

# НПП Эконикс®

## Комплект оборудования для контроля pH параметров водных растворов на потоке (pH-электрод + узел крепления + преобразователь с выходом 4-20мА)



- Основу комплекта составляет комбинированный pH-электрод с разъемом BNC
- Преобразователь обеспечивает формирования 2-х проводного интерфейса 4-20мА
- Узел крепления используется для фиксации pH-электрода на трубопроводе
- Стандартный диапазон преобразования комплекта 0-14pH / 4-20мА

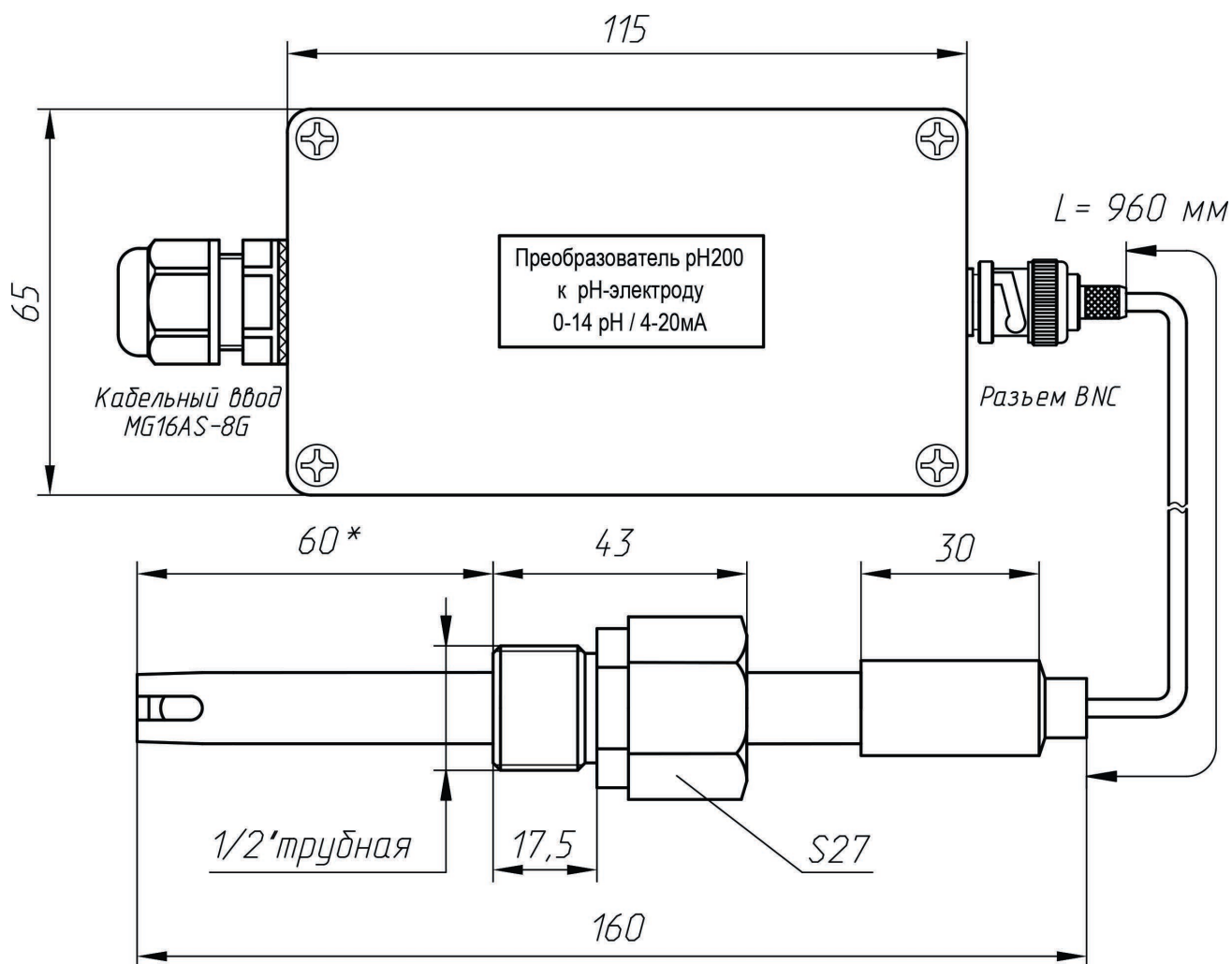
### **Применение и состав комплекта для контроля pH на потоке**

Комбинированный pH-электрод ЭКОМ-pH-ком производит преобразование показателя активности ионов водорода (показатель pH) в напряжение постоянного тока в милливольтном диапазоне. Под комбинированным pH-электродом понимается pH-электрод, имеющий в своем составе как измерительный электрод, так и электрод сравнения. Преобразователь вторичный PH200 предназначен для преобразования сигнала комбинированного pH-электрода в токовый интерфейс стандарта 4-20мА с 2-х проводной схемой подключения. Применение преобразователя PH200 позволяет без потери точности передать на регистратор информацию об измеренном с помощью комбинированного pH-электрода показателе pH в растворах, воде, пищевой продукции и сырье, объектах окружающей среды и различных производственных системах, в которых необходимо проводить непрерывный контроль параметров pH. Для фиксации pH-электрода на трубопроводе используется герметичный передвижной узел крепления с внешней присоединительной резьбой 1/2 дюйма.

