

Современные кондуктометры – секреты эффективного применения

Электропроводность жидкости зависит от содержания солей, кислот, щелочей и других растворенных веществ. Изменение этого показателя помогает быстро обнаружить отклонение состава среды, оценить качество воды или проверить концентрацию технологического раствора.

[Кондуктометры](#) применяют в водоподготовке, на очистных сооружениях, пищевых и фармацевтических предприятиях, в котельных, системах охлаждения, на химических производствах и СІР-станциях. Приборы работают непрерывно, передают данные в АСУ ТП, включают сигнализацию и могут участвовать в управлении оборудованием.



Однако точность зависит не только от характеристик прибора. Не менее важны рабочий диапазон, температура среды, конструкция измерительной ячейки, место установки и своевременное обслуживание.

Подробнее об устройстве оборудования, принципе работы и различиях контактных и бесконтактных методов читайте в статье [«Кондуктометр для воды и жидкостей: устройство, принцип работы»](#).

От чего зависит точность показаний

Даже качественный прибор будет работать нестабильно, если его параметры не соответствуют технологическому процессу. Поэтому при подборе учитывают ожидаемые значения электропроводности, температуру и давление, свойства жидкости, условия монтажа и требования к передаче данных.

Рабочий диапазон

Диапазон измерений должен соответствовать электропроводности конкретной среды. Если рабочие значения расположены у его границы, небольшие изменения могут фиксироваться менее точно. Оптимально, когда они приходятся на среднюю часть шкалы прибора.

Для разных задач подходят следующие диапазоны:

- до 200 мкСм/см – очищенная и деминерализованная вода;
- до 2000 мкСм/см – исходная, техническая и обратная вода;
- до нескольких десятков мСм/см – сточные воды и растворы средней концентрации;
- сотни мСм/см и выше – солевые, моющие и другие концентрированные составы.



Температурная компенсация

При нагреве или охлаждении электропроводность меняется даже при неизменном химическом составе жидкости. Без температурной компенсации прибор может принять обычное изменение режима за нарушение технологического процесса.

Особенно важно учитывать температуру при работе:

- с горячей водой;
- моющими средствами;
- CIP-установками;
- системами отопления и охлаждения;
- растворами, концентрацию которых определяют косвенным методом.

Для таких задач лучше выбирать оборудование со встроенным термодатчиком и автоматическим приведением результата к опорной температуре.

Компоновка оборудования

В моноблочном приборе чувствительный элемент и электроника размещены в одном корпусе. Такое исполнение занимает меньше места и упрощает монтаж.

Раздельный вариант состоит из электрода и контроллера. Он удобен, когда точка врезки находится далеко от оператора, рядом с трубопроводом высокая влажность или требуется управлять насосами, клапанами и сигнализацией.

Кроме того, раздельная компоновка дает возможность независимо подобрать электрод, преобразователь, длину кабеля и набор выходов.

Примеры решений для промышленных процессов

На рынке представлены кондуктометры разных производителей. Они отличаются диапазонами, материалами, присоединениями, интерфейсами и способом установки. В качестве примера рассмотрим [системы измерения электропроводности XSON](#) и [датчики анализа жидкости Baumer](#).

- [Линейка XSON](#) включает электроды для сред с разной проводимостью и контроллеры с дисплеями, аналоговыми выходами, RS-485 и встроенными реле. Заказчик может собрать комплект под конкретный процесс и не переплачивать за лишние функции.
- [Baumer](#) предлагает преимущественно компактные приборы со встроенной электроникой. Многие исполнения ориентированы на пищевые, напиточные и фармацевтические линии с повышенными требованиями к гигиене.



Критерий	XSON	Baumer
Конструкция	Отдельный электрод и контроллер	Преимущественно моноблочное исполнение
Выбор диапазона	Несколько типов электродов под разные среды	Встроенные широкодиапазонные решения
Основные задачи	Водоподготовка, техническая вода, очистные сооружения, технологические растворы	Пищевые, напиточные и фармацевтические линии
Индикация	На удаленном контроллере	На корпусе, если предусмотрен дисплей
Аналоговый сигнал	4–20 мА	4–20 мА
Интерфейсы	RS-485	IO-Link
Релейные выходы	Есть у контроллеров	Есть в отдельных исполнениях
Размещение электроники	В удобной для оператора зоне	Обычно рядом с трубопроводом
Защита	Электроды до IP68	До IP67/IP69K
Основное преимущество	Гибкая конфигурация измерительного канала	Компактность и гигиенические исполнения

Параметры зависят от артикула. Перед заказом необходимо проверить пределы измерений, допустимые температуру и давление, материалы контактирующих частей, тип резьбы и выходные сигналы.

Где применяются кондуктометры XSON

XSON дает возможность подобрать электрод по диапазону, постоянной ячейки, материалу корпуса, присоединению и длине кабеля. Это удобно как при создании новой системы автоматизации, так и при модернизации действующего объекта.

