

2.1 ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

2.1.1 Электролизные установки

Электрохимические процессы в электролитических средах с током связаны с окислительно-восстановительными реакциями, изменением условий переноса заряда, переносом заряженных частиц через мембраны и т. п.

Электролиз – совокупность окислительно-восстановительных реакций, протекающих на электродах, погруженных в электролит, через который проходит постоянный электрический ток.

Основное применение электролиза – получение различных веществ и нанесение покрытий. В ряде случаев электролиз имеет негативные последствия (например, загрязнение продуктами электролиза при электродном нагреве воды, почвы на постоянном токе).

Процесс электролиза протекает в специальном аппарате – электролизере, представляющем собой емкость с раствором или расплавом химреагента, в которой размещены электроды (рисунок 2.1.1.1).

Если анод растворим, то его частицы поступают в раствор с положительным знаком (катионы) и перемещаются к катоду, где нейтрализуются и осаждаются – происходит перенос вещества с анода на катод (процесс гальваностегии и гальванопластики).

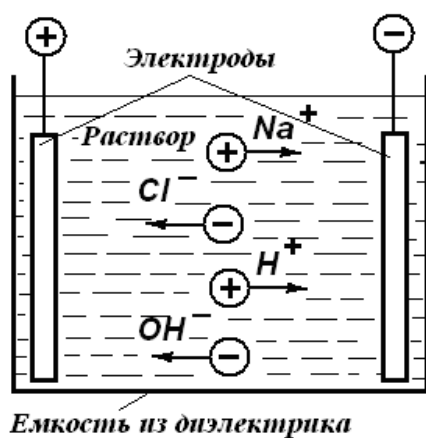
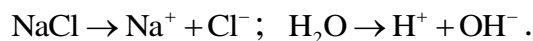


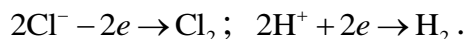
Рисунок 2.1.1.1 Схема простейшего электролизера

Рассмотрим процесс электролиза соли NaCl в воде. Под действием электрического поля вещества диссоциируют на ионы:



При этом ионы движутся к соответствующему электроду – положительные $\text{Na}^+, \text{H}^+ \rightarrow$ к катоду, отрицательные $\text{Cl}^-, \text{OH}^- \rightarrow$ к аноду.

На электродах выделяется хлор и водород:



В объеме раствора хлор соединяется с водой, образуя соляную и хлорноватистую кислоты:



а натрий образует щелочь и гипохлорид натрия:



Хлорноватистая кислота и гипохлорид натрия являются сильными окислителями. Их растворы используют для дезинфекции молочного, доильного и другого оборудования.

Электролиз можно использовать для получения таких веществ, как $\text{Al}(\text{OH})_3$ и $\text{Fe}(\text{OH})_3$, способствующих коагуляции дисперсных веществ.

2.1.2 Электрохимическая обработка металлов

Электрохимические методы обработки применяют при нанесении покрытий, доводке поверхностей штампов, пресс- и литейных форм, затачивании режущего инструмента с пластинками из твердых сплавов, профилировании изделий сложной формы, получении круглых, прямоугольных и фасонных сквозных отверстий, травлении и обезжиривании деталей.

Электрохимические методы обработки материалов, применяемые в ремонтном производстве, основаны на явлениях электролиза. Гальванотехническим способом формируют изделие на катоде из осаждающегося на нем металла анода. При катодном травлении очищают

изделие (катод) пузырьками выделяющегося на нем водорода, которые удаляют жир и загрязнения с поверхности. При электролитическом анодном травлении и полировании изделие является анодом, и его поверхностный слой очищается и сглаживается – полируется. Методом электролитического растворения анода можно придать изделию любую сложную форму.

В гальванотехнике различают гальваностегию и гальванопластику.

Гальваностегия – нанесение на изделия тонкого (5–30 мкм) слоя металла для защиты от коррозии, получения декоративных покрытий, упрочнения деталей (меднение, золочение, никелирование, хромирование).

Гальванопластика – покрытие изделий толстым слоем металла, применяемое в художественных промыслах и полиграфии. Для улучшения сцепления наносимого слоя и подложки необходимо, чтобы поверхность была чистой, без окислов и жиров.

В ремонтном производстве восстанавливают детали местным железнением, хромированием, нанесением никель-кобальтового покрытия. Эти металлы осаждают в стационарных ваннах; процесс характеризуется высоким выходом металла по току (75–95 %), большой скоростью осаждения (0,25–0,30 мм/ч).