**Таблица 1. Состав комплекта для контроля pH на потоке**

Обозначение	Краткие характеристики	Примечание
Комбинированный pH-электрод «ЭКОМ-pH-ком»	Комбинированный pH-электрод с кабелем длиной L=96см, оканчивающимся разъемом BNC. Диаметр корпуса электрода – 12мм, длина корпуса – 160мм.	pH-электрод «ЭКОМ-pH-ком» является стандартным
Преобразователь PH200 к комбинированным pH-электродам	Вход: стандартный комбинированный pH-электрод «ЭКОМ-pH-ком» с разъемом BNC. Выход: токовая петля 4-20мА с 2-х проводной схемой подключения.	Вход и выход не имеют гальванического разделения
Передвижной штуцер с присоединительной резьбой 1/2 дюйма	Передвижной штуцер из химстойкого ПВХ, позволяющий герметично зафиксировать корпус pH-электрода с диаметром 12мм на трубопроводе с контролируемым раствором.	Изменение глубины погружения pH-электрода

## Общий вид комплекта для контроля pH на потоке



*\*Размер определяется глубиной погружения электрода*

**Таблица 2. Принадлежности для комплекта контроля pH на потоке**

Наименование	Краткая характеристика
Комбинированный pH-электрод «ЭКОМ-pH-ком» в комплект ЗИП	pH-электрод является расходным материалом. Срок службы pH-электрода меньше срока службы других составляющих комплекта для контроля pH на потоке. pH-электроды всегда доступны со склада Поставщика оборудования.
Преобразователь CL300-420 для гальванического разделения сигналов 4-20мА	Преобразователь CL300-420 обеспечивает гальваническое разделение сигналов 4-20мА. Выход CL300-420 – 3-х проводная токовая петля 4-20мА с напряжением питания DC15-24В. Вход – гальванически изолированная 2-х проводная петля 4-20мА с гальванически изолированным напряжением питания DC12В.
Контрольные платы стандарта 4-20мА с 2-х проводным выходом	Имитируют выходной каскад преобразователя. Обеспечивают на выходе точные значения тока (0%, 20%, 80%, 100% шкалы 4-20мА). Подключаются вместо преобразователя и используются на этапе ввода и в процессе эксплуатации для проверки исправности преобразователя, контроллера и кабельной сети.
Имитатор сигналов стандарта 4-20мА с 2-х проводным выходом (11градаций)	Обеспечивает на выходе 11 градаций тока 4-20мА, коммутируемых с помощью галетного переключателя. Используется на этапе ввода и в процессе эксплуатации измерительного оборудования с 2-х проводным выходом 4-20мА для проверки установленных параметров систем регулирования.

## Обозначение при заказе

При заказе указывается наименование составляющих комплекта для контроля рН на потоке в соответствии с таблицей 1 (все составляющие комплекта могут быть заказаны отдельно) и, если необходимо, наименование принадлежностей из перечня таблицы 2. Например:

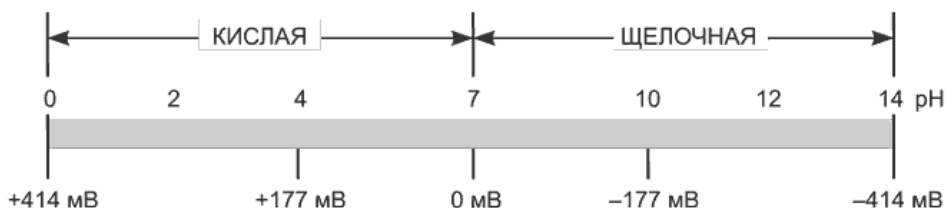
1. «Комбинированный рН-электрод «ЭКОМ-рН-ком» – комбинированный рН-электрод с кабелем длиной 96см со стандартным разъемом BNC.
2. «Преобразователь РН200 к комбинированным рН-электродам» – преобразователь РН200 к комбинированным рН-электродам, включающие кабель, заканчивающийся стандартным разъемом BNC.
3. «Передвижной штуцер с присоединительной резьбой 1/2 дюйма» – передвижной штуцер для фиксации рН-электрода на трубопроводе с контролируемым раствором.
4. «Контрольные платы 20% и 80% шкалы 4-20мА» – платы с фиксированным значением выходного тока 7,2 мА (20%) и 16,8 мА (80%) с 2-х проводной схемой подключения.
5. «Преобразователь CL300-420 для гальванического разделения сигналов 4-20мА» – преобразователь для гальванического разделения сигналов 4-20мА, формирующихся на выходе преобразователя РН200.

## Описание принципа измерения показателя рН

Показатель рН получил название по первым буквам латинских слов pondus hydrogeni – вес водорода. В химии показатель рН иногда обозначают как рХ, имея в виду  $-\lg X$ , т.е. отрицательный алгоритм концентрации водорода в молях на литр.

Для измерения рН растворов используются специальный первичный измерительный преобразователь – электродную систему, состоящую из измерительного электрода и электрода сравнения. Эти электроды могут представлять собой как отдельные устройства, так и быть объединены в одном корпусе, образуя т.н. комбинированный рН-электрод. Большинство современных рН-электродов являются комбинированными электродами. Помимо удобства в работе, они обеспечивают более быстрый отклик и их применение позволяет снизить суммарную ошибку измерения.

Измерительный электрод имеет в своем составе ионоселективную мембрану, предназначенную для пропускания строго определенного вида ионов, в случае рН-электрода - ионов водорода. Мембрана изготавливается из специального стекла сверхмалой толщины в форме шарика. В силу селективных свойств мембраны потенциал измерительного электрода зависит от концентрации ионов водорода в контролируемом растворе и определяется формулой Нернста. Потенциал электрода сравнения является постоянным и не изменяется при изменении рН анализируемого раствора, поэтому его сигнал можно использовать как опорный. В такой схеме измерения разность потенциалов между двумя электродами (ей ставится в соответствии значение показателя рН от 0 до 14) прямо пропорциональна концентрации ионов водорода в анализируемом растворе. Чем ниже показатель рН, тем более кислая среда, чем выше показатель рН, тем более щелочная среда. Соответствие между разностью потенциалов измерительного и сравнительного электродов и показателем рН для идеального случая, определяемого формулой Нернста, и температуры 20 град.С приведена на рис.1.



Разность потенциалов между измерительным и сравнительным электродами имеет зависимость от температуры. Существует точка, соответствующая определенному значению рН, в которой эта разность потенциалов не зависит от температуры. Эта точка носит название изопотенциальной. Большинство современных комбинированных электродов в качестве изопотенциальной точки имеют значение рН7. Ниже в таблице 5 приведены значения рН в зависимости от температуры.