Очищенная вода

Для чистой воды и жидкостей с небольшим содержанием растворенных веществ подходят электроды XSON-SUP-TDS-7001 с электропроводностью [до 20 мкСм/см](#) и [до 200 мкСм/см](#).

Оба электрода можно использовать после обратного осмоса, фильтрации или деминерализации. Они помогают замечать небольшие изменения качества воды, которые могут указывать на износ мембран, загрязнение фильтров или нарушение режима установки.

Модели имеют присоединение G3/4, защиту IP68 и выдерживают давление до 5 бар.



Техническая и оборотная вода

Для более проводящих сред подойдет XSON-SUP-TDS-7001 с электропроводностью [до 2000 мкСм/см](#).

Такое исполнение используют в водоснабжении, водоподготовке, контурах охлаждения и системах оборотной воды. Допустимое давление достигает 7 бар, степень защиты IP68.

В серии есть варианты из нержавеющей стали SS316, модели с резьбой G3/4 или 3/4 NPT и кабелями разной длины. Благодаря этому оборудование проще адаптировать к существующему трубопроводу.



Растворы с повышенной концентрацией

Для сред с более высокой электропроводностью можно выбрать [XSON-SUP-TDS-7003](#) с верхним пределом 70 мСм/см.

Модель применяют при работе с техническими растворами, сточными водами и реагентами, если их параметры соответствуют характеристикам электрода.

Максимальная температура составляет +80 °С, давление – 3 бар. До установки следует проверить совместимость материалов с рабочей жидкостью.



Высокотемпературные процессы

Для температуры до +120 °С предназначен [XSON-SUP-TDS-6012-DC-M1-1-05-PK](#). Верхний предел составляет 2000 мкСм/см.

Электрод выполнен из стали SS304, корпус – из SS316L. Модель имеет присоединение 3/4 NPT, защиту IP68 и выдерживает давление до 4 бар.

Такой вариант используют там, где жидкость нагревается во время основного процесса или промывки оборудования.



Автоматическое управление

Электроды XSON можно подключить к промышленному контроллеру. Например, [XSON-SUP-TDS210-B-DK-B-4-1-C](#) питается от 24 В DC, имеет выход 4–20 мА, интерфейс RS-485 и два релейных канала SPDT.

Показания выводятся на экран диагональю 2,8 дюйма. Также доступна версия с питанием 220 В AC.

Реле можно задействовать для нескольких операций:

- включения предупредительной или аварийной сигнализации;
- запуска дозирующего насоса;
- переключения клапана;
- блокировки подачи некондиционной воды;
- запуска промывки;
- поддержания заданной концентрации раствора.



Для более сложных объектов предназначен [XSON-SUP-EC8.0-DL-D-5-2-E](#). Он работает в диапазоне до 2000 мСм/см, оснащен двумя выходами 4–20 мА, RS-485, реле и экраном диагональю 4,3 дюйма.

Корпус с защитой IP65 рассчитан на эксплуатацию в промышленных помещениях, где возможны пыль и водяные брызги.

Где используют приборы Vaumer

Vaumer можно рассматривать как пример другого подхода к построению измерительного канала. Чувствительный элемент и преобразователь обычно объединены в одном корпусе, поэтому отдельный контроллер не требуется.

Такие приборы востребованы на компактных технологических линиях и предприятиях с жесткими санитарными нормами.

Пищевые и напиточные производства

Серия [CombiLyz AFI4/AFI5](#) предназначена для непрерывного определения электропроводности и концентрации непосредственно в трубопроводе.



Модель [AFI4-6810.4006.1100](#) выполнена в компактном корпусе из нержавеющей стали, оснащена дисплеем и гигиеническим присоединением G1. Допустимая температура среды достигает +150 °C, давление 25 бар.

Данные передаются по сигналу 4–20 мА или через IO-Link.

Прибор можно применять для различения продукта, воды и моющей жидкости, а также для отслеживания отдельных этапов CIP-мойки.





Для труднодоступных участков предусмотрены модели AFI5 с разнесенным корпусом.

Например, [AFI5-A813.4002.0300](#) дает возможность закрепить преобразователь на стене и соединить его с чувствительным элементом кабелем длиной 10 м. Устройство оснащено дисплеем, двумя аналоговыми и двумя релейными выходами.

Гигиенические линии



[Серия PAC50H](#) ориентирована на пищевую, напичную и фармацевтическую промышленность. Приборы имеют гигиеническое присоединение G1 в исполнении 3-A/ENEDG и защиту до IP69K.

Производитель предлагает версии с дисплеем и без него, а также варианты с чувствительными элементами разной длины.

Экран удобен при пусконаладке и локальном обслуживании. Если все данные поступают в АСУ ТП, можно использовать исполнение без индикации.



Датчик проводимости Ваитер, установленный на трубопроводе подачи молока в буферную емкость установки розлива, обнаруживает отклонения проводимости и выдает сигнал для прекращения процесса розлива



Как подобрать систему электропроводности

Сравнивать оборудование только по точности или верхнему пределу недостаточно. Сначала нужно описать условия эксплуатации, затем выбрать подходящую конфигурацию.

