

# ЭЛЕКТРОДЫ АНОДНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОГО ЭЛАСТОМЕРА СЕРИИ ЭЛЭР ДЛЯ СИСТЕМ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ И ЗАЩИТНЫХ ЗАЗЕМЛЕНИЙ

Эластомерные электроды анодного заземления (АЗ) представляют собой малорастворимые электроды из электропроводной эластомерной композиции, предназначенные для применения в анодных заземлениях установок катодной защиты металлических и железобетонных сооружений от коррозии, контактирующих с грунтом, речной и морской водой и другими электролитическими средами.

Принципиальная конструкция эластомерных электродов АЗ представляет собой линейный цилиндрический электрод, состоящий из одной или двух оболочек из электропроводного эластомера, внутри которого коаксиально вдоль его центральной оси размещен металлический сердечник, выполняющий функцию токопровода. Электропроводный эластомер, являющийся рабочим материалом электродов, состоит из эластомерной матрицы, наполненной углеродными компонентами, обеспечивающими протекание анодного тока. Эластомерная матрица обладает высокой эластичностью, деформационной упругостью, стойкостью к озоновому, кислородному и иным видам старения и воздействию агрессивных сред. Электропроводный эластомер химически инертен, а при электрохимическом срабатывании углеродных материалов образуется углекислый газ, что обеспечивает экологическую чистоту работы анодного заземления. Материалом токопровода служит гибкий многожильный провод из меди или латунированной стали.



## Типы серийно выпускаемых эластомерных электродов АЗ

Электроды протяженного типа однослойные	
ЭЛЭР-2	ТУ 4834-005-24014768-2005
ЭЛЭР-2.1	ТУ 4834-005-24014768-2005
ЭЛЭР-5	ТУ 4834-006-24014768-2005
Электроды протяженного типа двухслойные	
ЭЛЭР-2.1/2	ТУ 4834-005-24014768-2005
Электроды модульного типа	
ЭЛЭР-3	ТУ 4834-007-24014768-2005
Электроды глубинного типа	
ЭЛЭР-5ГАЗ	ТУ 4834-006-24014768-2005

Условия применения и принцип действия электродов АЗ протяженного типа определяются их конструкцией и характеристиками рабочего материала.

**Однослойные электроды АЗ протяженного типа ЭЛЭР-2, ЭЛЭР-2.1, ЭЛЭР-5** имеют одну рабочую оболочку из электропроводного эластомера с заданным в процессе их изготовления постоянным значением удельного объемного электрического сопротивления в диапазоне 0,5–5,0 Ом\*м. Указанные электроды различаются между собой толщиной рабочей оболочки и, соответственно, номинальной удельной плотностью анодного тока.

**Двухслойные электроды АЗ протяженного типа ЭЛЭР-2.1/2** имеют, кроме рабочей оболочки, еще одну эластомерную оболочку, значение удельного объемного электрического сопротивления которой задается в процессе изготовления

в диапазоне 50–3000 Ом\*м, и может быть переменным по длине и радиусу электрода. Назначение этой оболочки электрода — обеспечить оптимальное распределение тока, стекающего с анодного заземления, в средах с различным удельным электрическим сопротивлением и при различном состоянии изоляционного покрытия защищаемого сооружения. Выбор значения удельного объемного электрического сопротивления электропроводного эластомера для указанной оболочки проводится на стадии проектирования, исходя из конкретных параметров коррозионной среды и защищаемого объекта. Критерии выбора электрических характеристик эластомерных электродов и методы расчета анодных заземлений с применением эластомерных электродов протяженного типа приведены в РД-106\*-05.

При размещении в непосредственной близости от объекта защиты и параллельно ему электроды АЗ протяженного типа обеспечивают создание цилиндрического поля защитного тока (в отличие от сферического



поля при использовании сосредоточенных анодов), которое практически полностью замыкается в объеме среды между анодным заземлением и защищаемым сооружением. В этом случае система «анод–объект защиты» может рассматриваться как система двух параллельных проводников тока, закон распространения которого определяется соотношением постоянных распространения тока анодного заземления и объекта защиты.

Указанные конструктивные особенности электродов АЗ протяженного типа (особенно двухслойных электродов с дифференциальными электрическими характеристиками) позволяют:

- формировать защитное поле требуемой конфигурации, управлять режимом стекания защитного тока, а значит, обеспечивать равномерное распределение защитного потенциала по длине и поверхности защищаемого объекта на минимально необходимом уровне, сохраняя его изоляционное покрытие;
- обеспечить минимальное сопротивление анодной цепи в грунтах практически с любым удельным электрическим сопротивлением;
- исключить образование блуждающих токов и предотвратить экранирующее влияние объектов, не включенных в систему защиты;
- исключить (или минимизировать) на подводных переходах экранирующее воздействие защитного электрического поля, нарушающее естественную миграцию (в т. ч. нерест) рыб;
- обеспечить КПД системы защиты на любых объектах не менее 80 %.

Управление режимом стекания защитного тока анодного заземления из электродов протяженного типа (или отдельных его участков) можно также осуществлять с помощью дополнительных регулируемых поляризованных сопротивлений.