Местное железнение проводят в ванне с герметизированным отверстием под подшипник (рисунке 2.1.2.1).

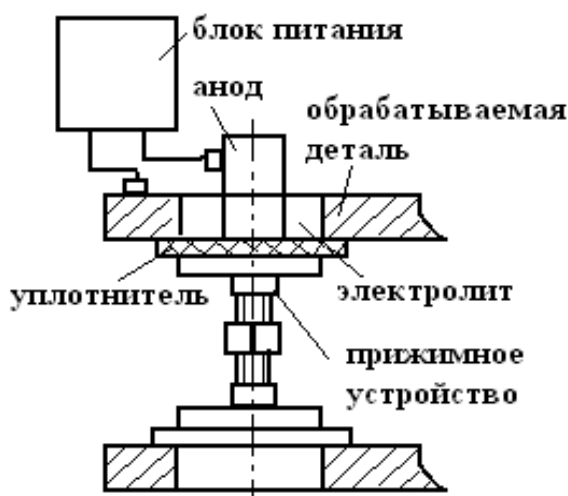


Рисунок 2.1.2.1 Схема приспособления для железнения посадочных мест

В производственных условиях электролит приготавливают путем травления (до насыщения) металлической стружки из малоуглеродистой стали в растворе соляной кислоты. Стружку обезжиривают в 10%-м растворе каустической соды при температуре 60–70 °С и тщательно промывают горячей водой. После этого стружку небольшими порциями погружают в кислотостойкую емкость, содержащую дистиллированную воду и кислоту в соотношении 2:1 и травят при температуре 30–40 °С до тех пор, пока не перестанет выделяться водород. После отстоя электролит фильтруют через стеклоткань и проверяют его плотность ареометром. Железнение ведут при температуре 35–40 °С и плотности тока 1,0–1,5 кА/м². Время железнения, ч:

$$\tau = 10^2 h \rho / (\alpha j_k \eta_T), \quad (2.1.2.1)$$

где h – требуемая толщина слоя железа, м; $\rho = 7820$ кг/м³ – его плотность; $\alpha = 1,042 \cdot 10^{-3}$ кг/(А·ч) – электрохимический эквивалент железа; j_k – катодная плотность тока, А/м²; $\eta_T = 75–85$ % – выход металла по току, т.е. процентное отношение количества вещества, полученного при опыте, к рассчитанному по законам Фарадея.

Определяя параметры электролизеров, проводят электротехнологический, тепловой, гидравлический, механический и другие расчеты.

Эффективность работы электролизной ванны зависит от выхода вещества по энергии q_3 и по току η_T , %:

$$q_3 = \alpha \eta_T / (100 U_{эл}). \quad (2.1.2.2)$$

Если снимают значительное количество металла, то скорость обработки уменьшается, так как на аноде выделяются продукты реакции. Чтобы устранить этот недостаток и обеспечить высокую производительность процесса, необходимо непрерывно удалять их с поверхности обрабатываемого изделия – анода, т. е. проводить депассивацию. Это делают двумя способами: либо сильной струей проточного электролита, вымывающего продукты пассивации из межэлектродного пространства (рисунок 2.1.2.2, а), либо механическим путем (рисунок 2.1.2.2, б). В первом случае процесс называют

анодно-гидравлической размерной обработкой, во втором – анодно-механической. При анодно-гидравлической обработке шлифованием плотность тока составляет $0,2-0,5 \text{ А/см}^2$, при других операциях может достигать $50-2000 \text{ А/см}^2$, напряжение на электродах – $10-30 \text{ В}$, скорость электролита – $4-5 \text{ м/с}$, удельный объем снимаемого металла – $8-16 \text{ см}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$, удельная энергоемкость при обработке сталей – $6-25 \text{ кВт}\cdot\text{ч/кг}$.

