

## Измерение электропроводности на ЦБК

На целлюлозно-бумажном комбинате (ЦБК) вода контактирует с волокном, минеральными наполнителями, продуктами варки и отбеливания, технологическими добавками. В водную фазу переходят растворенные соли и другие вещества, диссоциирующие на ионы. Их концентрация и состав влияют на удельную электропроводность (УЭП) среды.

УЭП используют как интегральный технологический параметр. Кондуктометр не определяет концентрацию отдельных компонентов и не заменяет лабораторный химический анализ. Непрерывное измерение регистрирует изменение проводимости среды относительно установленного рабочего режима.

На разных участках ЦБК проводимость различается на несколько порядков, поэтому диапазон и исполнение датчика выбирают для конкретной технологической точки.



### Что показывает электропроводность жидкости

Удельная электропроводность характеризует способность раствора проводить электрический ток и зависит от концентрации, заряда и подвижности содержащихся в нем ионов. Значение УЭП обычно выражают в мкСм/см или мСм/см.

При изменении концентрации электролитов изменяется и проводимость раствора. Поэтому УЭП применяют для контроля минерализации воды, накопления растворенных ионных компонентов и концентрации технологических растворов.

Универсальной зависимости между УЭП и общей концентрацией растворенных веществ нет. На проводимость влияют состав и концентрация ионов, температура и свойства раствора. При высоких концентрациях зависимость также может быть нелинейной.

Если по УЭП требуется определять концентрацию конкретного реагента, зависимость «электропроводность – концентрация» устанавливают для данного раствора и рабочего диапазона.



## Температурная компенсация

При изменении температуры меняется подвижность ионов и, соответственно, электропроводность раствора. Поэтому значения УЭП, полученные при разных температурах без компенсации, непосредственно не сопоставимы.

Промышленные кондуктометры измеряют температуру среды и пересчитывают электропроводность к заданной опорной температуре, часто к 25 °С. Коэффициент или алгоритм температурной компенсации задают с учетом свойств контролируемого раствора.

## Где измеряют электропроводность на ЦБК

Основные точки измерения УЭП на ЦБК приведены в таблице.

| Технологическая точка                   | Что контролируют по УЭП                                              | Требования к измерению                                        |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Короткая циркуляция и обратная вода БДМ | Изменение содержания растворенных ионных компонентов                 | Устойчивость к загрязнению, температурная компенсация         |
| Приготовление растворов ХВВ             | Концентрацию реагента при известной зависимости «УЭП – концентрация» | Рабочий диапазон, температурная компенсация                   |
| Отбеливание                             | Изменение ионного состава технологического раствора                  | Химическая стойкость смачиваемых материалов, температура      |
| Регенерация щелока и выпарка            | Изменение состава концентрированных потоков                          | Высокий верхний предел УЭП, температура, химическая стойкость |
| Промывка целлюлозы                      | Содержание растворенных ионных компонентов в жидкой фазе             | Устойчивость к загрязнению волокном и отложениями             |
| Сточные воды                            | Изменение ионного состава стока                                      | Требуемый диапазон УЭП, устойчивость к загрязнению            |
| Химводоподготовка                       | Изменение содержания растворенных солей                              | Измерение низких значений УЭП                                 |

## Короткая циркуляция и обратная вода БДМ

При замыкании водооборота бумагоделательной машины (БДМ) в водной фазе накапливаются растворенные и коллоидные вещества (DCS), минеральные соли и компоненты технологической химии.

Повышение концентрации электролитов увеличивает ионную силу водной фазы и может влиять на электрокинетические взаимодействия в бумажной массе, работу удерживающих систем, проклейку и обезвоживание.

УЭП измеряют непрерывно и контролируют относительно установленного для данного режима диапазона. Рост проводимости регистрирует увеличение содержания растворенных ионных компонентов. При выходе УЭП за установленные пределы проверяют водный баланс, параметры подпиточной воды и дозирование химических реагентов.



## Приготовление и дозирование химических реагентов

Коагулянты, проклеивающие составы и другие химические вспомогательные вещества (ХВВ) подают в технологический процесс в виде растворов заданной концентрации.

Если для реагента установлена зависимость «УЭП – концентрация», электропроводность используют как косвенный параметр концентрации. Отклонение УЭП от заданного диапазона может указывать на нарушение соотношения реагента и воды при приготовлении раствора.