В исходных данных указывают:

- минимальную и максимальную электропроводность;
- рабочую и предельную температуру;
- давление;
- химический состав среды;
- способ установки;
- тип присоединения;
- расстояние до шкафа автоматики;
- питание;
- необходимые выходные сигналы;
- количество реле;
- требования к защите корпуса.

Для водоподготовки, очистных сооружений, технической воды и инженерных систем практичным решением может стать XSON. Пользователь отдельно выбирает электрод, а затем дополняет его контроллером с нужным питанием, дисплеем и интерфейсами.

Моноблочные приборы удобны там, где важны компактность, гигиеническое исполнение и размещение всей электроники непосредственно на трубопроводе.

Как получать стабильные результаты

Правильная модель решает только часть задачи. На качество данных также влияют точка монтажа, состояние электродов, настройки преобразователя и регулярность обслуживания.

Выберите участок с постоянным потоком

Чувствительный элемент должен постоянно находиться в жидкости. Воздушные пузырьки, застойные зоны и периодическое оголение электродов вызывают скачки сигнала.

На горизонтальной трубе прибор не следует ставить в верхней точке, где скапливается воздух. Нежелательны и участки сразу после насосов, регулирующих клапанов и резких поворотов, создающих турбулентность.



Очищайте электроды

Налет меняет характеристики измерительной ячейки. Особенно заметно загрязнение влияет на результаты в средах с низким содержанием солей.

В начале эксплуатации электрод следует осматривать чаще. После нескольких проверок можно установить регламент с учетом реальной скорости образования отложений.

Для очистки используют средства, безопасные для материала корпуса и чувствительной части.

Калибруйте оборудование по реальной среде

По электропроводности можно косвенно оценить концентрацию, но зависимость между этими параметрами необходимо подтвердить экспериментально.

Разные вещества могут давать одинаковые значения, поэтому кондуктометр не заменяет полноценный химический анализ.

Для настройки следует:

- подготовить образцы с известной концентрацией;
- провести замеры при одинаковой температуре;
- построить зависимость между концентрацией и электропроводностью;
- проверить ее на промежуточных образцах;
- учесть полученные данные в контроллере или ПЛК.

Как такой подход применяется на практике, показано в проекте [«Контроль концентрации растворов»](#): кондуктометрический датчик контролирует содержание кислот и щелочей в растворах для CIP-мойки и помогает управлять дозированием активного компонента.

Настройте пороги и задержки

Если реле реагирует на каждый кратковременный скачок, насосы и клапаны будут переключаться слишком часто.

Причиной выброса может стать пузырек воздуха, переходный режим или электромагнитная помеха.

В настройках желательно предусмотреть:

- верхний и нижний пороги;
- гистерезис;
- задержку срабатывания;
- задержку возврата;
- отдельный аварийный уровень.

Это уменьшает количество ложных тревог и снижает износ исполнительных механизмов.



Сохраняйте историю показаний

Текущее значение характеризует среду только в конкретный момент. График помогает обнаружить постепенные изменения, которые еще не достигли аварийного уровня.

По тренду можно заметить загрязнение фильтра, истощение ионообменной загрузки, изменение концентрации моющего состава или нестабильность дозирования.

Для архивации данные передают в ПЛК или диспетчерскую систему через 4–20 мА, RS-485 либо другой доступный интерфейс.

Частые ошибки

Цена электрода не равна стоимости всего измерительного канала. Дополнительно могут потребоваться контроллер, блок питания, монтажная арматура, кабель, шкаф и преобразователь интерфейсов. Поэтому сравнивать следует готовые комплекты, а не отдельные позиции.

Проблемы чаще всего возникают в следующих случаях:

- нормальное значение находится у границы диапазона;
- не учтена температура во время промывки;
- материал чувствительной части несовместим с жидкостью;
- выбрана неподходящая резьба;
- не хватает длины кабеля;
- преобразователь установлен во влажной зоне без нужной защиты;
- нет необходимого интерфейса;
- не предусмотрены релейные выходы;
- электрод трудно снять для очистки;
- экран плохо виден после монтажа.

Предварительный [опросный лист](#) помогает учесть эти условия до заказа оборудования.



Итоги

Современный кондуктометр должен решать конкретную задачу: оценивать качество воды, отслеживать концентрацию раствора, управлять оборудованием или передавать данные в АСУ ТП.

Для водоподготовки, очистных сооружений, технической воды и общепромышленных процессов удобно использовать [XSON](#). Раздельная конструкция дает возможность выбрать электрод с подходящими характеристиками и дополнить его контроллером с дисплеем, 4–20 мА, RS-485 и релейными выходами.

Моноблочные приборы, например [Baumer](#), востребованы на компактных линиях и производствах с повышенными санитарными требованиями.

Независимо от марки результат зависит от правильного монтажа, температурной компенсации, очистки, калибровки и анализа показаний в динамике. При соблюдении этих условий кондуктометр становится полноценным инструментом автоматизации, а не просто индикатором текущего значения.