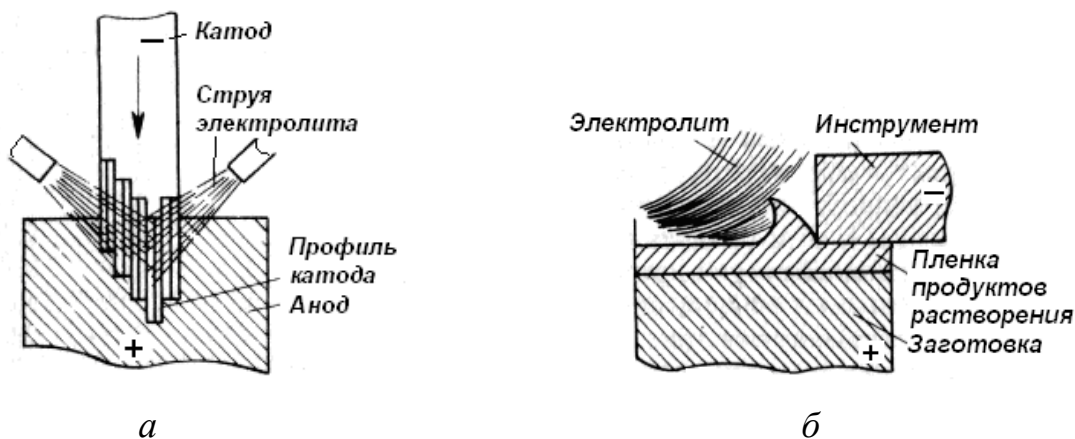


Рисунок 2.1.2.2 Схема анодно-гидравлической обработки (воспроизведение профиля катода в аноде) (а) и чистой анодно-механической обработки (б)

При анодно-механической чистовой и отделочной обработке плотность тока $0,5-10,0 \text{ А/см}^2$, при черновой обработке – $100-500 \text{ А/см}^2$; напряжение на электродах – $2-36 \text{ В}$.

К источникам питания (преобразователям) для электрохимической обработки предъявляют следующие требования: выходное напряжение – $12-115 \text{ В}$; номинальный ток – $100-25\,000 \text{ А}$; плавное и глубокое (от нуля до номинального значения) регулирование выходного напряжения; автоматическая стабилизация выходных параметров (напряжения, силы и плотности тока в гальванической ванне во всем диапазоне); защита от коротких замыканий на стороне постоянного и переменного тока, а также от перегрузок и перегрева тиристорov; автоматическое реверсирование выходного тока; возможность установки в непосредственной близости от гальванической ванны.

Наибольшее распространение получили преобразователи серии ВАК и ВАКР (таблица 2.1.2.1 1), выполненные на тиристорах по шестифазной схеме выпрямления с уравнивающим реактором.

Таблица 2.1.2.1 Технические данные некоторых типов источников питания

Тип агрегата	Номинальное напряжение, В	Номинальная сила тока, А	Мощность, кВт
ВАК-100-12У4	12/6	100	1,2/0,60
ВАКР-320-18У4	18/9	320	5,76/2,88
ВАК-630-24У4	24/12	630	15,12/7,56
ВАКР-630-24У4	24/12	630	15,12/7,56
ВАКР-630-12У4	12/6	630	7,56/3,78
ВАКР-1600-12У4	12/6	1600	19,2/9,60
ТЕИ-100/12Т-0	12	100	1,2
ТЕИ-100/24Т-0	24	100	2,4
ТЕИ-400/24Т-0	24	400	9,6
ТЕИ-400/24Т-0	48	400	19,2
ТЕИ-315/115Т-0	115	315	36,2
ТЕИ-800/12Т-0	12	800	9,6
ТЕПИ-800/24Т-0	24	800	19,2
ТЕПИ-400/12Т-0	12	400	4,8
ТЕПИ-800/12Т-0	12	800	9,6

2.1.3 Электрохимическое изменение свойств воды

Установлено, что при разделении анодного и катодного пространств не только ионитовыми мембранами (рисунок 2.1.3.1), но и пористыми диафрагмами (бельтинговая, хлориновая ткань и т. д.) наряду с кислотностью и щелочностью исходного раствора изменяются химическая и биологическая активность растворов, их физические свойства, происходит активация водных растворов.

Электродиализ – процесс переноса ионов в растворе через ионоселективные мембраны под действием электрического поля. Мембраны, изготовленные из специальных ионообменных материалов, содержат высокую концентрацию неподвижных (фиксированных) ионов, химически связанных с каркасом мембраны, и поэтому пропускают ионы только одного знака.

