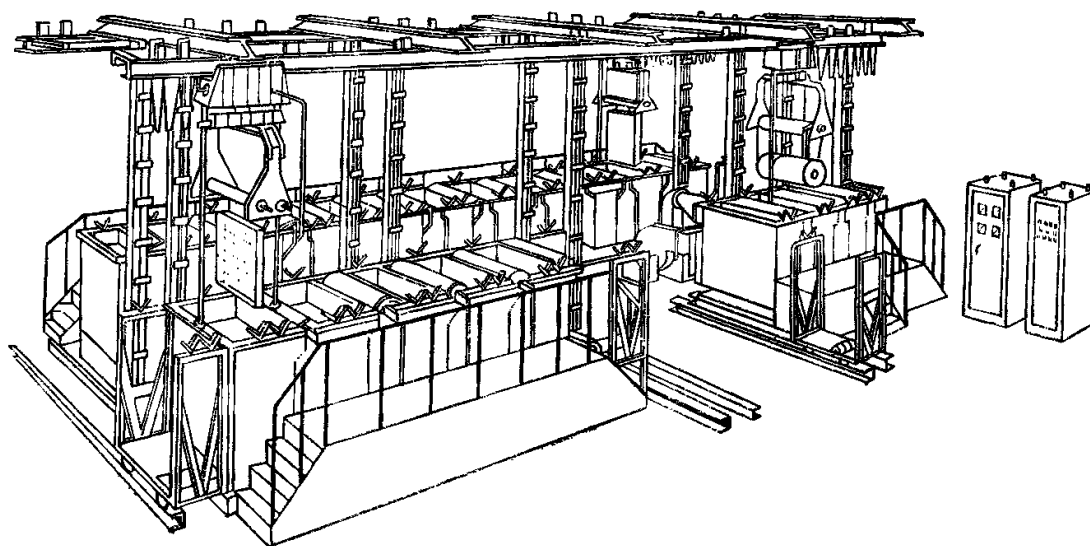


Министерство образования и науки Российской Федерации
Ангарская государственная техническая академия

Истомина Н.В., Сосновская Н.Г., Ковалюк Е.Н.

ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Ангарск, 2010 г.

Оборудование электрохимических производств. Учебное пособие. Истомина Н.В., Сосновская Н.Г., Ковалюк Е.Н. Ангарская государственная техническая академия. – 2-е изд., перераб. – Ангарск: АГТА, 2010 – 100 с.

Учебное пособие предназначено для студентов всех форм обучения по направлению 240100 «Химическая технология» специальности «Технология электрохимических производств».

Представленное учебное пособие содержит теоретический и справочный материал по курсу «Оборудование и основы проектирования электрохимических производств».

В учебном пособии изложены систематизированные сведения об основных типах технологического оборудования, применяемого в цехах электрохимических покрытий, производства хлора и щелочи, электролиза воды, получения металлического натрия и алюминия. Широко представлены современные электролизеры для получения хлора и щелочи мембранным методом и рассмотрены особенности эксплуатации мембранных электролизеров. Даны рекомендации по выбору материалов для изготовления и футеровки оборудования, приведены сведения об основных источниках питания электролизеров.

Рецензент: д.х.н., профессор Кривдин Л.Б.

Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом
Ангарской государственной технической академии

Подготовила к печати Сосновская Н. Г.

© Ангарская государственная техническая академия, 2010.

© Кафедра ТЭП

СОДЕРЖАНИЕ

1. Классификация электролизеров.....	4
2. Основные узлы электролизеров.....	9
3. Автооператорные гальванические линии.....	14
4. Стационарные и механизированные ванны металлопокрытий.....	20
5. Конструктивные модули и технологические спутники гальванических ванн.....	33
6. Колокольные и барабанные ванны.....	42
7. Сушильное оборудование.....	45
8. Автооператоры.....	47
9. Вентиляция и бортовые отсосы.....	53
10. Источники питания гальванических ванн.....	58
11. Электролизеры для электролиза воды.....	63
12. Электролизеры для получения хлора и щелочи.....	74
13. Электролизеры для получения пероксодисерной кислоты, персульфата аммония и перекиси водорода.....	83
14. Электролизеры в гидроэлектрометаллургии.....	88
15. Электролизеры, применяемые при электролизе расплавов.....	92
Литература.....	99
Приложение.....	100

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

Электролизером называется аппарат, в котором осуществляют процесс электролиза. Минимально необходимыми составными частями электролизера являются:

- катод,
- анод
- корпус (ванна);
- в рабочем состоянии электроды погружены в электролит, заполняющий корпус электролизера.

Все электролизеры, описанные в литературе, образуют четыре группы:

I – электрохимические реакторы (ЭХР) – предназначены для получения товарных продуктов: газов (водорода, хлора, фтора), металлов (меди, никеля, цинка, алюминия, магния и многих других), неорганических и органических продуктов электросинтеза;

II – электрохимические (гальванические) ванны (ЭХВ) – служат для электрохимической обработки поверхности металлических или неметаллических деталей;

III – электрохимические приборы (ЭХП) (их называют также хемотронными приборами или хемотронами) – образуют группу электрохимических преобразователей информации различных видов. Простейшим и старейшим электрохимическим прибором является *кулонометр*, а к современным относятся электрохимические диоды, интеграторы, датчики давления скорости, вибрации и многие другие, преобразующие как электрические, так и неэлектрические величины;

IV – электрохимические станки (ЭХС) – представляют собой комплексы агрегатов, с помощью которых осуществляется размерная анодная обработка металлических деталей — электросверление, электрофрезерование и другие операции, основанные на избирательном анодном растворении с применением фигурных катодов.

Различаются электролизеры с электродами монополярными и биполярными (рис.1,2). Первые из них составляют большинство в электрохимической технологии.

В промышленных электролизерах применяются электроды разнообразной формы и конструкции: плоские, цилиндрические, сетчатые, перфорированные, проволочные, стержневые, шариковые, кусковые и другие.

Условно их можно объединить в три группы электродов (рис.3,4,5): сплошные, несплошные, насыпные.

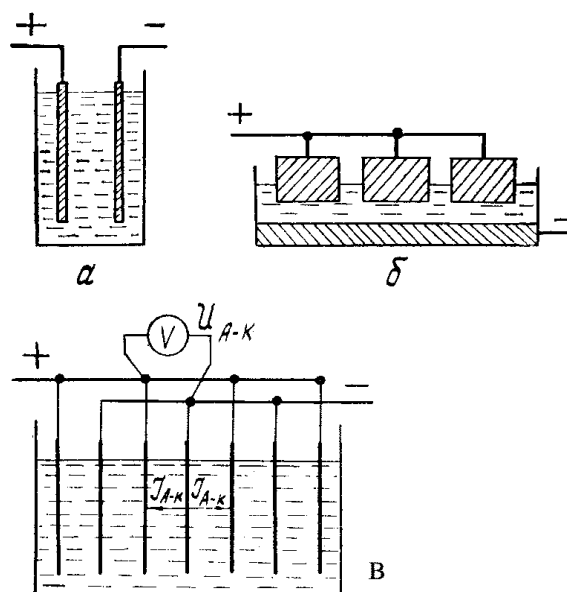


Рис. 1. Варианты монополярных электролизеров: а – элементарная электролизная ячейка; б – электролизер с параллельным включением анодов; в – электролизер с плоскопараллельными чередующимися электродами.

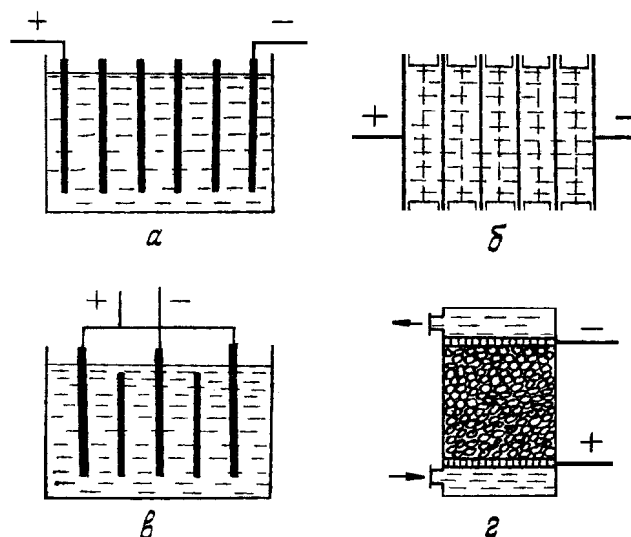


Рис. 2. Варианты биполярных электролизеров: а – электролизная ванна для рафинирования меди; б – электролизер для получения водорода и кислорода; в – гальваническая ванна меднения; г – электролизер с насыпными электродами для получения перманганата калия (стрелками показано направление циркуляции электролита)

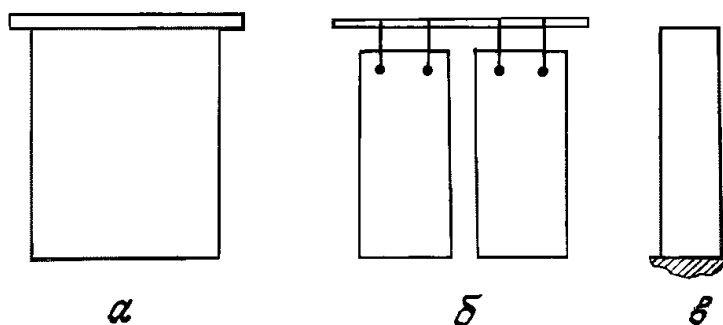


Рис. 3. Варианты сплошных электродов: а – катод-матрица для получения катодных основ; б – комплект анодов гальванической ванны; в – графитовый анод хлорного диафрагменного электролизера

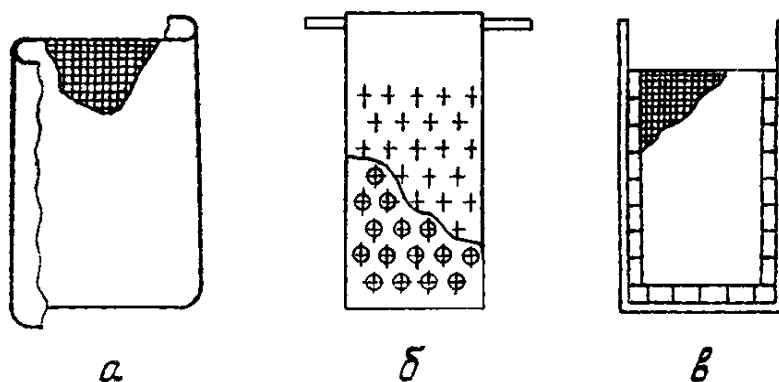


Рис. 4. Варианты несплошных электродов: а – часть сетчатого катода хлорного электролизера, б – перфорированный анод электролизера для электроэкстракции марганца; в – сетчатый анод электролизера для получения пероксодвусерной кислоты

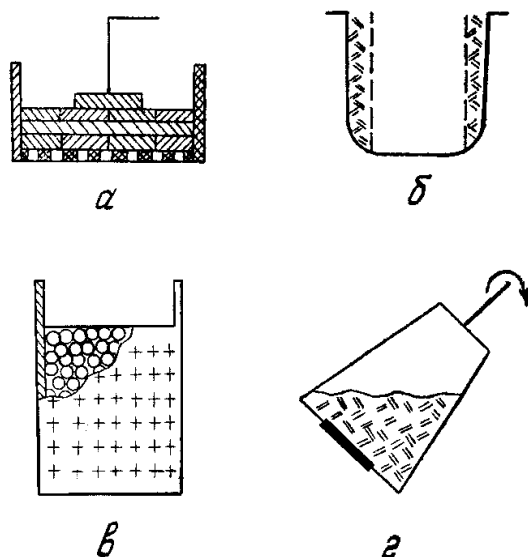


Рис 5. Варианты насыпных электродов: а — анод электролизера для рафинирования серебра; б — анод электролизера для рафинирования металла из расплава; в — анод гальванической ванны; г — катод колокольной гальванической ванны

Электролизеры с жидкими электродами распространены не так широко, как с твердыми электродами. К ним относятся:

- бездиафрагменный хлорный электролизер с ртутным катодом (рисунок 6а)
- электролизная ванна для получения алюминия, в которой катодом служит расплавленный алюминий (см. рис. 6б)
- электролизер для электрорафинирования алюминия, в котором жидкими являются и анод (алюминий-сырец с медным утяжелителем) и катод (чистый расплавленный алюминий) (см. рис.6в).

