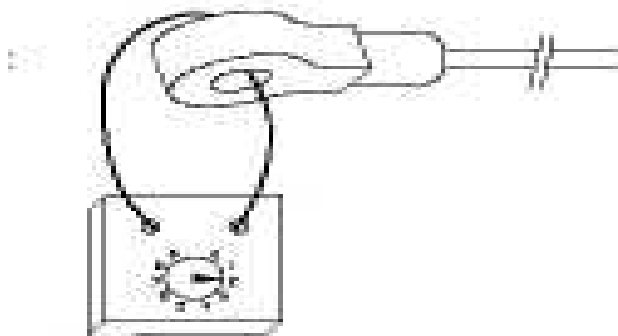


Рисунок 6.1. Схема подключения электрического имитатора для проверки прибора с бесконтактным первичным преобразователем (датчиком).

### 6.3.2 Опробование прибора

Опробование прибора осуществляют в следующей последовательности.

Тестирование прибора. Нажимают соответствующую кнопку для тестирования, при этом происходит автоматическое тестирование, после которого прибор переходит в режим измерений.

**Опробование прибора при проверке на контрольных или стандартных растворах.** По соответствующей методике подготавливают контрольный или стандартный раствор с известной удельной электропроводностью (УЭП), в который затем опускают датчик проверяемого прибора и убеждаются в соответствии показаний прибора значению УЭП раствора.

**Опробование прибора при проверке на электрических имитаторах.** На магазине сопротивлений устанавливают значения сопротивлений, соответствующие определенным УЭП и температуре.

Соответствующими кнопками устанавливают задачу измерений удельной электропроводности (УЭП) и, изменяя сопротивление с помощью магазина сопротивлений, убеждаются в соответствующем изменении показаний прибора.

Во включенном состоянии прибор должен находиться не менее 15-ти минут.

### 6.3.3 Проверка основной приведенной погрешности приборов в диапазонах УЭП более чем 30 См/м и менее чем 1,0 мкСм/см

Основную приведенную погрешность  $\gamma$  проверяют с помощью электрических имитаторов поэлементно: определяют основную приведенную погрешность измерительного блока прибора и постоянную первичного преобразователя.

Определение постоянной первичного преобразователя осуществляют в следующей последовательности:

- по соответствующей методике подготавливают контрольный или стандартный раствор с удельной электропроводностью, равной 0,14 мкСм/см (раствор №3 в соответствии с ГОСТ 22171, МИ 1803);

- вместо первичного преобразователя подключают к поверяемому прибору два магазина сопротивлений;

- подбором сопротивлений на первом магазине сопротивлений на поверяемом приборе выставляют температуру раствора, равную 25°C, а вторым

магазином сопротивлений выставляют величину сопротивления, соответствующую показанию прибора 0,14 мкСм /см, таким образом получают значения  $R_{изм}^{эКВ}$ . Затем, выбрав растворы, получают их УЭП в двух других точках.

Заменяют первичный преобразователь прибора магазином сопротивлений и подбором сопротивления на нем добиваются показаний измерительного блока прибора, соответствующим показаниям, полученным по УЭП раствора. Таким образом подбором сопротивлений получают соответствующие эквивалентные сопротивления.

Постоянную  $C_{изм}$  первичного преобразователя прибора рассчитывают как среднее из трех величин:

$$C_{изм} = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3}, \quad (6.2)$$

где  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  определяют по следующей формуле:

$$C_{пизм} = \frac{1 \cdot 10^6}{R_{изм}^{эКВ} \cdot \chi}, \quad (6.3)$$

где  $C_{пизм}$  - постоянная первичного преобразователя, см;

$R_{изм}^{эКВ}$  - значение имитирующего сопротивления, Ом;

$\chi$  - удельная электропроводность контрольного или стандартного раствора, мкСм/см.

Значение имитирующего сопротивления  $R_{эКВ}$ , для каждой проверяемой точки определяют по следующей формуле:

$$R_{эКВ} = \frac{1 \cdot 10^6}{C_{изм} \cdot \chi_d}, \quad (6.4)$$

где  $\chi_d$  - действительное значение УЭП, соответствующее проверяемой точке, мкСм/см;

$C_{изм}$  - постоянная первичного преобразователя, определяемая по выражению 6.2.

Снимают показания  $\chi$  проверяемого прибора.