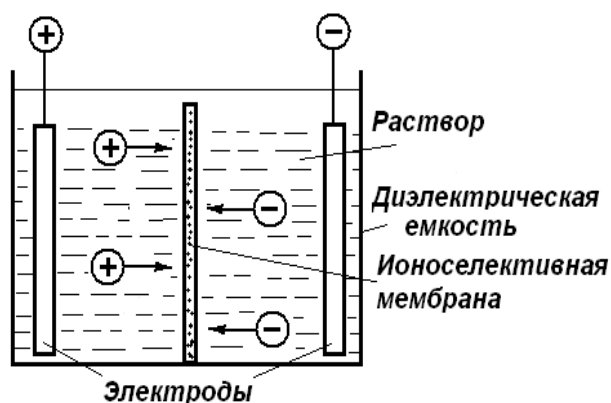


Рисунок 2.1.3.1 Схема электрохимического активатора водных растворов

Основные области применения электродиализа – активация воды и водных растворов, опреснение воды.

При электродиализе анолит – раствор, находящийся в прианодном пространстве, – имеет кислотный показатель, а католит – в прикатодном – щелочной. Анолит обладает бактерицидными свойствами, католит стимулирует процессы регенерации и развития клеток.

Активированные растворы изменяют скорость химических реакций при получении бетона, силосовании зеленой массы, мойке деталей и др.

Основные области применения активированной воды в сельскохозяйственном производстве: приготовление эмульсий (например, из глины – не оседает на дно); полив растений (щелочной водой); замачивание семян (щелочной водой); обеззараживание грунта, посуды, белья и т. п.; санобработка помещений, мебели, оборудования; увеличение продуктивности животных (поение, смачивание сухого корма); уменьшение и удаление накипи; лечение различных заболеваний; борьба с насекомыми в почве и на растениях и др.

Сущность метода опреснения воды заключается в следующем. Если через простейший трехкамерный электродиализатор (рисунок 2.1.3.2), в котором средняя камера с исходной водой отделена от боковых ионоселективными мембранами *A* и *K*, пропускать электрический ток, то катионы растворенных

солей, находящиеся в опресняемой воде, под действием электрического поля начнут перемещаться к катоду, а анионы – к аноду.

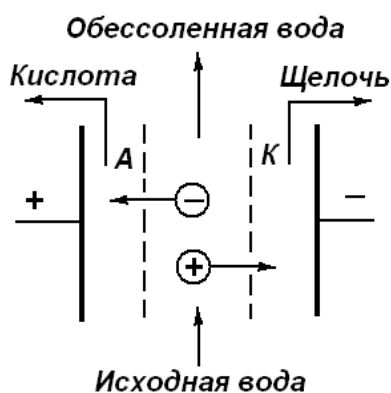


Рисунок 2.1.3.3 Схема трехкамерного электродиализатора и механизма опреснения воды: А и К – анионовая и катионовая мембраны

Мембраны проницаемы только для ионов определенного знака (А – для анионов, К – катионов). Таким образом, вода в средней камере опресняется, в анодной камере – подкисляется, а в катодной – подщелачивается.

В почве парников и теплиц накапливаются вредные вещества и болезни, поэтому необходимо периодически производить ее замену или обеззараживание, что является весьма трудоемким, затратным и длительным.

Обеззараживание сельскохозяйственных сред (парников, почвы, навоза, стоков, кормов и пр.) проводят, пропуская по ним постоянный или переменный ток, оказывающий термическое, химическое и биологическое (бактерицидное) воздействие, общая эффективность которого подчиняется известному закону Арндта–Шульце. Обработку проводят в стационарных или подвижных установках.

Почву предварительно увлажняют до 25–30 %, по определенной геометрии заглубляют металлические электроды, на которые подают питание от источника высокого напряжения (рисунок 2.1.3.4).

Чтобы подавить грибковую микрофлору, рекомендуется обрабатывать почву при температуре 60–65 °С и напряженности электрического поля 5–7 кВ/м в течение 1,5–4 мин. Расход электроэнергии составляет 25–30 кВт·ч/м³.

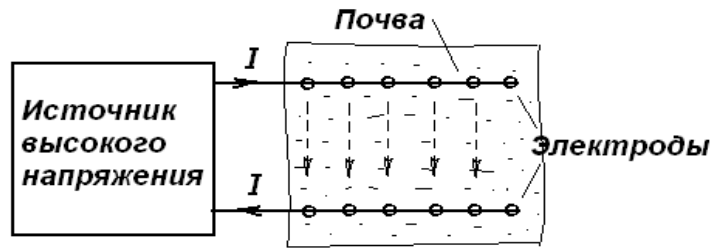


Рисунок 2.1.3.4 Схема обеззараживания почвы электрическим током

При обеззараживании навоза используют переменный и постоянный ток. Обеззараживание (дегельминтизацию) навоза осуществляют в металлических или бетонных емкостях. При этом чаще используют подвесную электродную систему (рисунок 2.1.3.5).