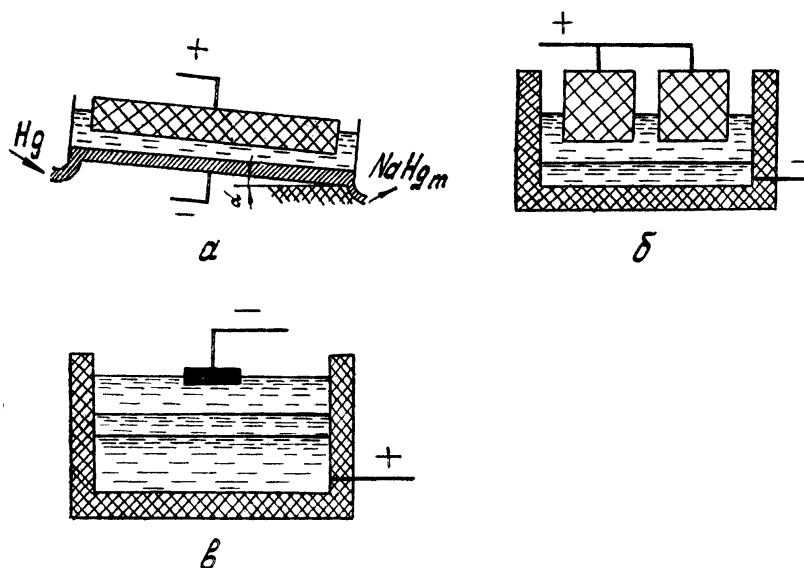


Рис. 6. Варианты электролизеров с жидкими электродами: а — с ртутным катодом для получения хлора; б — с расплавленным алюминиевым катодом для получения алюминия; в — с расплавленными катодом и анодом для рафинирования алюминия

Типичными для прикладной электрохимии являются неподвижные электроды, однако в ряде случаев применение подвижных катодов, которые вращаются, трясутся или перемещаются линейно, позволяет резко интенсифицировать технологический процесс.

Характерными среди них можно считать барабанные и колокольные гальванические ванны, в которых насыпной катод перемещается при вращении барабана, причем детали движутся неравномерно и по сложной траектории (рис.7а). Вызывают практический интерес барабанные электролизеры для получения медной или никелевой фольги, товарного цинка с вращающимися вместе катодной основой и осаждаемым металлом, который затем отделяется от барабана (см. рис.7б). Давно известны автоматы для гальванического цинкования стальной проволоки, лужения стальной ленты и других аналогичных операций. В них «бесконечный» катод перемещается линейно горизонтально или вертикально (см. рис.7в). Существуют гальванические ванны с качающимися или вибрирующими катодными штангами; возвратно-поступательное или осевое движение катодов осуществляется с помощью эксцентриковых устройств (см. рис. 7г).

Линейное перемещение ртутного катода наблюдается в хлорном электролизере (см. рис. 6а). Ртуть течет самотеком, постепенно обогащаясь амальгамой натрия.

Электролизеры с подвижными электродами достаточно сложны конструктивно и трудны в эксплуатации. Их серьезное преимущество — возможность в той или иной степени интенсифицировать процесс, т. е. вести электролиз при повышенной плотности тока.

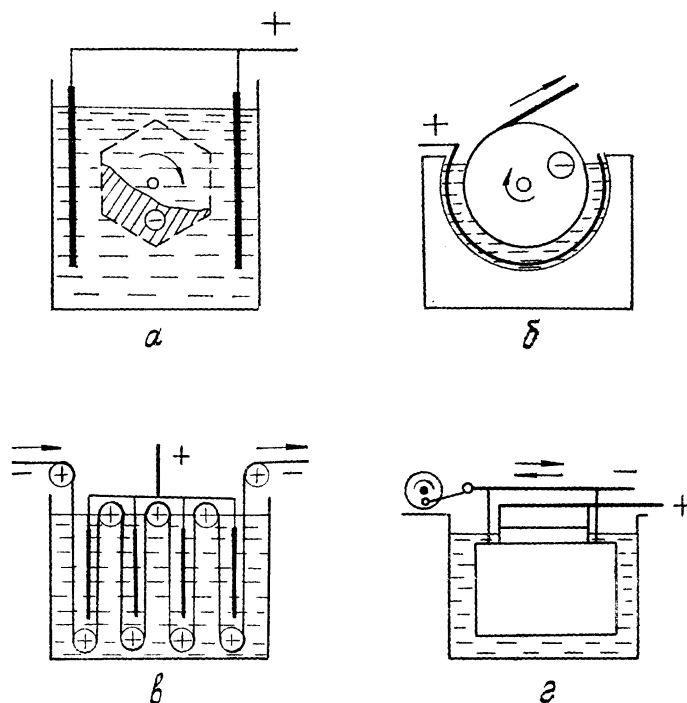


Рис. 7. Варианты электролизеров с подвижным катодом: а — барабанная гальваническая ванна; б — целевой электролизер для получения металлической ленты, в — гальваническая ванна для нанесения покрытия на проволоку или ленту; г — гальваническая ванна с качающимся катодом

В промышленности используют бездиафрагменные и диафрагменные электролизёры.

В большинстве случаев диафрагма предназначена для разделения жидких и газообразных продуктов, образующихся на катоде и аноде. Иногда назначение диафрагмы — предотвращение обратного восстановления анодного продукта (например, пероксодвухсерной кислоты при электролизе серной кислоты) или обратного окисления катодного продукта (например, азобензола, получаемого электровосстановлением нитробензола).

Различаются диафрагмы:

- погруженные (или непроточные),
- фильтрующие (или проточные),
- ионообменные, которые принято называть мембранами.

Задача *погруженной диафрагмы*, чаще всего, в разделении продуктов электролиза; при этом уровни католита и анолита одинаковы, а питание катодного и анодного пространств осуществляется отдельно. Примером может служить асбестовая диафрагма электролизера для получения водорода и кислорода (рис.8а). Иногда диафрагма не полностью перекрывает пространство, занятое электролитом, четкого разделения раствора на католит и анолит нет, как это имеет место в электролизере для получения металлического натрия. Здесь диафрагма — стальная, сетчатая (см. рис.8б).

Фильтрующая диафрагма не только механически разделяет продукты электролиза, но и обеспечивает направленный поток электролита из анодного пространства в катодное, как в хлорном электролизере (см. рис.8в), или из катодного пространства в анодное, как в электролизных ваннах для электрорафинирования никеля или электроэкстракции марганца. Назначение направленного протока — препятствовать диффузии и миграции определенных ионов в противоположном направлении. Уровни католита и анолита в этих случаях не одинаковы и могут различаться на величину от 2 см (диафрагма из льняного брезента в ваннах рафинирования никеля) до 35 см и выше (хлорная ванна, диафрагма из осажденного асбеста).

Электролизеры *с ионообменными мембранами* весьма перспективны. По своей сущности они непроточны, ток в них переносится определенными ионами, или только катионами, или только анионами. Схема электролизера с катионообменной диафрагмой для получения хлора и щелочи дана на рис. 8г. Существуют варианты с комбинацией ионообменных и проточных диафрагм.

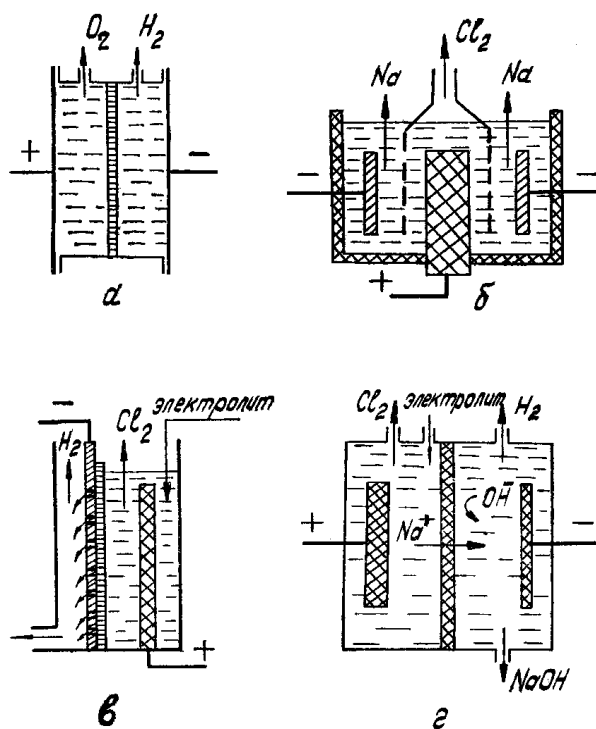


Рис. 8. Варианты диафрагменных электролизеров: а — с полностью погруженной диафрагмой для получения водорода и кислорода; б — с частично погруженной сетчатой диафрагмой для получения натрия; в — с фильтрующей диафрагмой для получения хлора и щелочи; г — с ионообменной мембраной для получения хлора и щелочи

Состояние электролита в значительной степени характеризует уровень интенсивности процесса. Переход от спокойного электролита к перемешиваемому и затем к энергично циркулируемому позволяет резко усилить конвективный массоперенос разряжаемых ионов и этим создать условия для существенного повышения скорости электролиза без заметного ухудшения качества продукта.

Электролизеры с *неподвижным электролитом* встречаются чаще всего в гальванотехнике, где применяются стационарные ванны с растворимыми анодами для покрытия деталей на подвесках.

Электролизеры с *перемешиваемым электролитом* многочисленны и разнообразны, как разнообразны способы перемешивания.

Различают следующие способы перемешивания:

- естественные
- принудительные.

Естественное перемешивание происходит за счет газов, образующихся электрохимически (водорода, кислорода, хлора).

Принудительное перемешивание осуществляется при неинтенсивной проточности, с помощью мешалки, с помощью барботирующего воздуха, качающимися или вращающимися катодами.

Электролизеры с очень интенсивной циркуляцией электролита в прикладной электрохимии распространены недостаточно. В качестве примера можно назвать барабанный электролизер для получения медной фольги, условно показанный на рис.7б.

2. ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

Основными узлами электролизеров являются:

- корпус электролизера;
- электроды;
- элементы токоподвода;
- устройства для перемешивания и циркуляции электролита;
- устройства для нагрева и охлаждения электролита;
- устройства для удаления газообразных продуктов электролиза;
- диафрагмы и мембраны.

Корпуса электролизеров бывают бетонными, стальными и из пластика.

Чаще всего используются 2 материала: конструкционный (сталь) и футеровочный (пластик). Корпуса электролизеров изготавливают из нелегированной Ст.3 или Ст.30. Футеровка проводится для защиты от коррозии корпуса. Для футеровки пластическая масса наносится на сталь. В качестве футеровочного материала используют: винипласт, полипропилен, полиэтилен, фторопласт, свинец, пластикат из перхлорвинилового смолы, резину или эбонит, асбестовинил (асбест с лаком). Электролизер для получения хлора и щелочи внутри не футеруется, т.к. корпус поляризован катодно (катодная защита), но такой корпус требует наружной защиты и теплоизоляции. В большинстве случаев корпус гуммируют или покрывают хлорвиниловыми смолами.

Электроды – проводники, обладающие электронной проводимостью и контактирующие с раствором электролита. В зависимости от проводимого процесса электроды имеют различное назначение и конструкции (рисунок 9-14).

Материал электродов должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать надежный токоподвод и равномерность распределения тока по всей поверхности электрода;
- облегчать протекание основных процессов;
- обеспечивать малый расход электроэнергии (т.е. иметь малое перенапряжение протекания основного электрохимического процесса);
- обладать хорошими конструктивными и антикоррозионными свойствами.

В качестве анодных материалов используют:

- нерастворимые аноды (графитовые, диоксид свинца, оксиды железа, никель, ОРТА,

- платина и ее сплавы и др.)
 – растворимые аноды.

Важной характеристикой материала катода является перенапряжение выделения водорода. В зависимости от его величины катодные материалы можно разделить на три группы:

1. с высоким перенапряжением (ртуть, свинец, цинк, олово, кадмий);
2. со средним перенапряжением (серебро, железо, медь, никель);
3. с низким перенапряжением (платина, палладий, золото).