Таблица 5

Зависимость значений рН от температуры						
	4	5	6	7	8	9
5 °С	3,84	4,89	5,95	7,00	8,05	9,11
10 °С	3,89	4,93	5,96	7,00	8,04	9,07
15 °С	3,95	4,97	5,98	7,00	8,02	9,03
20 °С	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00
25 °С	4,05	5,03	6,02	7,00	7,98	8,97
30 °С	4,10	5,07	6,03	7,00	7,97	8,93
35 °С	4,15	5,10	6,05	7,00	7,95	8,90

Для получения точных измерений рН с помощью комплекта контроля рН на потоке необходимо проводить температурную коррекцию его показаний, см. раздел «Температурная зависимость показаний рН и значений рН буферных растворов».

Используемые на практике рН-электроды не являются идеальными системами. Они могут иметь различные геометрические размеры, различный состав внутреннего электролита и другие отличия. Эти отличия и допуски влияют на их характеристики, поэтому каждый рН-электрод нуждается в калибровке, которая позволяет установить точное соотношение между сигналом от электрода и реальным значением рН в растворе. Калибровка рН-электрода осуществляется по эталонным или т.н. буферным растворам. Буферные растворы представляют собой водные растворы со стандартизованными значениями концентрации (активности) ионов водорода и могут иметь следующие значения рН (ряд представлен из программы поставок ф. HANNA): 1,65; 2,18; 4,01; 6,86; 9,18; 10,01; 12,43.

Калибровка рН-электрода может проводиться по 2-м или 3-м точкам. Если характеристика рН-электрода принимается линейной, то калибровка в полном диапазоне может проводиться по 2-м буферным растворам, значения которых находятся ниже и выше изопотенциальной точки. Калибровка по 3-м буферным растворам позволяет увеличить точность измерения, поскольку наклоны характеристики рН-электрода ниже значения рН7,0 и выше значения рН7,0 незначительно, но отличаются друг от друга. При калибровке по 3-м точкам в качестве третьего буферного раствора, как правило, используется нейтральный буферный раствор со значением рН7,0.

Если известен тип среды: кислотная или щелочная, то возможна калибровка по 2-м точкам с точностью не уступающей калибровке по 3-м точкам, например, по точке рН7,0 и второй точке в рабочей области рН контролируемого щелочного или кислотного раствора.

В большинстве стандартных применений достаточно калибровки по 2-м точкам.

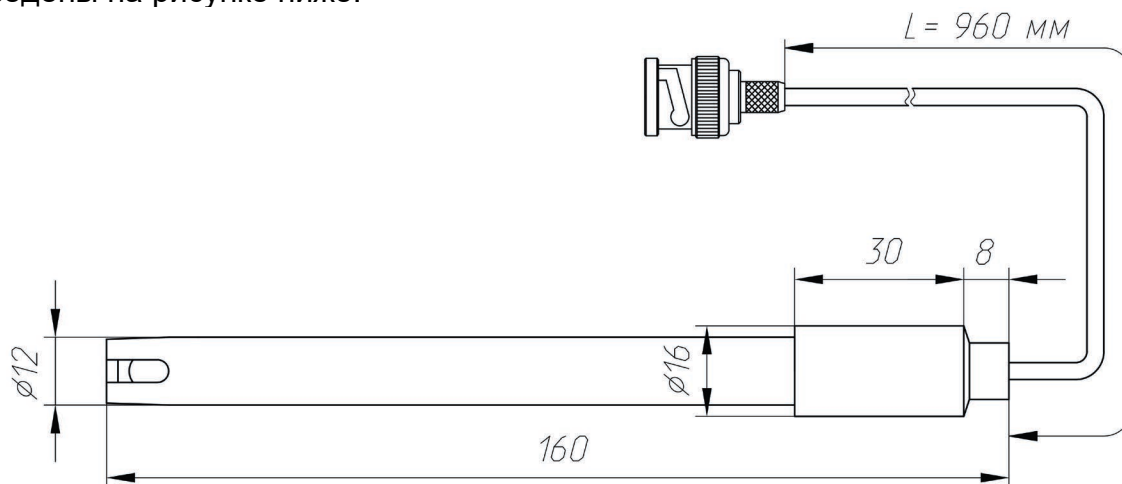
Для комплекта контроля рН на основе рН-электрода ЭКОМ-рН-ком и преобразователя РН200 калибровка проводится по 2-м точкам: одна в нижней части шкалы – по одному из буферному растворов со значением ниже рН7,0, вторая в верхней части шкалы – по одному из буферных растворов со значением выше рН7,0. Выбор конкретных точек зависит от диапазона, в котором будет работать рН-электрод, точки калибровки должны быть максимально близки к границам реального диапазона измерения. Калибровка комплекта контроля рН на потоке осуществляется с использованием подстроечных резисторов с маркировкой «0» и «К», расположенных на плате преобразователя РН200. Методика калибровки описана ниже в разделе «Калибровка комплекта контроля рН».

## **Описание составных частей комплекта контроля рН на потоке**

### **Первичный преобразователь: рН-электрод «ЭКОМ-рН-ком»**

#### **Общие данные**

рН-электрод «ЭКОМ-рН-ком» является комбинированным электродом и включает в себя измерительный электрод и электрод сравнения. На выходе рН-электрода формируется напряжение, пропорциональное значению рН в контролируемом растворе. рН-электрод включает кабель длиной 96см, оканчивающийся стандартным разъемом BNC, центральная жила которого является выходом измерительного электрода, а корпус – выходом электрода сравнения. Общий вид рН-электрода и его габаритные размеры приведены на рисунке ниже.