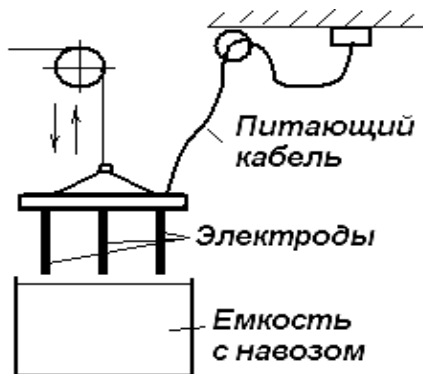


Рисунок 2.1.3.5 Схема обеззараживания навоза электрическим током

Активацию водных растворов проводят в установках Я8-ФЭА (рисунок 2.1.3.6), «Аквахлор-500», «Аквахлор-М», СТЭЛ-АНК-СУПЕР, ИЗУМРУД-РЕДОКС.

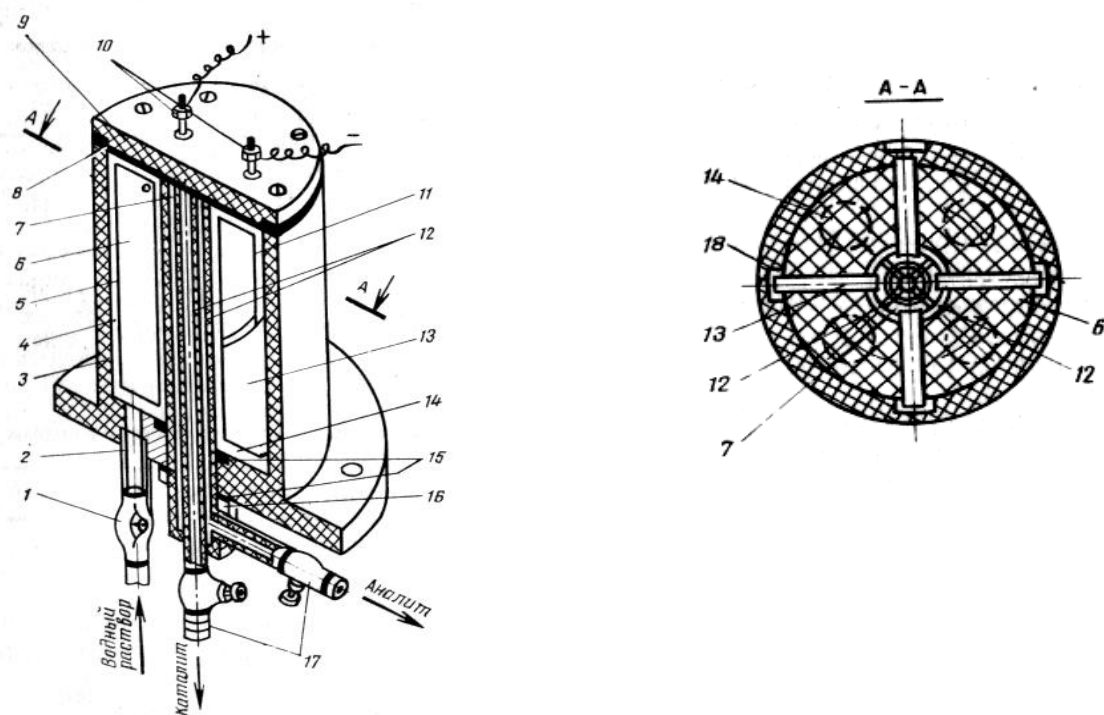


Рисунок 2.1.3.6 Электродный блок установки Я8-ФЭА для активации водных растворов: 1 – кран подачи водного раствора в устройство; 2 – штуцер; 3 – корпус; 4 – межэлектродное пространство; 5 – рама; 6 – электрод; 7 и 14 – выточки для вывода фракций активированного раствора; 8 – уплотнительные прокладки; 9 – крышка; 10 – токоподводящие устройства; 11 и 12 – рамка и трубки из диэлектрического материала; 13 – мембрана; 15 – прокладки; 16 – гайка; 17 – краны для вывода фракций активированного раствора; 18 – выточка для закрепления мембраны

Обработка переменным током основана преимущественно на его термическом действии и связана со значительными энергозатратами – 50–60 кВт·ч/м³. Обработка постоянным током сопровождается электролизом и электрофлотацией, что позволяет сократить расход электроэнергии. Рекомендуемые режимы обработки: конечная температура – 55–60 °С, плотность тока – 3 кА/м², расход электроэнергии – 3–4 кВт·ч/м³.