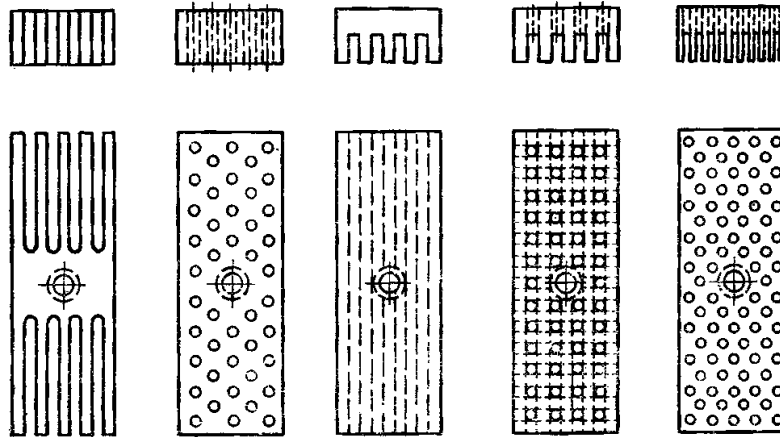


Рис.9. Форма перфорации графитовых анодов, применяемых в ртутном электролизере.

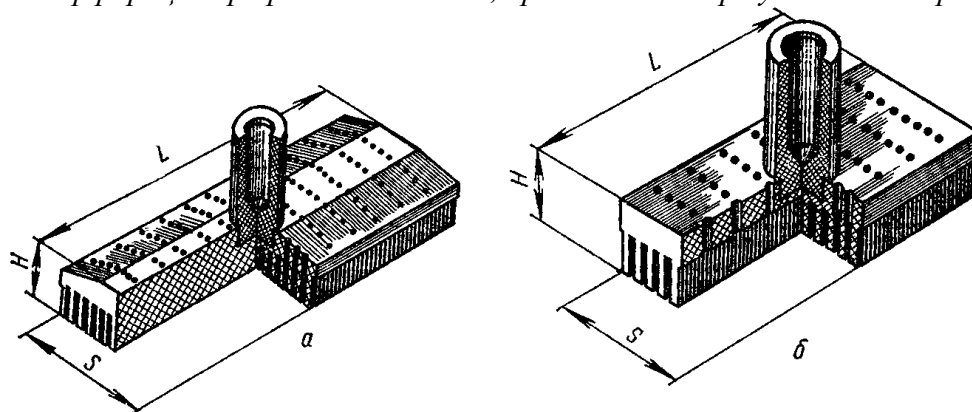


Рис.10. Графитовые аноды крышеобразного (а) и прямоугольного одностержневого (б) типов.

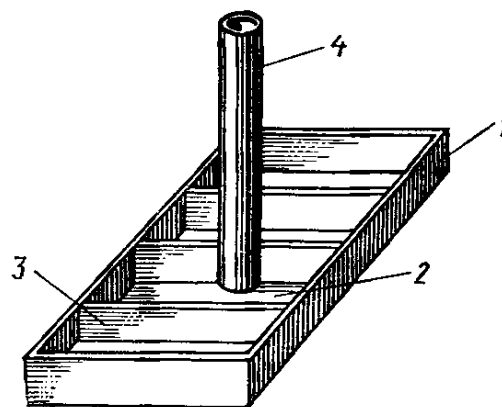


Рис.11. Оксидно-рутениевый анод: 1 – рама; 2 – титановый лист; 3 – ребра; 4 – титановый стержень.

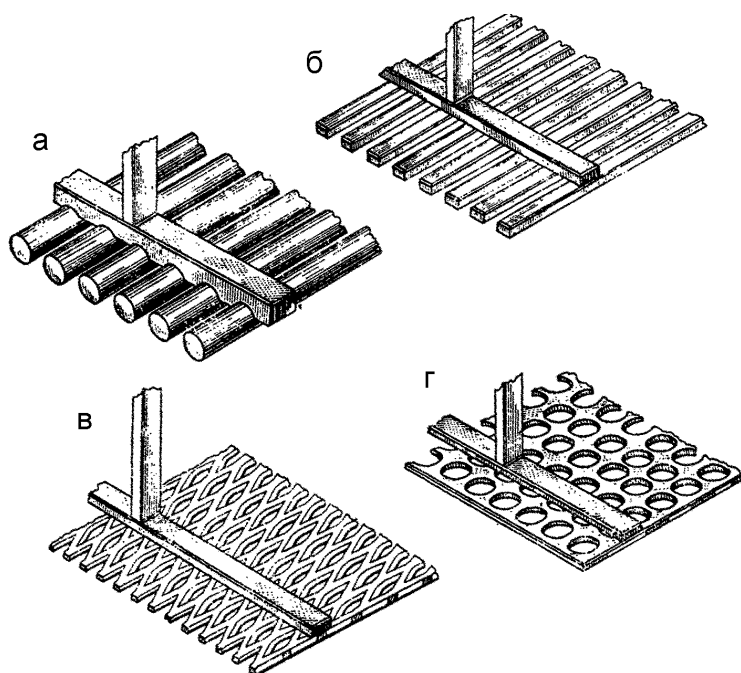


Рис.12. Типы металлических электродов для горизонтальной установки: а – из круглых стержней; б – из четырехугольных стержней; в – из листа с просечной перфорацией; г – из листа с перфорацией круглыми отверстиями.

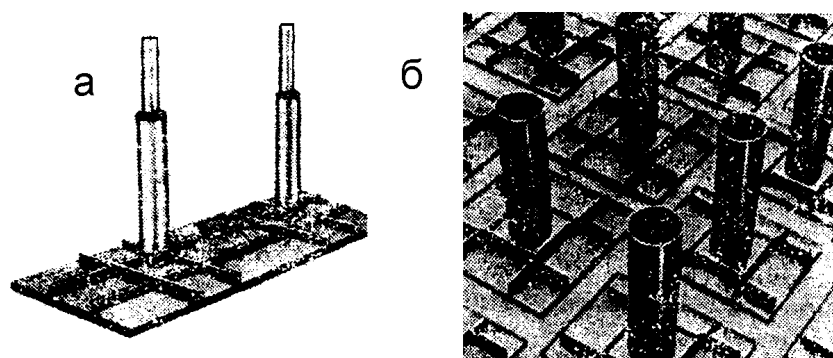


Рис.13. Электроды для горизонтальной установки с двумя (а) токоподводами и одним (б).

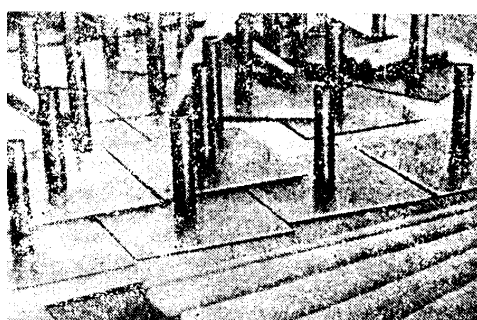


Рис.14. Платинированные титановые аноды, используемые для электродиализной очистки воды.

Элементы токоподвода. Для подвода постоянного тока к электролизерам и гальваническим ваннам применяются медные, алюминиевые и в редких случаях железные шины. Последние обычно используются для тока силой не более 400 А. Шины собирают из отдельных полос длиной 3,5 и 5,5 м, соединенных внахлестку или при помощи болтовых накладок. При соединении шин контактируемые поверхности должны быть тщательно очищены и предохранены от окисления. Алюминиевые шины следует обязательно соединять сваркой. Места стыков рекомендуется покрыть медью, оловом реже серебром. Схемы соединения электродов с опорными приспособлениями и способы подвода тока к электродным штангам показаны на рисунке 15, 16.

При выборе шин следует иметь в виду, что широкие и тонкие шины легче охлаждаются, чем узкие и толстые, вследствие чего при одинаковом сечении более широкие полосы допускают большую удельную плотность тока.

Для подвешивания анодов и изделий в стационарных ваннах применяются штанги, изготавливаемые из меди или латуни. Их обычно укрепляют на бортах ванны при помощи колодок из эбонита, винипласта или других изоляционных материалов. Расстояние между штангами по вертикали примерно 40 мм, по горизонтали 100 мм. На эти основные штанги укладывают поперечные штанги, имеющие выточки в местах соединений. При данной системе ток разветвляется по двум направлениям и расчет ведется на силу тока меньше номинальной.

При выборе диаметра штанг необходимо кроме допускаемой плотности тока учитывать также сопротивление изгибу материала. Вследствие этого на практике обычно применяют штанги диаметром 15—25 мм.

Перемешивание в электролизерах и гальванических ваннах осуществляется:

- с помощью механических мешалок,
- перемешивание воздухом (аэрационное),
- за счет движения, встряхивания и вибрирования электродов,
- за счет конвективных потоков,
- с помощью ультразвуковых колебаний,
- за счет движения выделяющихся газообразных продуктов,
- при помощи перетока электролита (циркуляции).

Циркуляция осуществляется самотеком или насосами.

В результате перемешивания возрастает плотность тока, обеспечивается вынос вредных примесей и поддерживается постоянная температура и концентрация компонентов.

Устройства для нагрева служат для нагрева растворов ванн до требуемой температуры и поддержания ее в процессе работы ванн.

Наиболее распространенными типами устройств для нагрева растворов, выпускаемыми в комплекте с ваннами, являются *коллекторы и змеевики*.

Активная часть коллекторов расположена в придонной зоне ванны, поэтому обогрев ванны с помощью коллекторов наиболее эффективен. Для нагрева растворов, в которых происходит значительное шламообразование, применяют змеевики, активная часть которых располагается вдоль длинной стенки ванны. Такие же змеевики используют для охлаждения растворов.

Коллекторы и змеевики изготавливают из углеродистой или нержавеющей сталей, титана, латуни, углеродистой стали с футеровкой свинцом.

В качестве теплоносителя для нагрева служит пар или перегретая вода, для охлаждения – вода или рассол.

В качестве нагревателей ванн и электролизеров и для их охлаждения применяют также графитовые теплообменники и трубчатые теплообменные аппараты из фторопласта. Названные материалы стойки к действию агрессивных сред и температурным перепадам, имеют высокую теплопроводность, легко поддаются механической обработке. Фторопласт стоек практически во всех коррозионно-активных средах. Электроизоляционные свойства фторопласта

обеспечивают высокую работоспособность аппаратов при электрохимической обработке изделий.

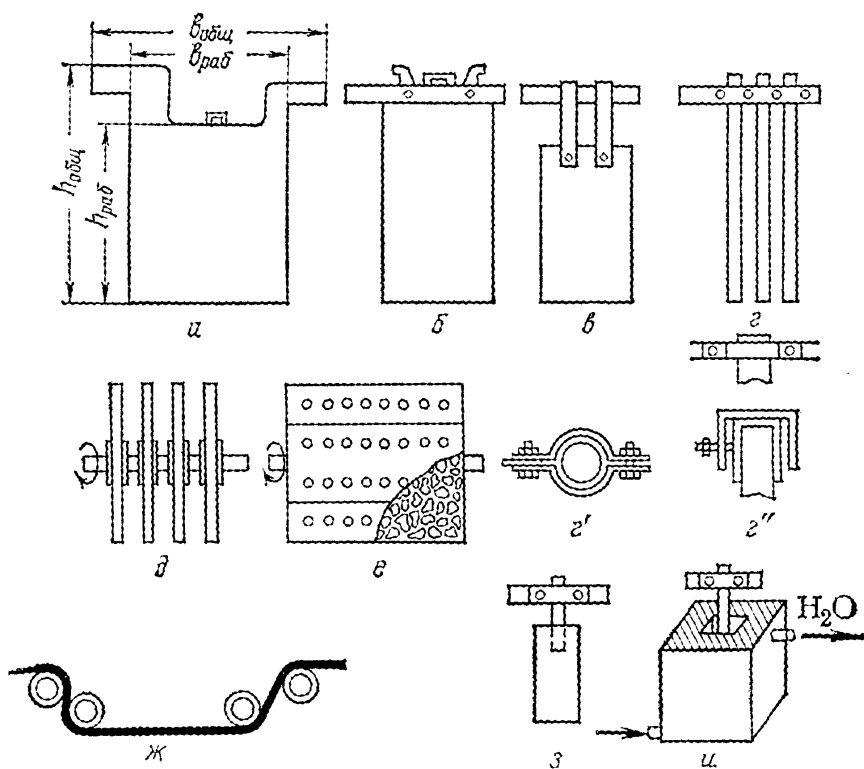


Рис. 15. Схема электродов с опорными приспособлениями: а – отлитый фигурный электрод; б – электрод соединен со штангой винтами; в – электрод ушками надевается на штангу; z – электродный блок для стержневых или цилиндрических z', z'' электродов; д – электродный блок для вращающихся дисковых электродов; е – барабанный электрод с насыпным электродным материалом; ж – ленточный электрод с токоподводящими роликами; з – электрод с вплавленными стержнями; и – полный электрод с водяным охлаждением.