Основную приведенную погрешность  $\gamma$  прибора определяют по следующей формуле:

$$\gamma = \frac{\chi_u - \chi_d}{\chi_{\max}} \cdot 100\% \quad (6.5)$$

Где  $\chi_u$  - измеренное по прибору значение УЭП, соответствующее проверяемой точке, мкСм/см;

$\chi_d$  - измеренное значение УЭП, соответствующее имитирующему сопротивлению в проверяемой точке, мкСм/см;

$\chi_{\max}$  - нормирующее значение УЭП диапазона, равное, например, 1,0 мкСм/м;

### 6.3.4 Проверка основной приведенной погрешности прибора комплектным методом

Основную приведенную погрешность  $\Delta$  определяют сличением показаний проверяемого прибора с показаниями образцового кондуктометра в трех точках, соответствующих, примерно, 20, 50, и 80 % каждого диапазона (поддиапазона).

Основную погрешность определяют, используя контрольные или стандартные образцы удельной электропроводности растворов электролитов, имеющие УЭП, соответствующие диапазону измерений проверяемого прибора.

Измерения проводят последовательно от меньших значений УЭП к более высоким значениям. В случае заполнения первичного преобразователя пробу анализируемой жидкости отбирают в объеме, обеспечивающем трехкратное заполнение первичных преобразователей образцового кондуктометра и проверяемого прибора.

Отсчет показаний производят при установлении постоянства показаний образцового кондуктометра и проверяемого прибора за время не менее одной минуты.

Допускается не учитывать при оценке погрешности результаты, полученные с помощью образцового кондуктометра, если они отличаются друг от друга более чем на 0,3 основной погрешности проверяемого прибора. В этом случае проводят повторные измерения до получения трех совпадающих результатов в указанных пределах погрешности.

Основную приведенную погрешность  $\Delta$  комплектным методом определяют в следующей последовательности:

- подключают проверяемый прибор и образцовый кондуктометр;
- приготавливают контрольные или стандартные растворы с заданной удельной электропроводностью, равной 20, 50 и 80% диапазонов измерений,
- при установившемся температурном режиме, равном 25 °С, снимают показания УЭП проверяемого прибора  $\chi_{\text{изм}}$  и образцового кондуктометра  $\chi_{25д}$ , показания заносят в таблицы протокола проверки.

Основную приведенную погрешность  $\Delta$  определяют по следующей формуле:

$$\Delta = \frac{1}{n} \cdot \sum_{l=1}^n \Delta_l, \quad (6.6)$$

где:  $n$  – число измерений в каждой точке ( $n=3$ ),

$$\Delta_l = \frac{\chi_{изм} - \chi_y}{\chi_{норм}} \cdot 100, \quad (6.7)$$

где:  $\chi_{изм}$  – измеренное значение УЭП, полученное на поверяемом приборе, мкСм/см;

$\chi_{25д}$  - действительное значение УЭП, полученное на образцовом кондуктометре, мкСм/см;

$\chi_{норм}$  – нормирующее значение УЭП, указанное в технической документации на поверяемый прибор, мкСм/см.

Основную приведенную погрешность  $\Delta$  оценивают по наибольшему из полученных значений.

### 6.3.5 Проверка основной абсолютной погрешности прибора по температуре

Ко входу прибора на клеммы первичного преобразователя (датчика) температуры прибора подключают магазин сопротивлений (МС).

Соответствующей кнопкой переводят прибор в режим измерений температуры.

С помощью магазина сопротивлений МС выставляют сопротивления, эквивалентные соответствующим значениям температуры. Измеренные значения температуры считывают по цифровому индикатору прибора.

Результаты измерений записывают в таблицу протокола проверки.

Основную абсолютную погрешность  $\Delta t$  прибора по температуре определяют по следующей формуле:

$$\Delta_t = t - t_d, \quad (6.8)$$

где:  $t$  - показания прибора, °С;

$t_d$  - действительное значение температуры, °С.

### 6.3.6 Проверка приведенной погрешности температурной компенсации прибора

Проверку прибора для определения приведенной погрешности  $\Delta_t$  температурной компенсации осуществляют изменением температуры анализируемой среды на каждые 10 °С в заданном диапазоне температуры, установленном в технических условиях на прибор. Приведенную погрешность  $\Delta_t$  температурной компенсации определяют в одной точке, равной 50% от верхнего предела диапазона измерений УЭП при числе измерений не менее трех. Максимальную разность показаний относят к нормирующему значению  $\chi_{\text{норм}}$ .

Определение приведенной погрешности  $\Delta_t$  температурной компенсации прибора производят комплектным методом или по электрическим имитаторам УЭП и датчика температуры.

При определении приведенной погрешности  $\Delta_t$  температурной компенсации прибора комплектным методом одновременно подключают измерительные преобразователи образцового кондуктометра и проверяемого прибора.