Обеззараживание оборудования (доильного, молочной посуды, ветеринарного) проводят в дезинфицирующих растворах; в частности в результате электролиза NaCl. По сравнению с применением готовых реагентов (жидкого хлора, хлорной извести, гипохлорита кальция), в этом случае удастся избежать трудностей и затрат, связанных с транспортированием и хранением токсичных веществ.

Дезинфицирующий раствор готовят в установке ЭДР-1 в течение 1,5–2 ч. Чтобы получить 1 кг активного хлора, используют 8–10 кг поваренной соли и расходуют 5,5–7 кВт·ч электроэнергии.

Электродный блок представляет собой цилиндр, в котором установлены четыре электрода в виде секторов, разделенных асбестовыми листами (мембранами). Когда к электродам подводят постоянный ток, происходит разделение ионов (активация). Для питания применяют блок ВАС-600/30. Производительность установки – 2000 л/ч, напряжение питания – 30 В, номинальный ток – не более 300 А, мощность – 11,5 кВт.

Установки УЭ ГПХН периодического действия имеют производительность по активному хлору – 0,03–2,00 кг/ч, установленную мощность – 0,15–9,00 кВт. Электролизеры проточного типа, соответственно, 0,30–2,35 кг/ч и мощность – 1,5–10,0 кВт.

Комплексная очистка и обеззараживание питьевой воды при ее суточном потреблении до 10 м³ выполняется в электрохимической установке УВ-0,5. В установку входят: фильтр-электролизер для электрокоагуляции тонкодисперсных (в том числе бактериальных) загрязнений, гипохлоритный электролизер для обеззараживания и серебряный – для консервирования воды. После обработки ионами серебра вода сохраняет свои свойства больше месяца. Потребляемая мощность установки – 2,5 кВт.

Электролизные установки (таблица 2.1.3.1) для получения активного хлора состоят из растворного узла, электролизера, бака-накопителя, выпрямительного агрегата, шкафа управления и вентилятора.

Электролизные поточные установки: Э-1,25; Э-5; Э-10; Э-15; Э-20; Э-30; Э-40 имеют производительность по активному хлору, соответственно, 1,25–40,00 кг/ч.

Таблица 2.1.3.1 - Основные характеристики некоторых электролизных установок

Показатель	ГПХН-200	ГПХН-50	ЭН-1,2	ЭН-5	ЭН-25
Производительность по активному хлору, кг/сут.	200	7,2	1,2	5	25
Удельный расход соли на 1 кг активного хлора, кг, не более	1,7–3,0	1,7–3,0	12–15	12–15	8–10
Продолжительность цикла электролиза, ч	3	6	0,75–0,9	7–9	10–12
Рабочее напряжение на ванне, В	14,5	14,5	40–42	40–42	55–60
Рабочий ток, А	100	16	50–70	50–70	130–140
Удельный расход электроэнергии на 1 кг активного хлора, кВт·ч, не более	2,8–4,0	2,8–4,0	7–9	7–9	8–10

Для опреснения воды применяют электродиализные установки (таблица 2.1.3.2).

Таблица 2.1.3.2 - Основные технико-экономические характеристики электродиализных установок

Показатель	ИСТОК-AQUA	ЭОУ-НИИПМ	СЭХО-2	ЭОСХ-2М
Производительность, м ³ /ч	3	0,5	0,15	3,5
Содержание солей в воде, г/л: исходная опресненная	6,0 0,5	4,0 0,85	10,0 1,0	7,0 1,0
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг удаления соли	1,0	1,5	7,0	2,3

Для деминерализации молочной сыворотки используется электродиализная установка ИСТОК-MILK производительностью 2 м³/ч или 1,4 м³/ч. Солесодержание молочной творожной сыворотки снижается с 6,0 г/л до 2,4–1,2 мг/л, соответственно, молочной подсырной – с 20 г/л до 5 г/л. При этом энергозатраты на удаление 1 кг соли составляют 1–2 кВт·ч.