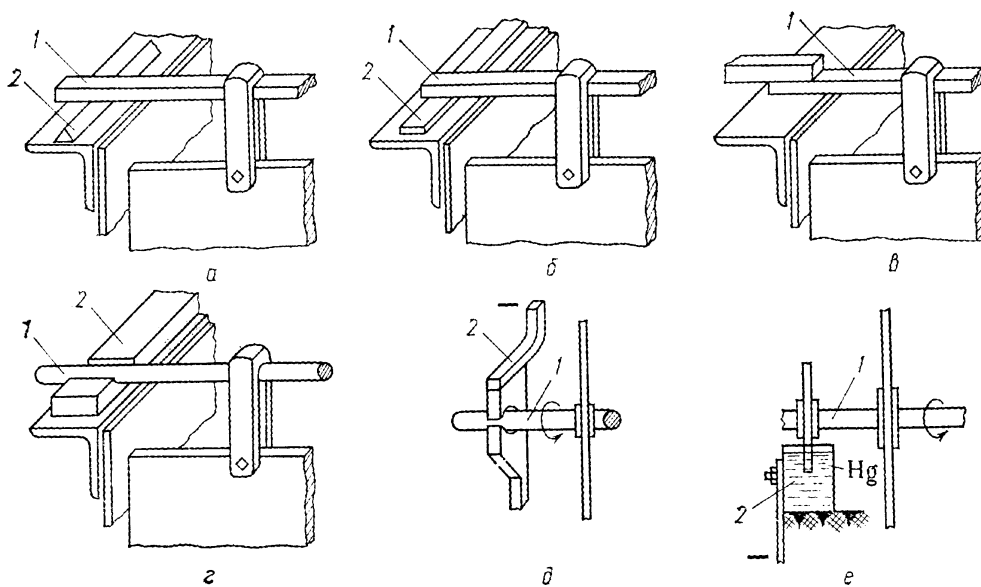


Рис.16. Способы подвода тока к электродным штангам: 1 – электродные штанги; 2 – распределительные шины и токоподводящие устройства; а – шина треугольного сечения; б – шина прямоугольного сечения с плоскостным контактом со штангой или с плечом электрода; в – подвод тока путем непосредственного контакта между электродными штангами

соседних ванн; z – шина прямоугольного сечения со сферическим контактом со штангой; d – цилиндрический вращающийся вал со скользящими контактами-щетками; e – передача тока от шины к вращающемуся валу через ртутный контакт.

Для удаления газообразных продуктов используют вентиляционные отсосы, газо-сборные зонты и колокола.

Существуют следующие типы местных вентиляционных отсосов:

- с горизонтальной щелью всасывания («опрокинутые»);
- с вертикальной щелью всасывания, которые подразделяются на отсосы двубортовые и однобортовые.

Выбор типа отсоса определяется требованиями к санитарно-гигиеническим условиям труда в цехах электрохимических покрытий и конструкцией оборудования, и производится с помощью технико-экономических расчетов.

Чаще всего применяют отсосы с вертикальной щелью всасывания, среди которых, исходя из числа и расположения отсасывающих щелей, выделяют следующие их модификации: односторонние правые, односторонние левые, двусторонние.

В зависимости от агрессивности выделений ванн отсосы изготавливают из углеродистой или нержавеющей стали, винипласта, полипропилена.

Для регулирования скорости воздушного потока во всасывающей щели отсоса предназначены шиберные устройства. Эффективность действия отсосов повышается при использовании укрытий ванн герметизирующими крышками.

Диафрагмы применяют во многих электрохимических процессах, как необходимый элемент конструкции электролизера, с помощью которого осуществляется разделение меж-электродного пространства на анодное и катодное.

Диафрагмы изготавливают из натуральных материалов ткани (бельтинг, войлок, шерсть) или используют искусственные (нейлон, капрон, стекловолокно, стеклоткань, резина микропористая).

Материалы для диафрагм выбирают, исходя из следующих критериев:

- они должны быть устойчивы в различных электролитах, в том числе и в агрессивных;
- должны обеспечивать разделение продуктов;
- любая диафрагма должна быть проницаема для ионов, с помощью которых происходит перенос тока через электролит, и непроницаема для исходного вещества и продуктов электролиза.

3. АВТООПЕРАТОРНЫЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЛИНИИ

Автооператорные линии получили наибольшее распространение благодаря их широким функциональным свойствам.

В линиях этого типа можно осуществлять:

- различные технологические процессы (электрохимические, химические, анодно-оксидные);
- как отдельные технологические процессы, так и несколько процессов одновременно или поочередно;
- изменение последовательности и длительности технологических операций;
- нанесение покрытий с производительностью от 1 до 200 м²/ч;
- обработку изделий как мельчайших, так и крупногабаритных;
- обработку изделий на подвесках, в барабанах, корзинах или комбинированно.

Отличительными особенностями автооператорных линий являются:

- движение изделий в процессе обработки, как в прямом, так и в обратном направлениях;
- расположение ванн и других позиций обработки не в последовательности выполне-

ния технологических операций;

- возможность осуществления нескольких одноименных операций на одной технологической позиции;
- наличие независимых транспортирующих органов с индивидуальными приводами перемещения и подъема—опускания;
- неодновременность переноса обрабатываемых изделий;
- отсутствие жесткой связи между грузозахватным элементом транспортирующего органа и приспособлением для размещения обрабатываемых изделий;
- наличие устройства программного управления.

Автооператорная линия в общем виде содержит (см.рис.17-21): ванны, автооператоры (манипуляторы), сушильную камеру, загрузочно-разгрузочные стойки (устройства), систему вентиляции, металлоконструкцию, систему трубопроводов, площадку обслуживания, командоаппарат (или иную систему программного управления), вспомогательное оборудование (емкости для приготовления электролитов, запасные емкости, фильтровальные установки, насосы, теплообменники и т. п.).

Помимо основных ванн, каждая АГЛ содержит ванны для улавливания, промывки и корректировки, а также резервные ванны (20-30% от общего числа ванн).

В зависимости от требуемой производительности в линии может быть несколько автооператоров. Они размещаются над ваннами или сбоку ванн. Ванны с расположенными между ними вентиляционными отсосами расставляют длинной стороной перпендикулярно к оси линии. Расстояние между осями ванн переменное, реже — постоянное. Все коммуникации с запорной и регулирующей арматурой (трубопроводы воды, пара, сжатого воздуха, канализацию), как правило, размещают сбоку ванн под площадкой обслуживания линии.

Основные параметры автооператорных линий представлены в Приложении 1.

Различают линии:

- с подвесными автооператорами,
- порталными автооператорами
- консольными автооператорами.

Подвесные автооператоры перемещаются по направляющим путям над ваннами. В этом самом распространенном типе линий доступ к ваннам открыт с двух сторон, что очень удобно при их эксплуатации, а близость массы автооператора и переносимого груза к опорной поверхности рельсовых путей обеспечивает устойчивость, как самого автооператора, так и груза в процессе его транспортировки.

Крепление направляющих путей двоякое — к специальным вертикальным стойкам или элементам перекрытия цеха. Линии с креплением направляющих путей к перекрытию цеха наиболее предпочтительны. Они пригодны для обслуживания ванн практически любой длины и высоты. По сравнению с другими типами линий занимаемая ими площадь меньше на 20÷30 %, а металлоемкость – на 10÷15 %. В тех случаях, когда крепление направляющих путей к перекрытию цеха связано с определенными сложностями, их монтируют на вертикальных стойках, устанавливаемых на фундаменте или общей раме линии.

Наиболее целесообразно использовать линии этого типа при массе транспортируемого груза в пределах от 200 до 2000 кг.

Портальные автооператоры применяют в линиях, расположенных в низких производственных помещениях, и в линиях с большими размерами ванн и массой транспортируемого груза более 2000 кг. Крепление путей для перемещения автооператоров в этих линиях также двоякое — к стойкам металлоконструкции (или специальным строительным железобетонным колоннам) или кронштейнам, монтируемым непосредственно к корпусам ванн.

Линии с порталными автооператорами имеют ряд недостатков, сдерживающих их применение. Главными из них являются:

- затрудненность обслуживания ванн;
- необходимость частичного или полного демонтажа рельсовых путей при извлечении

ванн для ремонта;

- дополнительное усложнение конструкции линии из-за введения устройств, обеспечивающих безопасность обслуживающего персонала;
- более быстрое коррозионное разрушение автооператоров вследствие близости их к зеркалу электролитов;
- усложнение конструкций приводов горизонтального передвижения автооператоров.

Линии *с консольными автооператорами* по предпочтительности их использования занимают промежуточное положение между линиями с подвесными автооператорами и порталными автооператорами. Потребителей привлекает их компактность, особенно при малых габаритах ванн и небольшой грузоподъемности авто операторов.

В линиях этого типа автооператоры перемещаются по направляющим путям, установленным на металлоконструкции сбоку ванн, а грузозахватный орган автооператоров выполнен в виде консоли, проходящей над поверхностью ванн.

Недостатки линий — свободное обслуживание ванны только с одной стороны, нечеткая стабилизация груза при перемещении — ограничивают область их применения: грузоподъемность не должна превышать 200 кг, а длина ванн — 1600 мм.

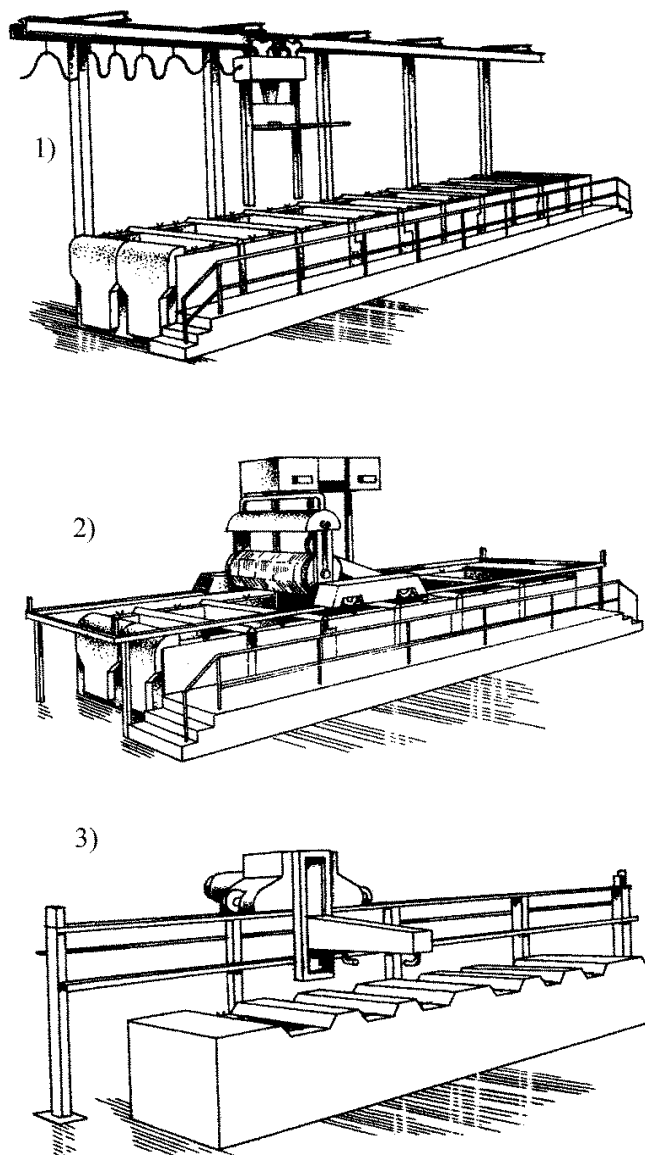


Рис.17. Типы линий:

1 – с подвесным автооператором;

2 – с порталным автооператором;
 3 – с консольным автооператором.