Соединения отдельных строительных длин электродов между собой, как правило, осуществляются вне коррозионной среды. Стандартная заводская комплектация эластомерных электродов АЗ протяженного типа предусматривает наличие изделий и материалов, обеспечивающих изоляцию участка электрода на границе двух сред (участок выхода на поверхность для подключения или соединения), торца электрода, не участвующего в коммутации, и соединение отдельных частей электродов между собой и с кабелем питания. Для контактных соединений электродов в коррозионной среде комплектацией предусмотрена поставка специальных соединительных муфт. Полный состав стандартных комплектующих изделий и материалов приведен далее.

Поставка эластомерных электродов АЗ протяженного типа осуществляется на кабельных барабанах отдельными строительными длинами, которые определены техническими условиями на их изготовление. Поставка строительных длин, превышающих установленные нормативы, осуществляется по согласованию с изготовителем.

Основными рабочими характеристиками эластомерных электродов АЗ протяженного типа являются:

- постоянная распространения тока  $\alpha$  [1/м];
- характеристическое сопротивление  $Z$  [Ом];
- номинальная удельная плотность анодного тока  $J$  [мА/м];
- скорость анодного растворения  $q$  [кг/А\*год];
- расчетный срок службы  $T$  [лет].

Постоянная распространения тока  $\alpha$  и характеристическое сопротивление  $Z$  электродов АЗ протяженного типа определяются соотношением их продольного  $r$  и переходного  $R$  электрических сопротивлений; номинальная удельная плотность анодного тока  $J$  и срок службы  $T$  — количеством углеродных материалов в эластомерной композиции и электрохимическими свойствами самого эластомера. Диапазон номинальных значений этих характеристик составляет:

- $\alpha = 10^{-2} - 10^{-4}$  [1/м];
- $Z = 0,1 - 2,5$  [Ом];
- $J = 20 - 250$  [мА/м] без коксовой засыпки;  
50–800 [мА/м] с коксовой засыпкой;
- $q \leq 0,25$  [кг/(А\*год)];
- $T =$  не менее 30 [лет].

Область применения эластомерных электродов АЗ протяженного типа в системах катодной защиты от подземной, речной и морской коррозии включает в себя следующие объекты:

- магистральные, промышленные и иные трубопроводы и многониточные системы трубопроводов в грунтах с любым удельным электрическим сопротивлением, включая скальные, пустынные,





- засушливые и многолетнемерзлые, и в условиях водородного охрупчивания;
- разветвленные коммуникации компрессорных, газораспределительных, нефтеперекачивающих станций, тепло-, электростанций и промышленных площадок иного назначения и любые сооружения со сложной конфигурацией;
- подводные переходы и переходы трубопроводов под автомобильными и железными дорогами;
- портовые и причальные сооружения, морские платформы и иные гидротехнические сооружения;
- технологические резервуары любого назначения, включая внутреннюю поверхность.

**Электроды АЗ модульного типа ЭЛЭР-3** представляют собой заводскую комплектную сборку, состоящую из  $N$  — числа заземляющих электродов типа ЭЛЭР-5 длиной  $L$  метров каждый, расположенных на расстоянии  $(3-5) L$  друг от друга на магистральном кабеле. Рабочая оболочка электродов модуля выполняется из электропроводного эластомера с минимальным удельным объемным электрическим сопротивлением, не превышающим  $0,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

Число электродов  $N$  в модуле ЭЛЭР-3 может изменяться от 2 до 24 шт., длина отдельного электрода  $L$  может составлять от 1,5 до 15 м. Выбор этих параметров производится заказчиком исходя из требуемой токовой нагрузки на модуль анодного заземления и технологических возможностей при проведении монтажных работ (вертикальный или горизонтальный способ размещения электродов в грунте, возможная глубина бурения и т. п.).

Изоляция и герметизация контактных узлов выполняется в заводских условиях и может иметь два варианта исполнения: из диэлектрических эластомеров, термодинамически совместимых с материалами оболочек кабеля, либо с применением соединительных муфт специальной конструкции.

Выполнение всех операций, связанных с электромонтажными работами по соединению и подключению электродов, изоляции и герметизации контактных узлов в условиях завода-изготовителя с применением специальных комплектующих изделий и термодинамически совместимых материалов, обеспечивает 100 % надежность и стойкость этих соединений в течение всего гарантийного срока службы электродов АЗ модульного типа.

Основными рабочими характеристиками эластомерных электродов АЗ модульного типа являются:

- номинальная удельная плотность анодного тока  $J$  [мА/м];
- скорость анодного растворения  $q$  [кг/А\*год];
- расчетный срок службы  $T$  [лет].

Номинальные значения скорости анодного растворения  $q$  и гарантийного срока службы  $T$  для электродов АЗ модульного типа аналогичны номинальным значениям соответствующих характеристик для электродов АЗ протяженного типа.

Номинальная удельная плотность анодного тока  $J$  для электродов модульного типа ЭЛЭР-3 равна 250 мА/м (без коксовой засыпки) и 800 мА/м (в коксовой засыпке).