2.1.4 Электротермохимическая обработка кормовых материалов

Чтобы рационально использовать корма, следует совершенствовать технологию их обработки, хранения и подготовки к скармливанию. Основная цель обработки – перевод высокомолекулярных природных полимеров в более усвояемые низкомолекулярные формы, создание благоприятных условий для жизнедеятельности микрофлоры желудка животных.

При традиционных способах обработки (пропаривание, поджаривание, микронизация и др.) применялось преимущественно термическое воздействие, что приводило к значительной энергоемкости процессов. С помощью электрического тока можно сочетать термическое и физико-химическое воздействия (насыщение ионами, повышение массопереноса, проницаемости, активности ионов), т. е. интенсифицировать химические превращения и снизить расход энергии, прибегнув к нетепловым эффектам.

В зависимости от назначения и конечной цели обработки используется определенное сочетание или преимущественное действие технологических проявлений электрического поля. Например, в процессах сушки, обезвоживания, нагрева материалов больше проявляются термическое и электрофизическое действия, в процессах измельчения, дозирования, сепарирования – электрофизическое действие, в процессах повышения всхожести семян, угнетения или стимуляции жизнедеятельности растений – электрофизикохимические и биологические проявления.

Наиболее полное использование возможностей электрического поля проявляется в электротехнологических процессах обработки кормовых материалов с целью улучшения их кормовых достоинств, повышения переваримости. К ним можно отнести электротермохимическую обработку (ЭТХО) соломы, электрогидротермическую обработку (ЭГТО) и электротермохимическую обработку (ЭТХО) зерна, электроподогрев мелассы, электрообработку картофеля.

Процесс ЭТХО соломы в потоке включает следующие основные операции: измельчение до размеров сечки (5–6 мм), смешивание

измельченной массы с раствором химических реагентов (5 % кальцинированной соды, 1,5 % поваренной соли и водопроводная вода), уплотнение полученной смеси до 350–400 кг/м³, перемещение уплотненной массы в рабочую электродную камеру и непосредственно обработку электрическим током напряженностью 800–1000 В/м. Электрический ток в массе корма оказывает термические и электрофизикохимические действия, ведущие к делигнификации соломы. На выходе из камеры обработки масса имеет температуру 90–95 °С, поэтому в технологической линии могут быть предусмотрены варианты рекуперации энергии, например, для подогрева увлажняющего раствора.

Энергоемкость процесса ЭТХО соломы на 40–80 % ниже по сравнению с другими термическими способами обработки. Кормовая ценность соломы после обработки увеличивается в 1,5–2 раза в сравнении с необработанной, обеспечивается прирост живой массы молодняка крупного рогатого скота более чем на 13 %.

Технология ЭГТО зерна в потоке включает следующие основные операции: плющение зерна до толщины хлопьев 10⁻³ м, приготовление раствора химреагентов (2 % карбамида и 1 % поваренной соли), дозированную подачу и смешивание плющеного зерна с рабочим раствором в соотношении (по массе) 1,0:0,8, уплотнение массы с усилием 25 кПа, равномерную подачу в рабочую электродную камеру и непосредственно обработку электрическим током при напряженности электрического поля 2500–2700 В/м. Электрический ток протекает через влажную проводящую зерновую массу в течение 2–3 минут, вызывая в ней термические (масса нагревается до 80–90 °С), электрофизикохимические процессы, ведущие к преобразованию свойств белков, углеводов, оказывая биологическое действие, снижая бактериальную загрязненность корма.

Поскольку клейстеризация крахмала происходит при температуре 55–70 °С, то при ЭГТО можно завершить процесс обработки при 80 °С, что невозможно сделать при обработке паром, у которого минимальная

температура выше 100 °С. В результате снижаются потери питательных веществ, витаминов и т. п., уменьшаются энергозатраты.

После обработки зерновая масса имеет хорошие органолептические показатели, охотно поедается животными. Кормовая ценность зерна и приросты живой массы молодняка животных повышаются на 10–15 %, энергоёмкость процесса в 1,5–2 раза ниже, чем при традиционных технологиях.

Основные параметры и характеристики обработки кормовых материалов приведены в таблице 2.1.4.1.

Технология ЭТХО соломы или ЭГТО зерна может быть осуществлена путем включения установки (пример варианта конструктивной схемы приведен на рисунке 2.1.4.1), где непосредственно производится обработка соломенной массы электрическим током, в состав технологических линий существующих или вновь проектируемых кормоцехов.