#### **Технические характеристики рН-электрода «ЭКОМ-рН-ком»**

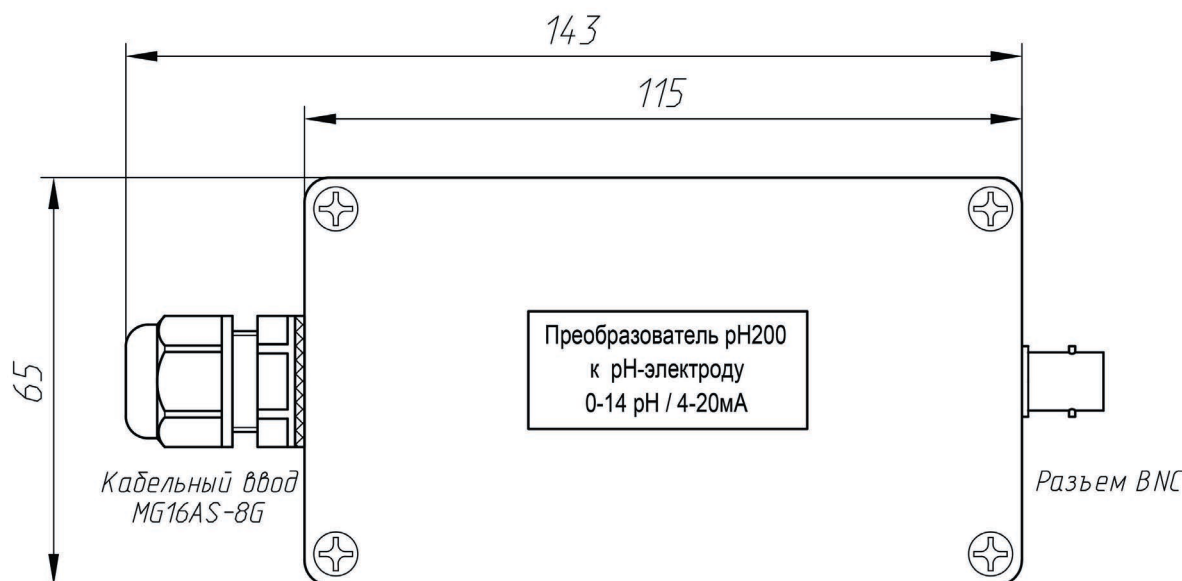
1. рН-электрод Эком-рН-ком предназначен для измерения величины рН водных растворов как в лабораторных условиях, так и в промышленных, в том числе на потоке.
2. рН-электрод Эком-рН-ком конструктивно представляет собой систему, состоящую из измерительного электрода и электрода сравнения, выполненную в одном корпусе.
3. рН-электрод Эком-рН-ком является комбинированным электродом, что означает, что он имеет прямой выход по напряжению, пропорциональный величине рН.
4. Диапазон измерения активности ионов водорода: от 0рН до 14рН.
5. Диапазон рабочих температур анализируемых растворов: от +5 до +40°C.
6. Габаритные размеры рН-электрода: диаметр 12,5мм, длина 160мм.
7. Длина соединительного кабеля: 960 мм.
8. Материал корпуса: пластик на основе ударопрочного поликарбоната.
9. Соединение рН-электрода с преобразователями: через стандартный разъем BNC.
10. рН-электрод Эком-рН-ком – невосстанавливаемое изделие. Вероятность безотказной работы электрода не менее 0,90 за 1000 ч.
11. Не допускается использование рН-электрода в растворах, содержащих фторид-ионы и вещества, образующие нерастворимые пленки или осадки на поверхности.
12. Электрод изготавливается в соответствии с ТУ 4215-002-41541647-2006, включен в Госресстр средств измерений и по запросу может поставляться с отметкой о проведении первичной метрологической поверке.

### **Вторичный преобразователь РН200**

#### **Общие данные**

Преобразователь РН200 выполнен в герметичном поликарбонатном корпусе с размерами: длина 115мм x ширина 65мм x высота 40мм. Герметизация корпуса обеспечивается соединением типа «выступ-паз» на крышке/основании корпуса и наличием уплотнительной прокладки. На основании корпуса с одной стороны расположен кабельный ввод МG16 для уплотнения выходного кабеля с диаметром оболочки от 3 до 7 мм, а с другой стороны размещен разъем BNC для подключения рН-электрода. Степень защиты корпуса преобразователя после уплотнения кабелей и крышки/основания корпуса не ниже

IP65. Проводники кабеля от регистратора подключаются на соответствующие клеммы с маркировкой «+» и «-», расположенные на плате преобразователя, способом «под винт». Используется 2-х проводная схема подключения выходного токового интерфейса 4-20мА. Общий вид преобразователя РН200 и его габаритные размеры приведены на рисунке ниже.