Зависимость удельной электропроводности раствора от его температуры равна:

$$\chi_t = \chi_{25д} \cdot [1 + \alpha_t \cdot (t - t_0)], \quad (6.9)$$

где  $\chi_t$  - удельная электрическая проводимость раствора, мкСм·см<sup>-1</sup>;

$\chi_{25д}$  - удельная электрическая проводимость раствора при температуре  $t$ , равной 25 °С, мкСм·см<sup>-1</sup>;

$\alpha_t$  - температурный коэффициент, °С<sup>-1</sup>;

$t$  - температура раствора, °С.

$t_0$  - температура раствора равна 25 °С.

На приборе соответствующей кнопкой устанавливают задачу измерений УЭП с температурной компенсацией. Значение коэффициента температурной компенсации устанавливают в соответствии со справочными данными или по методике п. 6.2.

Приготавливают контрольные или стандартные растворы с заданной удельной электропроводностью, равной, примерно, 50 % диапазона измерений. Растворы нагревают от 10 до 90 °С. При установившемся температурном режиме снимают показания УЭП проверяемого прибора ( $\chi_{25}$ ) и образцового кондуктометра ( $\chi_t$ ). Измеряют температуру раствора  $t$ .

Приведенную относительную погрешность  $\Delta_t$  показаний проверяемого прибора определяют по следующей формуле:

$$\Delta = [(\chi_{25} - \chi_{25д}) / \chi_{\text{норм}}] \cdot 100\% \quad (6.10)$$

Определение приведенной погрешности  $\Delta_t$  температурной компенсации прибора по электрическим имитаторам производят следующим образом: для приборов перед проверкой на электрических имитаторах датчик отключают и к соответствующим контактам разъема подключают два магазина сопротивлений: один – для датчика удельной электропроводности, второй – для датчика температуры.

Соответствующей кнопкой на приборе устанавливают задачу измерений УЭП с температурной компенсацией. Значение коэффициентов  $\alpha_t$  температурной компенсации устанавливают в соответствии со справочными данными или по методике п. 6.2.

Значения эквивалентных сопротивлений для электрических имитаторов рассчитывают по следующей формуле и заносят в таблицу протокола проверки.

$$R\chi_t = R\chi_{25д} \cdot [1 + \alpha_t \cdot (t - t_0)], \quad (6.11)$$

где  $R\chi_t$  - эквивалентное сопротивление при удельной электрической проводимости раствора  $\chi_t$ , Ом;

$R\chi_{25д}$  – эквивалентное сопротивление при удельной электрической проводимости раствора при температуре  $t$ , равной 25 °С, Ом;

$\alpha_t$  - температурный коэффициент, °С<sup>-1</sup>;

$t$  – температура раствора, °С.

$t_0$  – температура раствора равна 25 °С.

На двух магазинах сопротивлений устанавливают эквивалентные электрические сопротивления: на первом, для датчика удельной электропроводности – согласно формуле 6.11, на втором – для датчика температуры – значение сопротивления, эквивалентное температуре.

Показания  $\chi_{25}$  считывают с прибора и записывают в таблицу протокола проверки.

### Список используемой литературы

- 1 Живилова Л.М., Максимов В.В. Автоматизация водоподготовительных установок и управления водно-химическим режимом ТЭС. Справочное пособие.- М.: Энергоатомиздат, 1986. – 280 с.
- 2 Живилова Л.М., Маркин Г.П. Автоматический химический контроль теплоносителя ТЭС.- М.: Энергоатомиздат, 1986. – 111 с.
- 3 Кострикин Ю.М., Мещерский Н.А., Коровина О.В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. Справочник - М.: Энергоавтомиздат, 1990.- 254 с.
- 4 Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. – Ленинград.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
- 5 Аналитические приборы жидких сред серии АТЛАНТ. Каталог ЗАО «АТРЭКО», г. Раменское Московской обл.



- 6 ГОСТ 8.457 Государственная поверочная схема для средств измерений удельной электрической проводимости жидкостей
- 7 ГОСТ 22171 Анализаторы жидкости кондуктометрически лабораторные. Общие технические условия
- 8 ГОСТ 22729 Анализаторы жидкостей ГСП. Общие технические условия
- 9 ГОСТ 8.354 Анализаторы жидкости кондуктометрические. Методика поверки.
- 10 ГОСТ 8.292 Кондуктометры жидкости лабораторные. Методика поверки.
- 11 МИ 1803 Инструкция по приготовлению и применению стандартных образцов удельной электрической проводимости растворов электролитов. М.,1987.