Суммарный номинальный анодный ток для любого модуля типа ЭЛЭР-3, состоящего из  $N$  — числа электродов длиной  $L$  метров каждый, рассчитывается по формуле:

$$I = J * L * N, \quad [A]$$

По классификации, принятой ГОСТ Р 51164, анодные заземления из модулей типа ЭЛЭР-3 относятся к сосредоточенным заземлениям с горизонтальной, вертикальной или комбинированной укладкой электродов.

Область применения электродов АЗ модульного типа в системах катодной защиты определена в тех случаях, когда использование других типов (протяженных или глубинных) анодных заземлений технически невозможно или экономически нецелесообразно.

**Электрод АЗ глубинного типа ЭЛЭР-5ГАЗ** представляет собой электрод ЭЛЭР-5 длиной  $L$ , определяемой заказчиком, оснащенный кабелем подключения, узлами изоляции и герметизации, центрирующими кольцами и защитным оголовком. Рабочая оболочка электрода ЭЛЭР-5ГАЗ выполняется из электропроводного эластомера с минимальным удельным объемным электрическим сопротивлением, не превышающим  $0,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Центрирующие кольца, изготовленные из диэлектрического эластомера, предназначены для коаксиального размещения электрода в скважине и имеют профиль, обеспечивающий свободное заполнение пространства между электродом и стенками скважины коксовым активатором, и устанавливаются на теле электрода с шагом 1,5 м.



Требуемый диаметр скважины — не менее 219 мм. Защитный оголовок защищает нижний конец электрода от механических повреждений при спуске электрода в скважину. Контактный узел кабеля подключения и токопровода электрода изолирован и герметизирован от воздействия внешней среды в заводских условиях с применением специальных изделий и термодинамически совместимых материалов.

Основными рабочими характеристиками эластомерных электродов АЗ глубинного типа являются:

- номинальная удельная плотность анодного тока  $J$  [мА/м];
- скорость анодного растворения  $q$  [кг/А\*год];
- расчетный срок службы  $T$  [лет].

Номинальные значения скорости анодного растворения  $q$  и гарантийного срока службы  $T$  для электродов АЗ глубинного типа аналогичны номинальным значениям соответствующих характеристик для электродов АЗ протяженного и модульного типа.

Номинальная удельная плотность анодного тока  $J$  для электродов АЗ глубинного типа ЭЛЭР-5ГАЗ равна 250 мА/м (без коксовой засыпки) и 800 мА/м (в коксовой засыпке). Суммарный номинальный анодный ток для любого электрода ЭЛЭР-5ГАЗ, имеющего  $L$  метров длины, рассчитывается по формуле:

$$I = J * L, \quad [A]$$

Область применения электродов АЗ глубинного типа в системах катодной защиты определена в тех случаях, когда использование других типов анодных заземлений технически или экономически нецелесообразно.

Электроды АЗ глубинного типа рекомендуется применять:

- в грунтах с удельным электрическим сопротивлением более 100 Ом\*м ;
- в грунтах с удельным электрическим сопротивлением верхнего слоя больше в 2 и более раз, чем удельное электрическое сопротивление подстилающего слоя;
- при недостаточности площади для размещения анодного заземления сосредоточенного типа;
- при отсутствии возможности удалить анодное заземление сосредоточенного типа на расчетное расстояние от защищаемого объекта.

Эксплуатационные характеристики эластомерных электродов АЗ любого типа серии ЭЛЭР при применении их в системах противокоррозионной защиты и в контурах защитных заземлений (грозозащита, защита от высоких напряжений и статического электричества) обеспечиваются:

- в грунтах с содержанием водорастворимых солей до 4 г/кг при pH от 4 до 9;
- в речной и морской воде и других водных электролитах с содержанием растворимых солей до 4 г/кг при pH от 4 до 9.

Эксплуатация эластомерных электродов серии ЭЛЭР для противокоррозионной защиты в агрессивных средах (контакт с нефтепродуктами, маслами, бензинами и т. п.) обеспечивается применением маслобензостойких эластомерных композиций.

Для всех типов эластомерных электродов АЗ вид климатического исполнения УХЛ, категория размещения 5 по ГОСТ 15150.

Технические характеристики серийно выпускаемых эластомерных электродов серии ЭЛЭР приведены в соответствующей таблице.

**Дискретные электроды анодного заземления модификации ЭЛЭР-10** представляют собой параллелепипед из электропроводного эластомера, наполненный композиционными углеродными материалами, и предназначены для создания локальных контуров анодных заземлений в грунте или водной среде (рис. 12).

**Дискретные электроды модификации ЭЛЭР-11** представляют собой пластину из электропроводного эластомера, наполненную композиционными углеродными материалами, рабочая поверхность которой может быть оснащена капиллярным материалом (рис. 13). Назначение таких электродов — коррозионная защита поверхностей объектов, находящихся в воде или в зоне переменного смачивания.

Все поставки электродов любого типа серии ЭЛЭР сопровождаются необходимой комплектацией материалами и изделиями, позволяющими максимально сократить объем работ, выполняемых непосредственно на месте монтажа, и обеспечить гарантийный срок службы изделий (рис. 14–25).