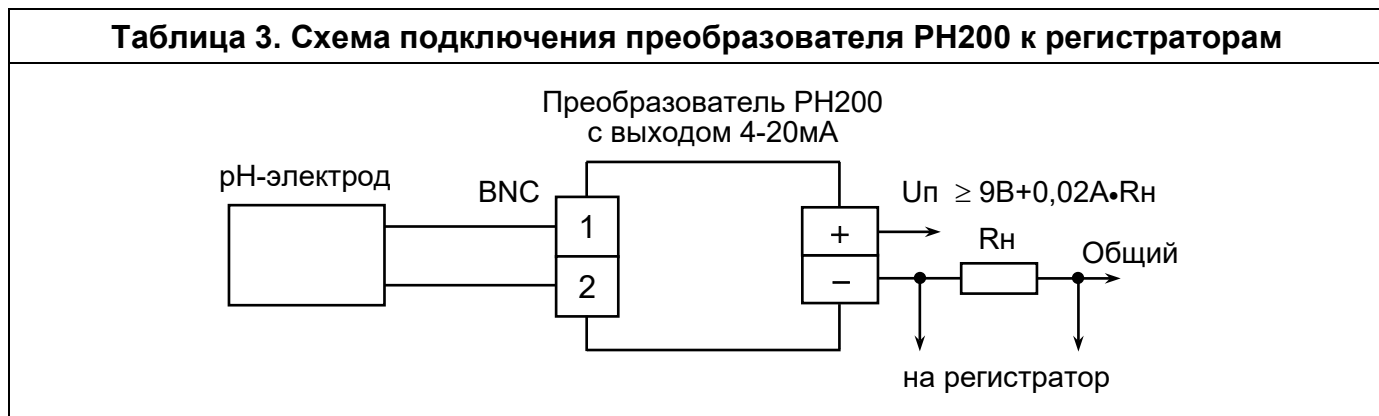


### **Технические характеристики преобразователя РН200:**

1. Вход: комбинированный рН-электрод с диапазоном измерения 0-14рН.
2. Выход: стандартный токовый сигнал 4-20мА с 2-х проводной схемой подключения.
3. Схема подключения рН-электрода: 2-х проводная (для подключения используется ВНС разъем с изолированным экранирующим контактом).
4. Стандартный диапазон преобразования: 0-14 рН / 4-20 мА.
5. Погрешность измерения значения рН при совместном использовании электрода «ЭКОМ-рН-ком» и преобразователя РН200 определяется калибровкой диапазона преобразования и выбранным методом температурной коррекции показаний, см. разделы «Калибровка комплекта контроля рН» и «Температурная зависимость показаний рН и значений рН буферных растворов».
6. Напряжение источника питания преобразователя РН200:  $30В \geq U_{пит} \geq 9В + 0,02А \cdot R_n$ , где  $R_n$  – сопротивление нагрузки токовой петли в регистраторе.
7. Допустимая длина кабеля преобразователь-регистратор: до 500 метров.
8. Условия эксплуатации преобразователя РН200:  $-10...+40^{\circ}С$ , влажность до 100%.
9. Условия хранения и транспортирования:  $-40...+50^{\circ}С$ , влажность до 95%.
10. Материалы и цвета: поликарбонат, светло-серый цвет.

### **Подключение преобразователя РН200 к регистраторам**

**Таблица 3. Схема подключения преобразователя РН200 к регистраторам**



Для подключения преобразователя с выходом 4-20мА к регистратору в разрыв общего провода выходной токовой петли преобразователя необходимо включить сопротивление нагрузки. Измерительное напряжение, выделяемое относительно общей точки на сопротивлении нагрузки будет являться входным напряжением для регистратора. Выбор величины сопротивления нагрузки определяется входным диапазоном применяемого регистратора, напряжением питания со стороны регистратора и допустимым минимальным напряжением непосредственно на клеммах преобразователя, т.е. напряжением между клеммами преобразователя «+» и «-».

Величина напряжения питания преобразователя со стороны регистратора и величина сопротивления нагрузки связаны следующим соотношением:

$$U_{пит} \geq 9В + 0,02А \cdot R_n, \text{ где}$$

$U_{пит}$ , В – напряжение питания датчика со стороны регистратора;

9 В – минимально допустимое напряжение на клеммах преобразователя;

0,02 А – максимальный измерительный ток от преобразователя;

$R_n$ , Ом – сопротивление нагрузки, с которого снимается напряжение.

**Внимание!** Напряжение на клеммах преобразователя с учетом падения напряжения на сопротивлении нагрузки  $R_n$  и соединительных проводах при максимальном выходном токе преобразователя 20 мА не может быть меньше 9 В. В противном случае достоверность преобразования сигнала датчика не гарантируется.

Рекомендуется следующий алгоритм выбора сопротивления нагрузки токовой петли и напряжения источника питания преобразователя со стороны регистратора (контроллера):

а) Из спецификации на применяемый контроллер получают данные о диапазоне входного напряжения контроллера, например, 0...10 В;

б) Для входного диапазона 0...10В выбирают номинал сопротивления нагрузки, равный 500 Ом из расчета, что при максимальном измерительном токе с датчика, равном 20 мА, на сопротивлении нагрузки должно падать 10 В;

в) Рассчитывают минимально допустимую величину напряжения источника питания путем сложения минимально допустимого напряжения на клеммах преобразователя, равного 9 В, и падения напряжения на сопротивлении нагрузки, равного 10 В. Получают величину 19 В. В качестве источника питания датчика можно выбрать блок питания со стандартным выходом 24 В. Таблица соответствия между рядом стандартных входных диапазонов контроллеров, сопротивлением нагрузки токовой петли и необходимым напряжением источника питания приведена ниже.

Таблица 4. Соответствие между входным диапазоном регистратора, сопротивлением нагрузки токовой петли преобразователя и напряжением источника питания				
Входной диапазон контроллера	0...1В	0...2В	0...5В	0...10В
Сопротивления нагрузки токовой петли $R_n$	50 Ом	100 Ом	250 Ом	500 Ом
Напряжение на $R_n$ при токе 4мА	0,2В	0,4В	1В	2В
Напряжение на $R_n$ при токе 20мА	1В	2В	5В	10В
Диапазон изменения напряжения на $R_n$	0,2...1В	0,4...2В	1...5В	2...10В
Рекомендуемое стандартное напряжение источника питания со стороны регистратора	12В	12В	15В	24В
Напряжение на клеммах датчика при токе 20мА	11В	10В	10В	14В

**Примечание:** некоторые типы контроллеров имеют встроенное сопротивление нагрузки, в этом случае внешнего сопротивления нагрузки не требуется.

Длина кабеля преобразователь РН200 – регистратор до 500 метров. Допускается использование неэкранированного кабеля. В случае наличия значительных э/м помех рекомендуется использовать экранированный кабель.

#### **Настройка/проверка диапазона регистратора с использованием контрольных плат**

С целью ускорения настройки (программирования)/проверки диапазона измерения регистраторов, к которым подключается преобразователь РН200, в комплект поставки по отдельному заказу могут включаться так называемые «контрольные» платы. С точки

зрения нагрузочной способности они полностью имитируют выход преобразователя, но имеют фиксированные стабильные значения выходного тока: 4мА; 7,2мА; 16,8мА; 20мА. Маркировка плат и соответствие выходных токов преобразуемым параметрам приведены в таблице 5.