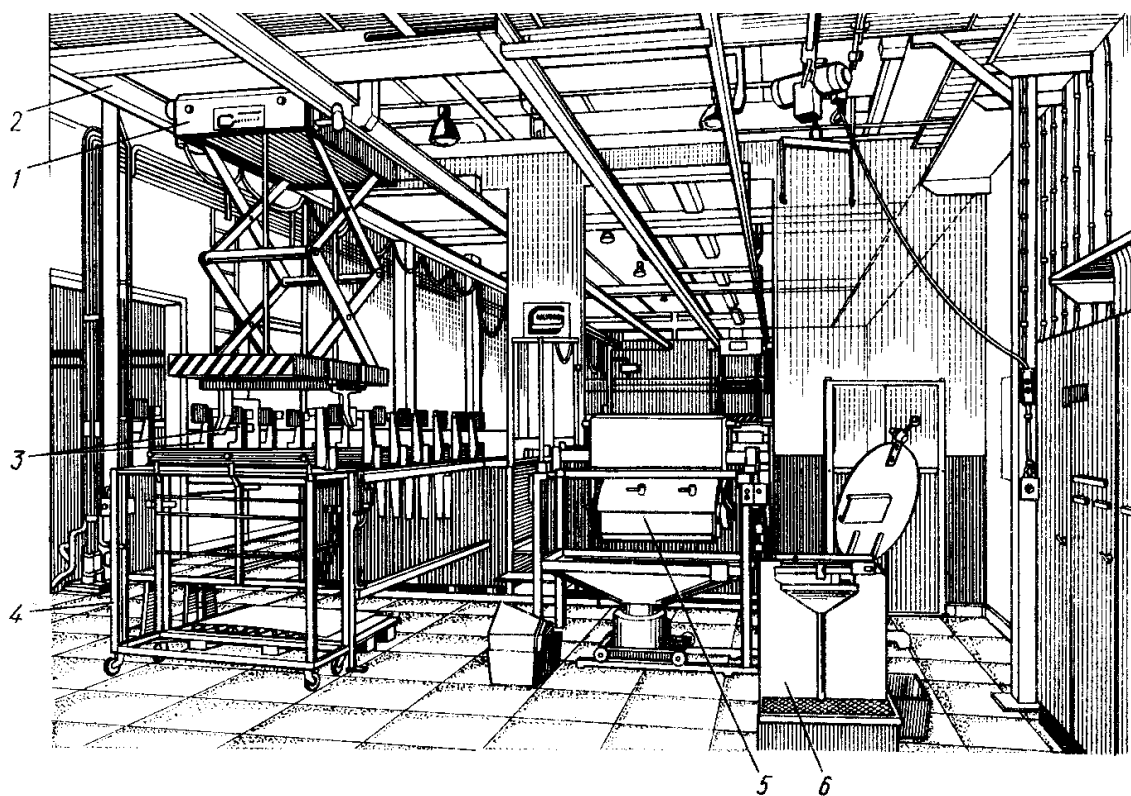


Рис.18. Гальваническая линия шведской фирмы Galvour: 1 – автооператор; 2 – пути передвижения автооператора; 3 – технологические спутники; 4 – стойка монтажная; 5 – барабан; 6 – дозатор загрузки барабана.

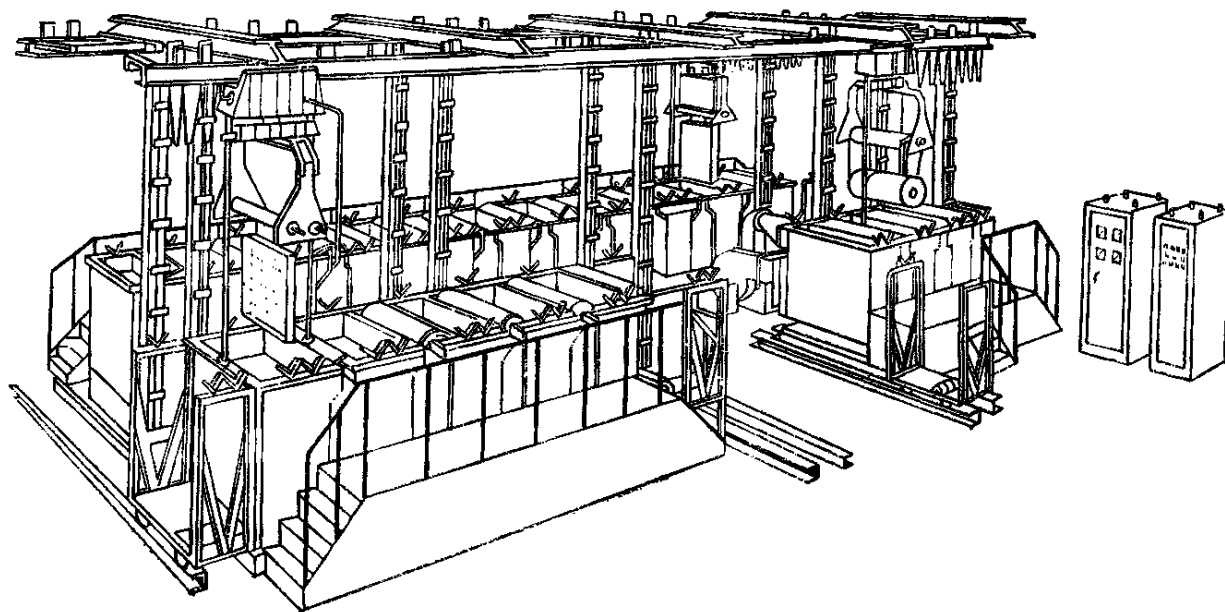
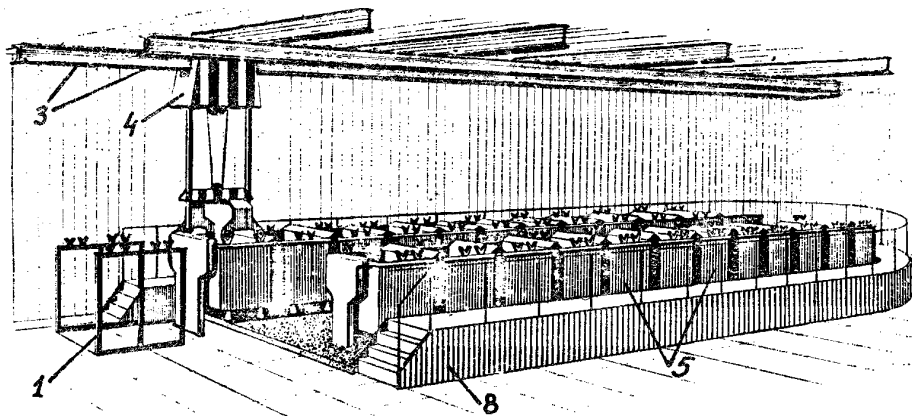
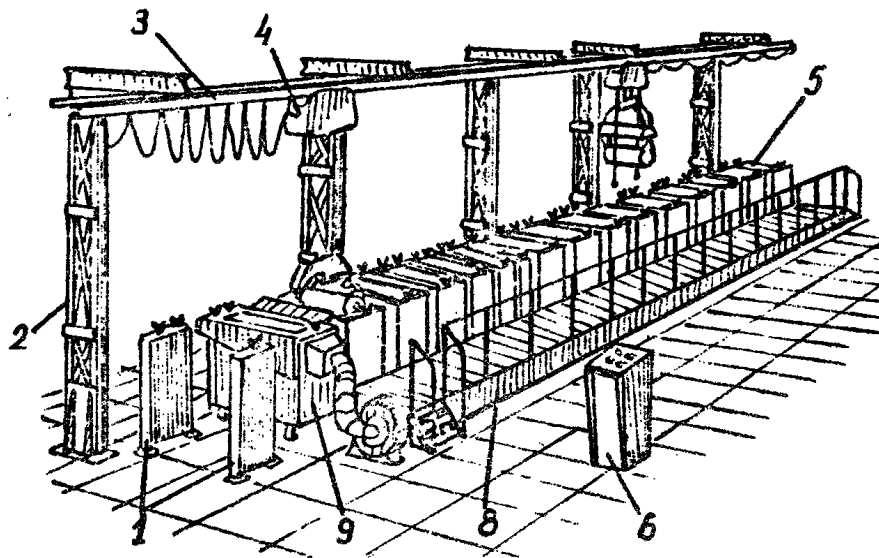


Рис.19. Общий вид автооператорной барабанно-подвесочной автоматической линии АЛГ-16.



а)



б)

Рис.20. Общий вид автооператорных линий с тельферным автооператором:

а – двухрядной компоновки;

б – однорядной компоновки.

1 – подготовительные стойки; 2 – металлоконструкция; 3 – несущие рельсы; 4 – тельферный автооператор; 5 – ванны; 6 – пульт управления; 7 – выпрямительный агрегат; 8 – площадка обслуживания с лестницами и перилами; 9 – сушильная камера

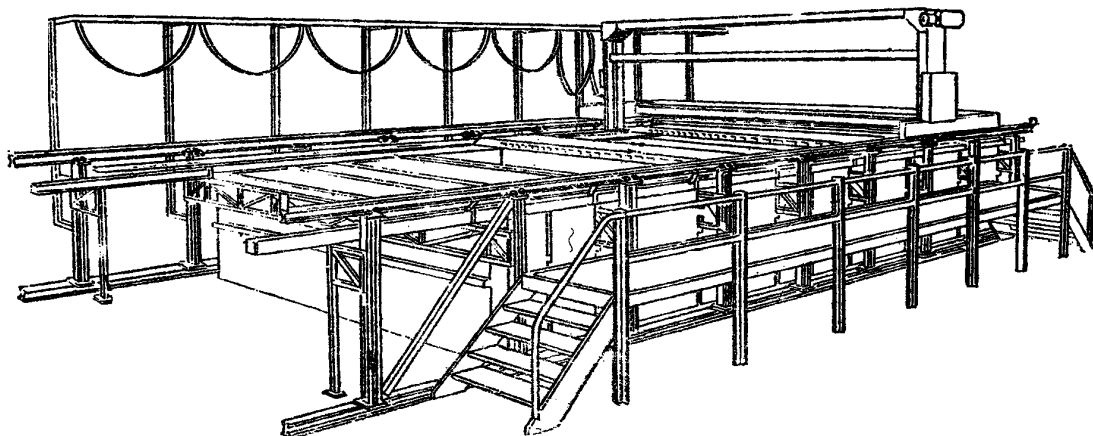


Рис.21. Общий вид автоматической линии с порталным автооператором.

Компоновки автооператорных линий представлены на рис.22.

Наибольшее распространение получили компоновки:

- однорядная прямолинейная,
- двухрядная овальная
- двухрядная прямолинейная.

Однорядная прямолинейная компоновка выгодно отличается от других компоновок экономичностью по занимаемой площади. Загрузку—выгрузку деталей можно производить как с одного конца линии, так и с противоположных концов. В последнем случае подвесочные устройства от позиции разгрузки возвращаются к месту загрузки или автооператорами, или с помощью конвейерных устройств. Линии с однорядной компоновкой удобны при монтаже, обслуживании и ремонте. Эта компоновка позволяет применять любой тип автооператоров — подвесной, порталный или консольный. Затруднения при использовании таких компоновок вызывают отдельные технологические процессы с большим числом операций и значительным временем экспозиции, что требует производственных площадей большой протяженности. Линии с однорядной компоновкой хорошо вписываются в общий технологический поток обработки изделий.

Недостаточная длина производственных помещений диктует необходимость применять линии с двухрядной компоновкой ванн.

Двухрядная овальная компоновка допускает использование только подвесных и консольных автооператоров, а двухрядная прямолинейная — автооператоров всех трех типов. При **двухрядной прямолинейной** компоновке груз передается с ряда на ряд автооператором (подвесным монорельсовым или консольным) или с помощью тележек, перемещающихся на конце линии поперек ее оси в случаях применения автооператора порталного или подвесного двухрельсового. В целях экономии производственных площадей иногда в зоне перемещения тележки располагается ванна (чаще всего промывочная), а тележка перемещается вдоль этой ванны. В этом случае перемещение груза с ряда на ряд совмещается по времени с какой-нибудь технологической операцией.

Другие компоновки линий редко применяют в производстве. Их использование обусловлено сугубо локальными условиями.