## Отбеливание целлюлозы

Изменение концентрации и ионного состава растворов, используемых при отбеливании, сопровождается изменением их электропроводности. УЭП используют как один из параметров контроля среды совместно с температурой, pH, расходом реагентов и данными химического анализа.

Для таких точек при подборе датчика учитывают химическую стойкость смачиваемых материалов и рабочую температуру.

## Регенерация щелока и выпарные установки

Щелоки и другие потоки регенерационного цикла содержат высокие концентрации растворенных минеральных и органических компонентов. УЭП может использоваться как дополнительный параметр контроля изменения состава потока.

Для концентрированных многокомпонентных сред зависимость между электропроводностью и концентрацией устанавливают отдельно. Измерительный диапазон датчика должен соответствовать высокой проводимости раствора.

## Промывка целлюлозы

При промывке из волокнистой массы удаляются растворенные компоненты. УЭП фильтрата или промывной воды характеризует изменение содержания ионных веществ в жидкой фазе.

Показания сопоставляют с установленными для данного технологического режима значениями и анализируют совместно с расходом промывной воды.

## Сточные воды

В сточных водах УЭП характеризует суммарное содержание растворенных ионных компонентов, но не определяет ХПК, БПК или концентрацию конкретного загрязняющего вещества.

Непрерывное измерение регистрирует изменение ионного состава стока. Выход УЭП за установленный диапазон используют как сигнал для проверки состава поступающего потока.



## Химводоподготовка

В системах обратного осмоса, ионного обмена и на других стадиях водоподготовки УЭП применяют для контроля содержания растворенных солей.

Рост проводимости на выходе установки или отдельной ступени очистки регистрирует увеличение содержания ионных компонентов. Для таких точек выбирают датчик с требуемым разрешением в области низкой проводимости.

## Как выбрать датчик электропроводности для ЦБК

При подборе учитывают диапазон УЭП, состав среды, температуру, давление, наличие волокна и взвесей, условия монтажа и требования АСУ ТП.

### Диапазон измерения

Проводимость технологических сред на ЦБК различается на несколько порядков. В подготовленной воде значения могут находиться в области единиц и десятков мкСм/см, в оборотной и технологической воде – сотен и тысяч мкСм/см, в концентрированных растворах – в области мСм/см.

Рабочее значение должно находиться внутри диапазона измерения датчика с запасом на технологические отклонения. Для воды с низкой минерализацией учитывают нижний предел и разрешение измерительного канала.

### Тип измерительной ячейки

Контактные кондуктометрические датчики определяют проводимость по электрическим параметрам среды между электродами. Рабочий диапазон зависит в том числе от постоянной измерительной ячейки.

Для сред с высокой электропроводностью, а также в ряде задач с загрязненными средами применяют индуктивные датчики, в которых электроды непосредственно со средой не контактируют.

Принцип измерения выбирают по диапазону УЭП, свойствам среды и условиям эксплуатации.

## Материалы датчика

Смачиваемые части датчика должны быть химически совместимы с контролируемой средой при рабочей температуре.

Проверяют материалы чувствительного элемента, корпуса, изоляторов, уплотнений и технологического присоединения. Для щелоков и отбеливающих растворов совместимость определяют с учетом состава и концентрации среды.



## Температура и давление

Допустимые температура и давление датчика должны соответствовать рабочим и максимальным параметрам процесса. Если оборудование подвергается периодической промывке при повышенной температуре, учитывают также параметры режима очистки.

## Загрязнение чувствительного элемента

Волокно, наполнители, смолы и другие компоненты среды могут образовывать отложения на чувствительной части датчика. Загрязнение изменяет условия измерения и может приводить к дополнительной погрешности и дрейфу показаний.

Место установки выбирают с постоянным обтеканием чувствительного элемента и доступом для очистки. Периодичность обслуживания устанавливают по фактической скорости образования отложений.

## Системы измерения электропроводности XSON

Для построения измерительного канала по схеме «датчик – контроллер – АСУ ТП» можно использовать [системы измерения электропроводности XSON](#).

В линейке представлены датчики с диапазонами 0,1–200 мкСм/см, 1–2000 мкСм/см и 0–70 мСм/см. Это позволяет выбрать измерительную ячейку в соответствии с проводимостью среды – от воды с низкой минерализацией до технологических растворов с УЭП в диапазоне мСм/см.



Датчик подключают к кондуктометру-контроллеру, который обрабатывает измерительный сигнал и отображает текущее значение УЭП. В зависимости от исполнения предусмотрены аналоговый выход 4–20 мА, интерфейс RS-485 и релейные выходы.