Таблица 2.1.4.1 - Основные параметры и характеристики обработки кормовых материалов

Показатель	Электротермо-химическая обработка соломы	Электрогидротермическая обработка зерна	Электрообработка картофеля
Удельный расход энергии, МДж/г	$\frac{0,5-0,8}{1,0-2,3}$	$\frac{0,288}{0,324-0,36}$	$\frac{0,32}{0,4-0,44}$
Длительность обработки, с	$\frac{300-420}{1800}$	$\frac{120-180}{500-1800}$	$\frac{300-400}{3600}$
Конечная температура, °С	95–99	80	70
Повышение кормовой ценности,	До 0,48	До 1,14	До 0,38
Оптимальная напряженность электрического поля, кВ/м	0,8–1,0	2,5–3,0	1,5–2,0

Примечание. В числителе даны значения при обработке током, в знаменателе – при термообработке паром низкого давления.

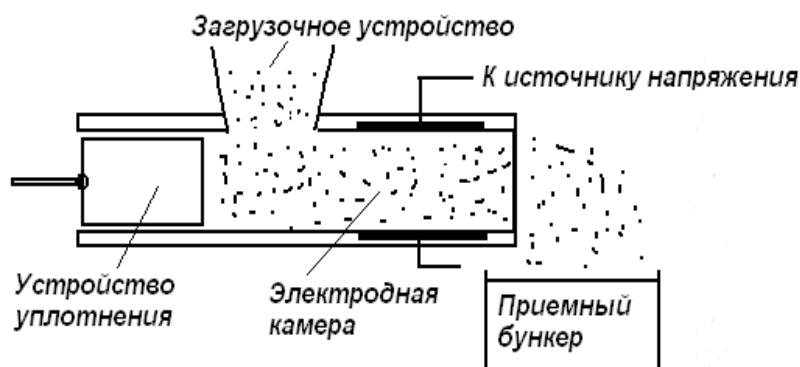


Рисунок 2.1.4.1 Схема устройства для обработки корма электрическим током

В результате объемного ввода и высокой концентрации энергии при электрообработке корм нагревается быстро и равномерно, а благодаря простому регулированию потока энергии температура снижается до минимального значения, обусловленного технологией процесса.

Работоспособность устройств зависит от надежности контакта между электродами и обрабатываемым материалом, эрозионной стойкости электродов, их химической инертности, старения диэлектрических материалов.

В качестве материалов для электродов используют нержавеющую сталь, графит, титан. Графитовые электроды имеют наименьшее контактное сопротивление и высокую эрозионную стойкость.

Допустимая плотность тока $j_{\text{доп}}$ зависит от вида корма, материала электродов, напряжения сети, принципа работы (периодическое или непрерывное действие). При обработке соломы, грубых кормов и корнеплодов $j_{\text{доп}} = 1000\text{--}1500 \text{ А/м}^2$, мелассы $j_{\text{доп}} = 500\text{--}1000 \text{ А/м}^2$.

Схема технологического процесса ЭТХО в основном соответствует ЭГТО, однако режимы обработки и электрические параметры отличаются. Для ЭТХО плющенное зерно смешивается с раствором хлорида натрия (1 % NaCl на 100–120 % воды к массе зерна), затем зерновая масса уплотняется до 8–10 кПа и подается в электродные камеры, разделенные ионоселективной мембраной. На электродах создается напряженность поля 400 В/м униполярного знака.

Обработка осуществляется в течение около 1 ч до прохождения через объем камеры удельного количества электричества $(15-18) 10^3$ Кл/кг сухого зерна, под действием которого в катодной области рН показатель достигает 10–11, а в анодной области – до 2–4. Конечная температура обработанной массы составляет 55–60 °С. Данный способ позволяет (по сравнению с обработкой переменным током) снизить конечную температуру обработки на 20 °С, энергоемкость – в 1,5 раза, при этом переваримость вещества зерна увеличить на 15 %.

Контрольные вопросы:

1. Как получают дезинфицирующие растворы с помощью электролиза?
4. Какие законы лежат в основе электролиза?
5. Как ускорить рассоление почв с помощью электрического тока?
6. Для чего применяют электрохимические технологии обработки воды и растворов?
8. Что такое гальваностегия и гальванопластика? Приведите примеры технологического применения в ремонтном производстве.
9. Получение гипохлорида натрия и хлорноватистой кислоты с помощью электролиза.
- 10 Электрохимическая обработка кормовых материалов.