Таблица 5

Контрольные платы	Маркировка	Соответствующие значения показателя рН
4 мА	«Т0»	рН0
7,2 мА	«Т20»	рН2,8
16,8 мА	«Т80»	рН11,2
20 мА	«Т100»	рН14

Перед вводом комплекта контроля рН в эксплуатацию контрольные платы с выходным током 4 мА (0% шкалы 4-20мА) и 20 мА (100% шкалы 4-20мА) последовательно подключаются вместо преобразователя и на регистраторе устанавливаются (или проверяются, если диапазоны установлены иным способом) соответствующие контрольным токам значения показателя рН. В результате этой процедуры для регистратора будут однозначно определены наклон и сдвиг линейной характеристики преобразователя. Контрольные платы с выходным током 7,2 мА (20% шкалы 4-20мА) и 16,8 мА (80% шкалы 4-20мА) также могут быть использованы для калибровки диапазонов измерения в регистраторе, а если диапазоны установлены с помощью плат 0% и 100%, то для проверки ранее установленных в регистраторе диапазонов преобразования. В процессе эксплуатации контрольные платы могут использоваться для периодической проверки работоспособности или при необходимости для диагностики исправности оборудования: преобразователей, регистратора или кабельной сети. Схемы подключения контрольных плат совпадают со схемой подключения преобразователя.

### **Описание характеристики преобразования комплекта контроля рН**

Каждый экземпляр преобразователя РН200 при совместной работе с комбинированным рН-электродом после процедуры калибровки по буферным растворам имеет стандартную характеристику преобразования следующего типа:

$$pH(pH) = (I_{вых} - I_0) / SLI, \text{ где}$$

pH(pH) – измеряемая подключенным рН-электродом величина рН раствора;

$I_{вых}$  – выходной ток преобразователя, мА;

$I_0$  – начальное смещение шкалы преобразования, мА;

SLI – коэффициент преобразования, мА/рН.

Значения параметров  $I_0$  и SLI являются стандартными, см. табл. 6.

Приведение параметров  $I_0$  и SLI к стандартным значениям, указанным в табл. 6 и является целью процедуры калибровки системы рН-электрод + преобразователь РН200, см. раздел «Рекомендации по эксплуатации».

Таблица 6

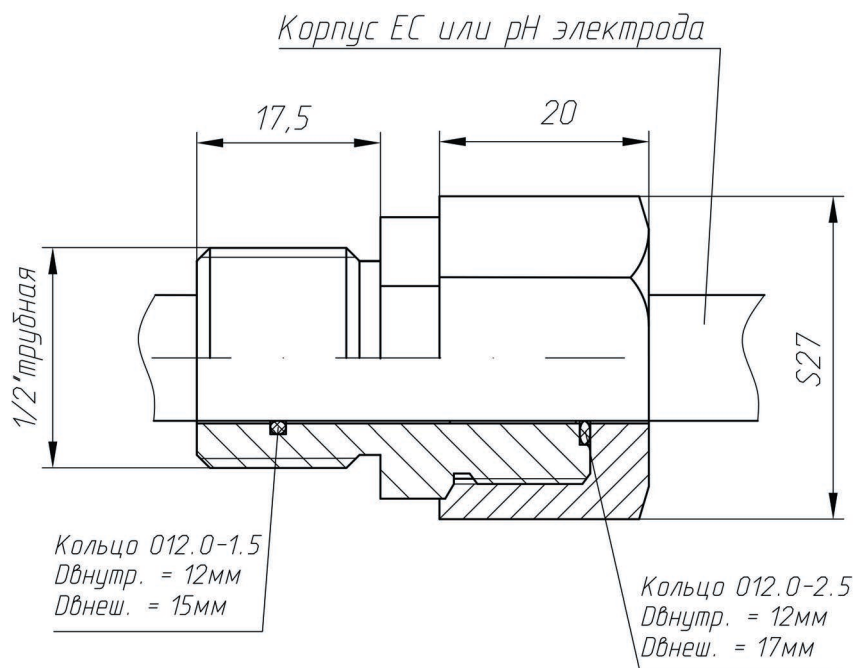
Наименование параметров для преобразователя РН200 с выходом 4-20мА	Стандартные значения параметров для преобразователя РН200
Начальное смещение $I_0$ , мА	4мА
Коэффициент преобразования SLI, мА/ рН	1,1428мА/рН

### **Узел крепления рН-электрода**

#### **Общие данные**

Для фиксации рН-электрода в месте контроля используется герметичный передвижной узел крепления с внешней присоединительной резьбой 1/2 дюйма. Передвижной штуцер, изготовленный из химстойкого ПВХ, позволяет герметично зафиксировать корпус рН-электрода с диаметром 12...12,5мм в точке контроля, например на трубопроводе с контролируемым раствором.





### **Технические характеристики узла крепления**

1. Узел крепления предназначен для фиксации рН-электрода в месте контроля.
2. Узел крепления обеспечивает герметичную фиксацию рН-электрода с диаметром корпуса 12...12,5мм.
3. Герметизация места крепления по корпусу рН-электрода осуществляется за счет использования 2-х резиновых прокладок, одна из которых является центрирующей, а вторая герметизирующей.
4. Герметизация узла крепления осуществляется по установочной резьбе 1/2 дюйма трубная с использованием различных уплотняющих материалов.
5. Давление со стороны рабочего процесса, которое обеспечивает узел крепления, не более 0,2 МПа.
6. Материал, из которого изготовлен узел крепления – химстойкий ПВХ, максимальная температура эксплуатации не более 65град.С.
7. Габаритные размеры узла крепления: диаметр 27мм, длина 40мм.

### **Рекомендации по эксплуатации**

При эксплуатации комплекта контроля рН необходимо соблюдать ряд требований:

- 1) **Периодическая калибровка.** Должна соблюдаться периодичность калибровки. От тщательности проведения калибровки зависит точность измерения значения рН.
- 2) **Учет температурной зависимости показаний рН и значений буферных растворов.** Должна учитываться температурная зависимость показаний рН и температурная зависимость значений рН буферных растворов.
- 3) **Условия хранения рН-электродов и буферных растворов.** Должны соблюдаться условия хранения рН-электродов и условия хранения буферных растворов.
- 4) **Условия гальванического разделения цепей измерения рН от регистратора.** При измерениях значения рН на потоке необходимо соблюдать условия гальванического разделения выходной токовой петли преобразователя РН200 от входных цепей контроллера и цепей питания токовой петли.
- 5) **Соблюдение гидравлической схемы размещения рН-электрода на потоке.** При измерениях значения рН на потоке необходимо соблюдать рекомендации по гидравлической схеме размещения рН-электродов в контролируемом процессе.