По сигналу 4–20 мА текущее значение УЭП передают в ПЛК. RS-485 используют для цифровой передачи данных. Релейные выходы позволяют формировать дискретные сигналы при достижении заданных значений электропроводности.

Такая архитектура измерительного канала применяется, когда датчик устанавливают непосредственно на технологическом оборудовании, а индикацию, настройку и выходные сигналы формирует отдельный контроллер.



## Датчики электропроводности Baumer

Для измерения электропроводности непосредственно в технологической линии применяют [датчики анализа жидкости Baumer](#). В линейке представлены, в частности, CombiLyz [AFI4](#), [AFI5](#) и [PAC50H](#).



**AFI4**



**AFI5**



**PAC50H**

Измерительная электроника встроена в датчик, поэтому для формирования выходного сигнала отдельный кондуктометр-контроллер не требуется. В зависимости от исполнения предусмотрены аналоговые выходы и интерфейс IO-Link.

Для отдельных моделей диапазон измерения достигает 1000 мСм/см, допустимая температура среды – до +150 °С, давление – до 25 бар. Конкретные значения диапазона, температуры и давления определяются выбранным исполнением.

Аналоговый сигнал используют для передачи измеренного значения в ПЛК. В исполнениях с IO-Link данные и параметры датчика передаются по цифровому интерфейсу.

Таким образом, в системе с Baumer первичное измерение, обработка сигнала и формирование выходного сигнала выполняются одним прибором непосредственно в точке измерения.

## Монтаж датчика электропроводности

Условия монтажа влияют на погрешность и стабильность показаний. Чувствительный элемент должен постоянно контактировать с контролируемой жидкостью и находиться в зоне устойчивого потока.

Условия монтажа влияют на погрешность и стабильность показаний. Чувствительный элемент должен постоянно контактировать с контролируемой жидкостью и находиться в зоне устойчивого потока.

Датчик не устанавливают в точках возможного скопления воздуха или осадка. В волокнистых средах положение выбирают так, чтобы снизить накопление волокна на чувствительной части.

Положение датчика, минимальную глубину погружения и другие требования к монтажу определяют по документации изготовителя.



## Обслуживание и проверка измерительного канала

Периодичность обслуживания зависит от скорости загрязнения чувствительного элемента и требований к точности измерения.

Регламент включает осмотр и очистку датчика, проверку показаний по раствору с известной электропроводностью, контроль кабелей, разъемов и уплотнений.

После очистки показания сравнивают с контрольным значением при заданной температуре. При превышении установленного допуска выполняют калибровку или диагностику в соответствии с документацией изготовителя. Подробнее о различиях между этими процедурами – в статье [«Чем поверка отличается от калибровки и испытаний приборов производителем»](#).

Если УЭП используется в алгоритмах автоматического управления или сигнализации, проверяют весь измерительный канал – от датчика до значения и дискретных сигналов в ПЛК или SCADA.

## Передача и обработка УЭП в АСУ ТП

В АСУ ТП регистрируют текущее значение УЭП и его изменение во времени. Для технологической точки задают рабочий диапазон и уставки сигнализации.

Например, постепенный рост УЭП оборотной воды соответствует увеличению содержания растворенных ионных компонентов. При скачкообразном изменении проверяют параметры водооборота, дозирование реагентов и переключение технологических потоков.

УЭП регистрируют вместе с температурой. При необходимости данные сопоставляют с pH, расходом и другими параметрами процесса.

Уставки определяют по технологическим требованиям и данным эксплуатации конкретного участка. Единые предельные значения УЭП для разных водных и технологических контуров не применяют.

## Исходные данные для подбора оборудования

Для подбора системы измерения электропроводности указывают:

- контролируемую среду и ее состав;
- минимальное, рабочее и максимальное значение УЭП;
- рабочую и максимальную температуру и давление;
- наличие волокна, взвесей и склонность к образованию отложений;
- материал трубопровода или емкости;
- тип и размер технологического присоединения;
- необходимость местной индикации;
- требуемый выходной сигнал или цифровой интерфейс;
- условия размещения и степень защиты.



Для подбора оборудования заполните [опросный лист](#) с исходными данными по технологической точке и [обратитесь к инженерам «РусАвтоматизации»](#). Специалисты подберут датчик электропроводности, его исполнение и состав измерительного канала с учетом параметров среды, условий монтажа и требований АСУ ТП.