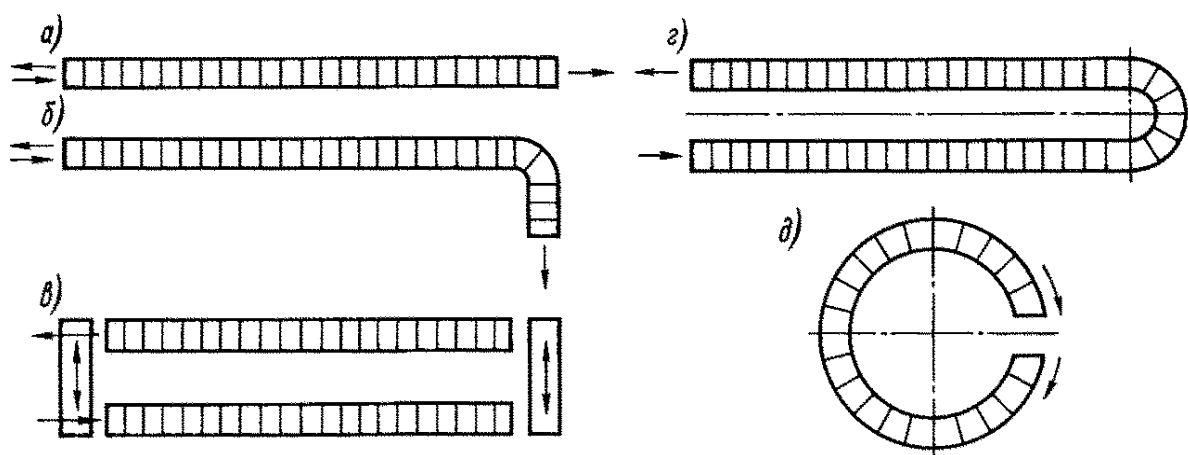


Рис.22. Компоновка автооператорных линий:

- а – однорядная прямолинейная;
- б – однорядная криволинейная;
- в – двухрядная прямолинейная;
- г – двухрядная овальная;
- д – круглая

Трехрядная прямолинейная компоновка иногда встречается в многопроцессных линиях для нанесения многослойных покрытий. В таких линиях передвижные тележки устанавливаются по обоим концам линии.

Выбор рациональной компоновки линии определяется конкретными условиями, главными из которых являются размеры производственного участка, отводимого под линию, и направление потока обработки изделий.

4. СТАЦИОНАРНЫЕ И МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ВАННЫ МЕТАЛЛОПОКРЫТИЙ

Набор различных по назначению ванн, установленных в определенном порядке – основная составляющая часть любой автоматической гальванической линии.

Ванны представляют собой емкости прямоугольной формы, в которых находятся растворы. Они предназначены для проведения процессов нанесения покрытий, а также для подготовительных и окончательных операций.

Ванны komponуются из унифицированных узлов: корпус, нагреватель, барботер и др.

К ваннам предъявляется *ряд требований*:

- герметичность
- отсутствие химического взаимодействия раствора с корпусом ванны
- поддержание теплового режима
- удобство и безопасность обслуживания и др.

Внутренние размеры ванн зависят:

- от размеров покрываемых деталей
- требуемой производительности гальванической линии
- установки внутри ванн тех или иных модулей
- от числа электродных рядов и расстояния между ними.

На практике наибольшее распространение получили электролитические ванны с тремя или пятью электродными рядами, имеющие соответственно две анодные и одну катодную или три анодные и две катодные штанги. Расстояние между лежащими рядом анодной и катодной штангами принимается в пределах 150÷300 мм и зависит от размеров покрываемых деталей. Чем меньше расстояние между электродами разной полярности, тем хуже первичное распределение тока для объемных деталей. От расстояния покрываемой детали до анода зависит качество и толщина покрытия.

Внутренние размеры ванн определяются ГОСТ 23738—85 «Ванны автооператорных линий для химической, электрохимической обработки поверхности и получения покрытий. Основные параметры и размеры». В нем не регламентируются конструкция и внутреннее устройство ванн, а приводятся схемы четырех типов корпусов ванн и указываются их внутренние размеры – длина, ширина, высота.

На рис. 23÷32 показаны различные типы корпусов, каждый из которых имеет несколько исполнений в зависимости от наличия карманов, сливных патрубков и направления их выхода.

Диапазон внутренних размеров ванн, приведенных в ГОСТ 23738-85, от 320х320х320 до 8000х2000х2500 мм. Наиболее часто встречающиеся в гибком гальваническом производстве внутренние размеры ванн следующие: длина $L=1000\div4000$ мм, ширина $B=500\div1400$ мм, глубина $H=800\div2000$ мм.

В зависимости от *назначения ванн* применяются различные типы корпусов. Показанный на рис.23 корпус ванны без кармана применяется для следующих технологических операций: электролитического нанесения покрытий, травления, улавливания, декапирования, пассивирования, осветления, оксидирования, окрашивания алюминия, нейтрализации, химического и электрохимического полирования, редукации, удаления некачественных покрытий, снятия шлама.

Корпус ванны с карманом, показанный на рис.24, применяется в основном для ванн холодной и горячей промывки, химического и электрохимического обезжиривания и травления алюминия.

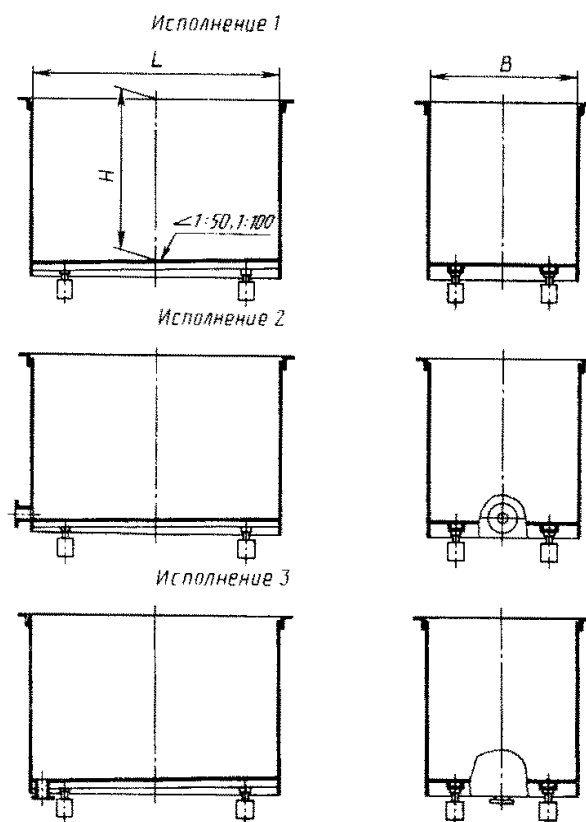


Рис.23. Корпус ванны без кармана.

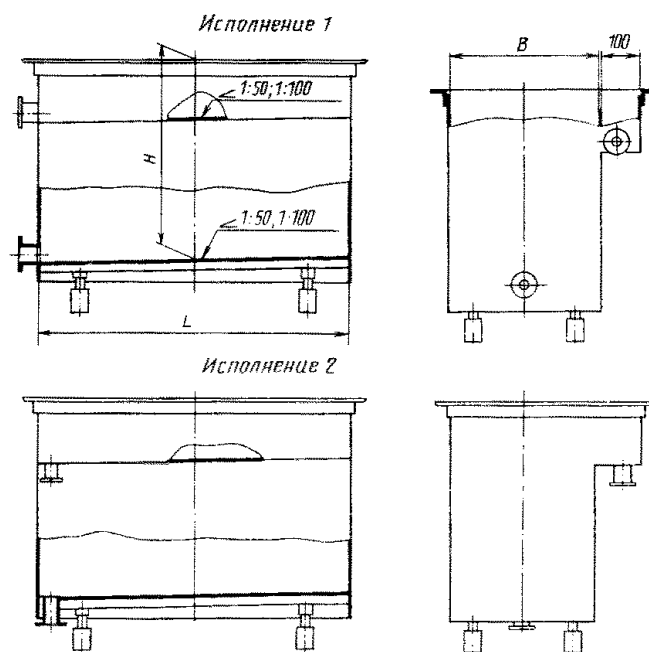


Рис.24. Корпус ванны с карманом.

Корпуса ванн, показанных на рис.25 и 26, предназначены для ванн двух- и трехступенчатой противоточной промывки.

Расположение карманов в корпусах ванн, показанных на рис.24–26, ГОСТом 23738-85

допускается как с правой, так и с левой стороны секции.

В гальваническом производстве встречаются ванны, имеющие более трех ступеней промывки. Эти ванны применяют при покрытии деталей драгоценными металлами. Объясняется это тем, что при большем числе ступеней промывки в канализацию выносятся, т.е. теряется, меньше ионов соответственного металла.

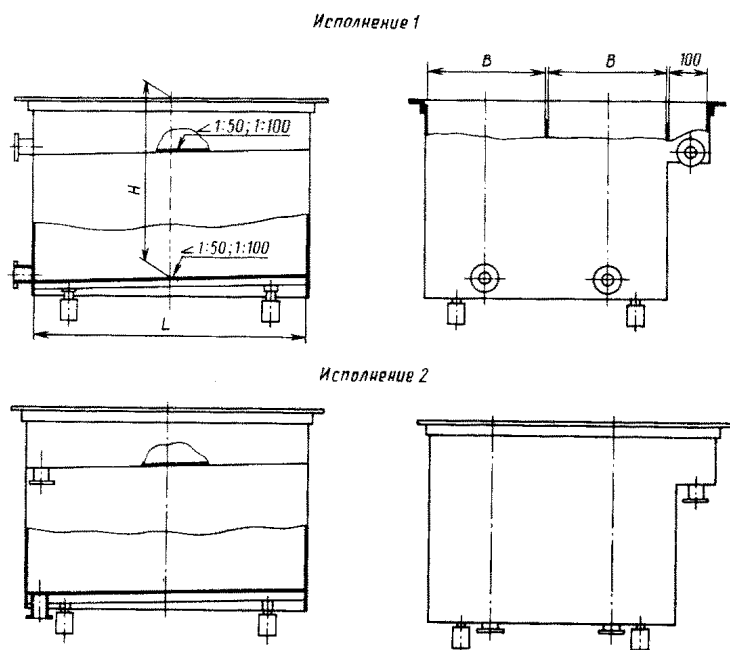


Рис.25. Корпус ванны двухступенчатой промывки.

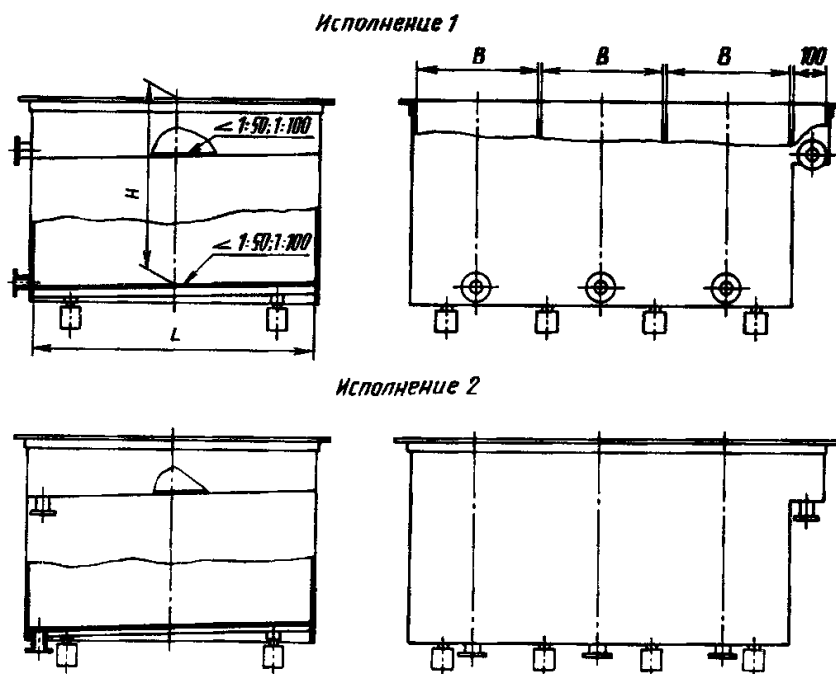


Рис.26. Корпус ванны трехступенчатой промывки.

В ваннах многоступенчатой противоточной промывки чистая вода поступает сначала в секцию, наиболее удаленную от кармана, переливается в следующую секцию и так до тех

пор, пока не попадает в карман, а из него — на очистку. Промываемые детали движутся навстречу потоку воды, т. е. сначала попадают в наиболее «грязную» секцию с карманом, потом — в следующую и так до тех пор, пока не попадут в последнюю «чистую» секцию. Применение противоточной каскадной промывки сокращает расход воды, регламентируется ГОСТ 9.305-84 «Покрyтия металлические и неметаллические неорганические».