Более подробно рекомендации по эксплуатации изложены ниже по тексту данного раздела.

### **Калибровка комплекта контроля рН**

Погрешность измерения значения рН при совместной работе комбинированного рН-электрода и преобразователя РН200 зависит от качества процедуры калибровки системы рН-электрод + преобразователь РН200.

Частота калибровки системы рН-электрод + преобразователь РН200 зависит от интенсивности его использования рН-электрода, т.е. временем работы рН-электрода за определенный промежуток времени и в итоге определяется практикой применения в конкретном технологическом процессе. Чем стабильнее параметры технологической среды (температура, давление, состав, отсутствие отложений и т. д.), тем стабильнее показания датчика и более длительный калибровочный интервал. Большинство рН-датчиков калибруются еженедельно, но на основании опыта эксплуатации эта периодичность может быть уменьшена или увеличена. Целесообразно начинать с более частой калибровки, постепенно увеличивая интервалы и отслеживая стабильность и точность показаний.

Калибровка системы рН-электрод + преобразователь РН200 может быть 2-х типов: 1) аналоговая ручная калибровка или 2) цифровая с использованием контроллера с памятью и автоматическим пересчетом характеристики комплекта контроля рН.

Аналоговая ручная калибровка проводится по 2-м точкам (2-м буферным растворам) со значениями рН, находящимся ниже и выше от изопотенциальной точки. Подключенный к преобразователю РН200 рН-электрод последовательно размещается в буферных растворах и значения выходного тока преобразователя в мА с помощью регулировочных резисторов с маркировкой «0» и «К» методом последовательных итераций приводятся к значениям, соответствующим величинам рН буферных растворов.

Рекомендуется следующая последовательность калибровки, например, с использованием буферных растворов рН1,65 и рН9,18:

1) Соберите схему в соответствии с рис. 4. Для подключения преобразователя РН200 потребуется блок питания постоянного тока с выходным напряжением от 12 до 30В (характеристики преобразователя не зависят от величины напряжения питания из указанного диапазона) и мультиметра в режиме измерения тока;

2) Разместите рН-электрод в буферном растворе рН1,65. С помощью регулировочного резистора с маркировкой «0», расположенного на плате преобразователя РН200, выставите ток, равный 5,88мА;

3) Извлеките электрод из буферного раствора рН1,65. Стряхните с него остатки буферного раствора. Ополосните электрод в дистиллированной воде, стряхните с него остатки дистиллированной воды и промокните электрод фильтровальной бумагой, не касаясь шарика со стеклянной мембраной;

4) Разместите рН-электрод в буферном растворе рН9,18. С помощью регулировочного резистора с маркировкой «К», расположенного на плате преобразователя РН200, выставите ток, равный 14,49мА;

5) Извлеките электрод из буферного раствора рН9,18. Повторите последовательность действий по очистке электрода, описанной в пункте 3);

6) Повторно разместите рН-электрод в буферном растворе рН1,65. С помощью регулировочного резистора с маркировкой «0», расположенного на плате преобразователя РН200, откорректируйте выставленный ранее ток, равный 5,88мА;

7) Может потребоваться несколько последовательных операций по установке токов 5,88мА и 14,49мА (см. п.2) и п.4)), соответствующих значениям буферных растворов рН1,65 и рН9,18. Рекомендуемая точность установки токов, при которых можно прекратить операцию калибровки, находится на уровне плюс-минус 0,1мА, что примерно соответствует точности измерения рН-электрода равной плюс-минус 0,1рН.

Альтернативным способом калибровки является калибровка с использованием контроллера с фиксацией в его памяти значений выходных токов преобразователя РН200, соответствующих значениям рН буферных растворов и автоматическим пересчетом характеристики рН-электрода. Для этого варианта калибровки необходим контроллер с функцией приема токового сигнала 4-20мА и с

запрограммированным алгоритмом вычисления линейной характеристики по 2-м точкам. В этом варианте калибровки достаточно однократного размещения рН-электрода в каждом из буферных растворов.

В таблице 7 приведены значения рН буферных растворов и соответствующие им значения выходных токов преобразователя РН200. Калибровка комплекта контроля рН параметров на потоке может осуществляться по любым 2-м буферным рамтворам.

Таблица 7

Измеряемое значение рН	0	1,65	4	7	9,18	14
Выходной ток преобразователя РН200,	4	5,88	8,57	12	14,49	20,0

### **Температурная зависимость показаний рН и значений рН буферных растворов**

Погрешность от температуры в измерениях рН возникает по трем причинам: 1) в уравнение Нернста входит температура; 2) равновесные концентрации ионов водорода в буфере и образцах меняются в зависимости от температуры 3) характеристики рН-электрода зависят от температуры. Как правило, при эксплуатации корректируют только крутизну калибровочной характеристики рН-электрода, другие причины температурной погрешности сложно поддаются расчетам.

Природа температурной коррекции в измерениях рН принципиально отличается от природы температурной компенсации в измерениях электропроводности. В измерении электропроводности отображаемая электропроводность – это расчетное значение электропроводности при требуемой стандартной температуре. Таким образом, корректируется влияние температуры на объект контроля. При измерении рН измеряется реальное значение рН при фактической температуре (например, 30град.С). При этом компенсация температуры подразумевает адаптацию крутизны калибровочной кривой рН-электрода к фактической температуре, при которой выполняется измерение. В этом случае корректируется влияние температуры на электрод.

У каждого рН-электрода есть характеристическая точка, соответствующая определенному значению рН, в которой выходной сигнал рН-электрода не зависит от температуры. Эта точка носит название изопотенциальной. Большинство современных комбинированных электродов в качестве изопотенциальной точки имеют значение рН7. Ниже в таблице 5 для справки приведены значения рН в зависимости от температуры.