Кроме корпусов ванн, представленных на рис.23÷26, на практике встречается целый ряд корпусов ванн другой конструкции, предназначенных в основном для промывки.

На рис.27 показан корпус трехсекционной ванны двухступенчатой противоточной каскадной промывки, позволяющий разместить в одном корпусе две ванны двухступенчатой противоточной каскадной промывки в холодной воде. Общей для обеих ванн в таком корпусе является средняя «чистая» секция, в которую подается вода из цеховой водопроводной сети. Из средней секции вода равномерно переливается через специальные карманы 1 и 2 в нижние части крайних секций, вытесняя в канализацию через карманы 3 и 4 верхние более грязные слои воды. Детали для промывки поступают сначала в крайние секции с более грязной водой из ванн, расположенных слева и справа от этой ванны, а после — в среднюю секцию. Применение таких ванн экономит производственную площадь, сокращает расход конструкционных материалов, упрощает схемы подвода воды и сжатого воздуха.

На рис.28 показан совмещенный корпус двух ванн двухступенчатой противоточной каскадной промывки: в холодной и горячей воде. Общей секцией в таком корпусе также является средняя секция с холодной водой, от которой секция промывки в горячей воде отделена теплоизолирующей перегородкой 1. В этом случае стенки секции горячей промывки имеют теплоизоляцию 2. Схема движения деталей в этой ванне такая же, как и в ванне, показанной на рис.27.

Недостатком ванн, показанных на рис.27 и 28, является малая длина переливной кромки 3 (см.рис.28) карманов, из-за чего в случае значительного повышения уровня воды в средней секции (например, при опускании в нее объемных деталей), через карман переливается только часть чистой воды, другая же ее часть переливается через перегородку 1 или 4 и смешивается с грязным верхним слоем. Качество промывки при этом ухудшается.

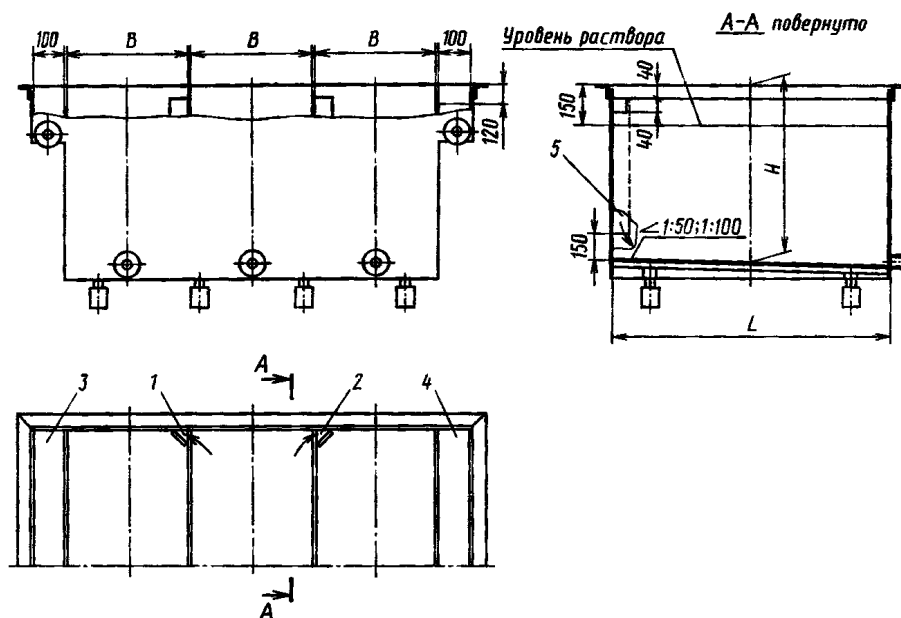


Рис.27. Корпус ванны двухступенчатой противоточной промывки холодной водой: 1,2 — карманы для перелива чистой воды; 3, 4 — карманы для слива в канализацию грязной воды; 5 — разделительные планки (стрелками показано направление движения чистой воды)

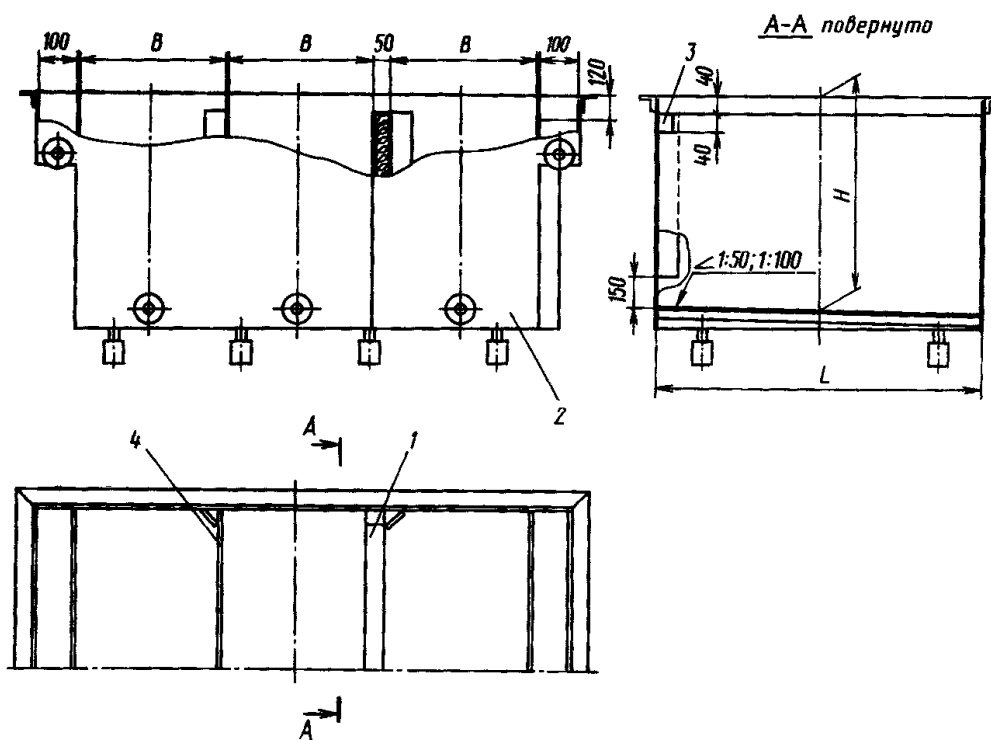


Рис.28. Корпус ванны двухступенчатой противоточной холодной промывки с секцией горячей промывки.

Для устранения этого недостатка при промывке крупных деталей применяют ванну, корпус которой показан на рис.29. В таком корпусе для сообщения средней секции с соседними применяются не карманы, а перегородки 1 и 2 по всей длине ванны. Такой корпус и схема движения воды показаны на рис.29. Эти перегородки устанавливаются на расстоянии 50 мм от разделительных стенок 3 и 4 секций (несколько выше их). Габаритные размеры этого корпуса немного увеличиваются за счет размещения дополнительных перегородок, так как ширина B секции при этом сохраняется.

На рис.30 показан корпус такой ванны, состоящий из двух частей, соединенных между собой трубами. При установке справа еще одной секции с карманом можно получить корпус трехсекционной ванны двухступенчатой противоточной каскадной промывки, аналогичный корпусу, показанному на рис.29. Перелив воды из средней «чистой» секции в крайние с более грязной водой осуществляется по трубам 1 и карманам 2 (см. рис.30). Такие ванны занимают в линии больше места, так как в этом случае между секциями размещается верхняя обвязка 3 из уголков или другого проката, однако преимущества таких корпусов очевидны. Более детально устройство корпусов таких ванн показано на рис.31 и 32.

Корпуса ванн свариваются из листов 1 и 3 из стали (боковые стенки) толщиной 4—5 мм, которые устанавливаются встык (см. сечение $B—B$, рис.32). Дно 6 корпуса имеет уклон 1:100 или 1:50 в сторону патрубка донного слива. Для уменьшения потери полезной высоты H в ваннах длиной 2 м и более уклон дна рекомендуется принимать 1:100.

Для увеличения жесткости дна 6 снизу по линии установки опор (ножек) 15 или 16 к дну приваривают гнутые швеллеры 4. Под опорные поверхности ножек к дну ванны приваривают пластины 7, а для фиксирования корпуса на ножках — втулки 8. Для увеличения жесткости верхних краев боковых стенок производят обвязку их по периметру равнобоким уголком размером от 50x50x5 до 100x100x10 мм (см, рис.31, II) или гнутым швеллером высотой от 80 до 120 мм (см. рис.31, I).

Для ванн высотой $H = 1250$ мм и выше для предотвращения образования «бочкообразности» рекомендуется обвязывать корпус примерно по середине высоты дополнительными поясами 2 и 5 гнутого швеллера. Для ванн длиной 2,5 м и более корпуса ванн рекомендуется

обвязывать дополнительно вертикальными стойками 14.

Конструкция сливных патрубков и карманов ванн представлена на рис. 2—4. Высота сливного кармана должна занимать не менее 10—20 % высоты ванны.

Для выведения при монтаже в гальванической линии боргов ванн в одну плоскость корпуса устанавливаются на регулируемые опоры 15 или 16 (см. рис.32) с диапазоном регулирования 100—120 мм.

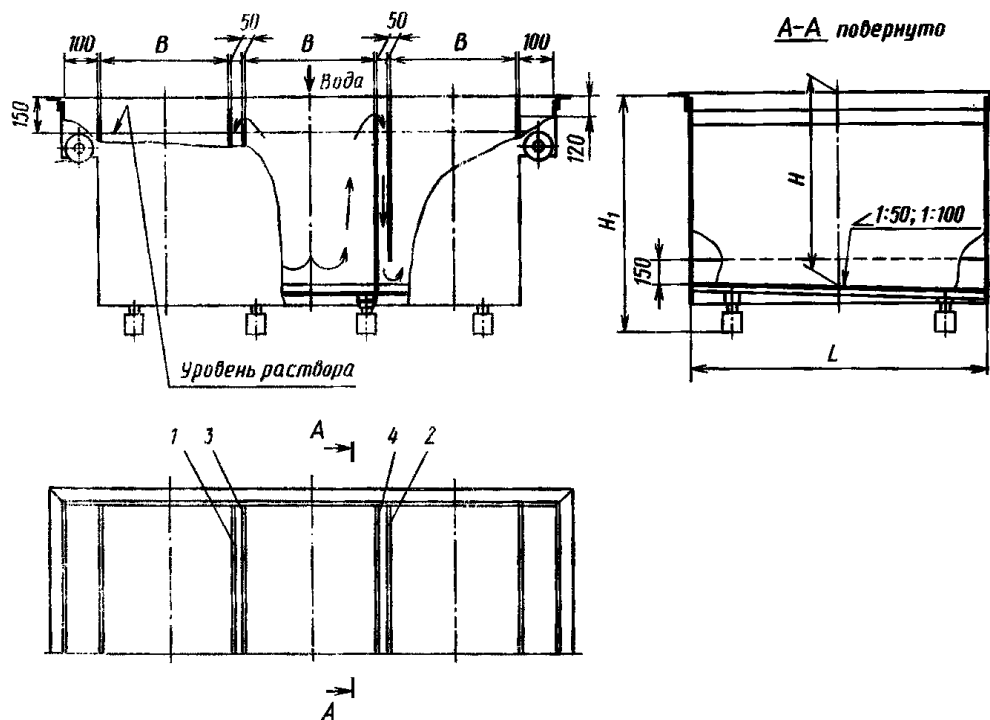


Рис.29. Корпус ванны двухступенчатой противоточной промывки с разделительными стенками (стенками показано направление движения чистой воды)

Корпуса электролитических ванн, подключенных к источникам питания постоянного тока, во избежание утечки тока, а также для защиты от блуждающих токов следует устанавливать на изолирующие опоры 15. Корпуса остальных ванн устанавливают на металлические опоры 16. Одна из конструкций регулируемых изолирующих опор представлена на рис.32 (см. сечение А—А). Винт 9 своей сферической головкой входит в центрирующую втулку 8 и опирается на пластину 7. Нижний резьбовой конец его входит в стальную втулку 10, которая своей рифленой торцевой поверхностью опирается на прокладку 11 из мягкого металла (алюминия, меди). Эта прокладка препятствует повороту втулки 10 при вращении винта 9. Втулка 10 центрируется в фарфоровом изоляторе 12 своим цилиндрическим полым хвостовиком. Марка изолятора — СНб (изоляторы опорные внутренней установки).