Таблица 5

Зависимость значений рН от температуры						
Темп.	рН4	рН5	рН6	рН7	рН8	рН9
5 °С	3,84	4,89	5,95	7,00	8,05	9,11
10 °С	3,89	4,93	5,96	7,00	8,04	9,07
15 °С	3,95	4,97	5,98	7,00	8,02	9,03
20 °С	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00
25 °С	4,05	5,03	6,02	7,00	7,98	8,97
30 °С	4,10	5,07	6,03	7,00	7,97	8,93
35 °С	4,15	5,10	6,05	7,00	7,95	8,90

Из данных таблицы 5 можно сделать вывод, что для стандартной погрешности рН-измерений на уровне 0,1рН температурная коррекция может не производиться для диапазона измерения от 4рН до 9рН, если температура, при которой проводятся измерения не выходит из интервала 10...30град.С. Чем ближе диапазон измерения к изопотенциальной точке, тем в более широком диапазоне температур температурный уход показаний рН не превышает величины стандартной погрешности.

При проведении калибровки также необходимо учитывать зависимость значений рН буферных растворов от температуры. Это означает, что перед калибровкой необходимо

измерить текущую температуру буферного раствора и использовать в работе то значение рН буферного раствора, которое соответствует текущей температуре буферного раствора. Ниже в таблице 6 приведена зависимость значений рН буферных растворов от температуры.

Таблица 6

Зависимость значения рН буферных растворов от температуры					
Температура	рН1,68	рН4,01	рН6,86	рН7,0	рН9,18
5 °С	1,67	4,00	6,95	7,09	9,39
10 °С	1,67	4,00	6,92	7,06	9,33
15 °С	1,67	4,00	6,90	7,04	9,27
20 °С	1,68	4,01	6,88	7,02	9,22
25 °С	1,68	4,01	6,86	7,00	9,18
30 °С	1,69	4,01	6,85	6,99	9,14
35 °С	1,69	4,02	6,84	6,98	9,10

Существует ещё одна рекомендация проводить калибровку рН-электрода и измерения при одинаковой температуре, в этом случае зависимость измерений от температуры минимизируется.

#### **Условия хранения рН-электродов и условия хранения буферных растворов**

рН-электроды поставляются в комплекте с оригинальным герметичным защитным колпачком, наполненным, как правило, 3-мольным раствором КСl, в котором постоянно должен находиться наконечник (шарик со стеклянной мембраной) электрода. Если рН-электрод в таком виде хранится при комнатной температуре, то его рабочие характеристики могут сохраняться в течение года и более. Срок годности датчика может значительно сократиться, если раствор, в котором хранится наконечник, вытекает по какой-либо причине из защитного колпачка, или замерз при хранении электрода при отрицательной температуре.

В процессе эксплуатации рН-электроды могут храниться в специальном растворе для хранения электродов (HI 70300L пр-ва ф. HANNA). Нельзя хранить рН-электроды в дистиллированной или деионизированной воде. Дистиллированная вода может использоваться только для ополаскивания рН-электродов, когда необходимо во время калибровки перенести электрод из одного буферного раствора во второй.

Существуют особые требования к хранению буферных растворов, они должны быть защищены от доступа углекислого газа из воздуха и воздействия яркого света, в противном случае их характеристики могут измениться. Буферные растворы должны храниться в темном, прохладном месте с плотно закрытой крышкой. Не допускается длительное их хранение при высоких и низких температурах.

#### **Рекомендации по гальваническому разделению выходных цепей преобразователя РН200 при его подключении к регистратору**

При подключении преобразователя РН200 с присоединенным к нему рН-электродом к регистрирующей аппаратуре необходимо соблюдать условия гальванического разделения цепей выходной токовой петли преобразователя РН200 и входных цепей контроллера. Это условие может быть соблюдено 2-мя способами:

1) Необходимо использовать контроллер, к которому подключается преобразователь РН200, с гальванически изолированными входами. Если контроллер имеет встроенный блок питания токовой петли датчика, то гальваническую изоляцию должны иметь как выход встроенного блока питания датчика, так и вход, на который подается напряжение с резистора нагрузки токовой петли датчика. Если контроллер не имеет встроенного блока питания, то для питания датчика должен использоваться отдельный блок питания, а вход измерительного напряжения от преобразователя должен оставаться гальванически изолированным от любых цепей контроллера;

2) Если контроллер, к которому подключается преобразователь РН200 не имеет гальванически изолированных входов, то необходимо использовать отдельное устройство гальванического разделения цепей токовой петли преобразователя РН200. Для целей гальванического разделения токовой петли 4-20мА может использоваться преобразователь CL300-420. Преобразователь CL300-420 обеспечивает преобразование сигналов 2-х проводной токовой петли 4-20мА в сигналы 3-х проводной токовой петли 4-20мА. В состав преобразователя CL300-420 входит как устройство гальванического разделения сигналов входной и выходной токовой петли, так и встроенный изолированный DC-DC конвертер, обеспечивающий гальваническое разделение напряжения питания преобразователя и напряжение питания 2-х проводной токовой петли датчика.

**Рекомендации по гидравлической схеме размещения рН-электрода на потоке**

В большинстве стандартных случаев (исключая воду высокой степени очистки) измеренные значения рН слабо зависят от расхода. Некоторые отклонения в пределах  $\pm 0,1$  рН могут возникать при скорости потока более 2 м/с.

Давление непосредственно воздействует на мембрану рН-электрода, способствуя проникновению в нее технологической среды, поэтому оно может влиять на показания. В области очень высоких и очень низких значений рН (< 4 или > 10 рН) влияние перепадов давления может быть более ощутимым и давать ошибку в измерениях порядка 0,2 рН.

Циклические изменения давления и расхода приводят к сжатию и расширению электролита в электроде, в результате которого электролит разбавляется или загрязняется, соответственно сокращается срок службы рН-электрода. Максимальный срок службы датчика и оптимальные рабочие характеристики достигаются при его установке в боковом потоке с умеренным расходом и сбросом под атмосферным давлением.