Устройство опоры для неэлектролитических ванн показано на рис.32 (см. сечение Б—Б).

Для уменьшения потерь тепла ванны, в которых рабочая температура растворов превышает 60 °С, теплоизолируют (дно ванны, а также карманы теплоизоляции не имеют).

На рис.31 представлена ванна с теплоизолированными боковыми стенками. На эти стенки в несколько рядов по высоте с определенным шагом привариваются специальные устройства 3 (по ГОСТ 17314—81 «Устройства для крепления тепловой изоляции стальных сосудов и аппаратов. Конструкция и размеры. Технические требования»). На эти же стенки приваривают рамки 7 из стандартного уголка. На устройства 3 навешивается минеральная вата 2 (по ГОСТ 4640—84. «Вата минеральная. Технические условия»). Эта вата закрывается затем листами 4, которые винтами крепятся к рамкам 7. При наличии на боковых стенках

сливных патрубков, карманов и др. в теплоизоляции для них делаются вырезы.

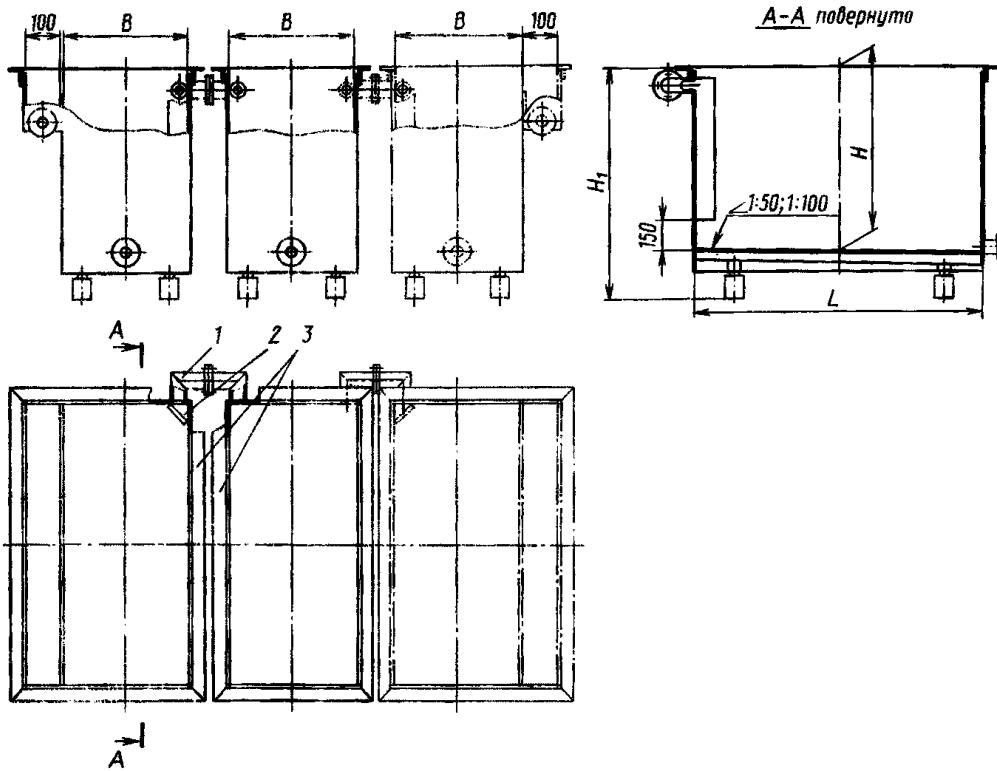


Рис.30. Корпус сборной ванны двухступенчатой противоточной промывки холодной водой.

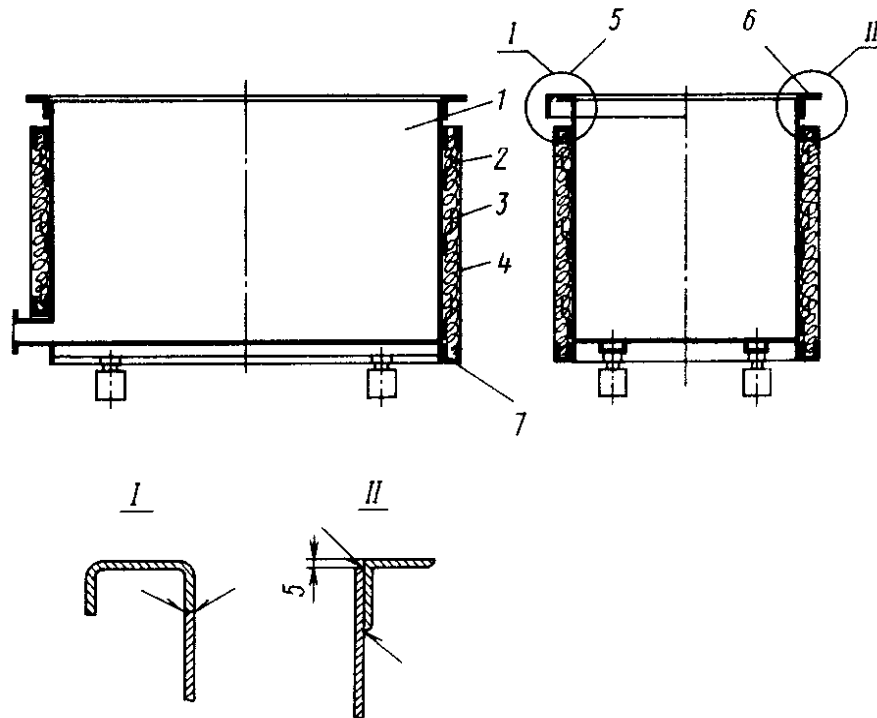


Рис.31. Корпус ванны с теплоизолированными стенками: 1 – корпус ванны; 2 – минеральная вата; 3 – устройство для крепления теплоизоляции; 4 – лист; 5 - обвязка бортов из гнутых швеллеров; 6 – обвязка бортов из уголков; 7 – рама

В гальванических цехах для нагрева растворов в ваннах используют в качестве теплоносителя насыщенный и перегретый пар, электроэнергию, горячую воду.

При рабочих температурах растворов $80\div 90^{\circ}\text{C}$ и ниже применение пара является предпочтительным как наиболее дешевого и безопасного способа нагрева. При отсутствии пара

или его нехватке, а также при температуре раствора 100°C и выше применяют электронагрев. Электронагрев является достаточно эффективным способом нагрева, но менее удобным, так как использование напряжения свыше 36 В требует принятия дополнительных мер безопасности. При наличии перегретого пара растворы в ваннах можно нагревать до температуры 100°C и выше.

В обычных паровых змеевиках пар отдает 90 % своего тепла при конденсации в воду. При необходимости же нагрева раствора свыше 100°C конденсацию пара допускать нельзя, его следует выпускать наружу при температуре, которая выше рабочей температуры раствора ванны. Это основной недостаток данного способа нагрева. Перегретый пар с температурой $210\div 240^{\circ}\text{C}$ поступает в заводскую сеть, а до гальванического цеха доходит при температуре $160\div 180^{\circ}\text{C}$.

Нагрев растворов в гальванических ваннах с помощью перегретого пара или горячей воды осуществляется крайне редко ввиду их низкой экономичности. Независимо от теплоносителя нагрев гальванических ванн осуществляется двумя способами:

- нагревательным элементом, помещенным непосредственно в раствор
- нагревательным элементом в водяной рубашке, передающим тепло через металлическую стенку рабочему раствору ванны.

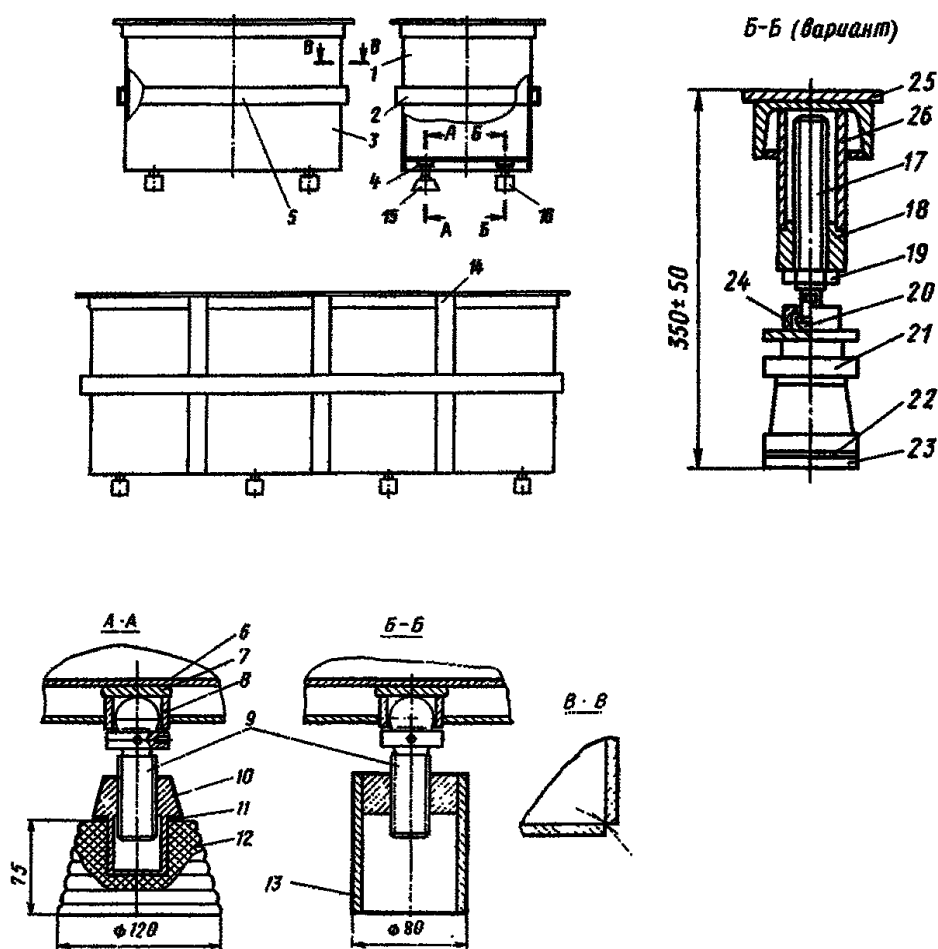


Рис.32. Устройство корпусов ванн: 1, 3 – боковые стенки корпуса; 2,5 – пояс из гнутого швеллера; 4 – швеллеры; 6 – дно корпуса; 7 – платина; 8 – втулка; 9 – винт; 10 – стальная втулка; 11, 22 – прокладка; 12 – фарфоровый изолятор; 13 – опора; 14 – вертикальная стойка; 15, 16 – регулируемая опора; 17 – винт грузовой; 18 – гайка; 19 – контргайка; 20 – сферический подпятник грузовой винта; 21 – изолятор фарфоровый; 23 – пята; 24 – колпачок с резьбой; 25 – дно ванны; 26 – втулка.

В случае, если раствор нейтрален по отношению к материалу греющей поверхности нагревательного элемента, применяют первый способ нагрева, если же агрессивен — используют второй способ.

При нагреве ванн *нагревательным элементом, помещенным в раствор*, используется змеевик.

Змеевики могут выполняться сварными из отдельных отрезков труб или гнутыми из одной трубы. Радиус изгиба труб должен быть по возможности наименьшим при условии минимальной деформации диаметра трубы на изогнутом участке. Для изготовления змеевиков применяют различные материалы в зависимости от состава нагреваемых растворов со следующими характеристиками:

- низкоуглеродистая сталь — устойчива в щелочных растворах и достаточно устойчива в водопроводной воде;
- коррозионно-стойкая сталь — устойчива в растворах агрессивных минеральных кислот при наличии в растворе некоторого количества азотной кислоты и при отсутствии соляной или плавиковой кислоты;
- свинец — нестойк в присутствии азотной и соляной кислот;
- титановые сплавы — стойки в большинстве гальванических растворов, нестойки при травлении в горячей серной кислоте концентрацией 10÷20 %. В соляной кислоте разрушаются за 10÷15 дней работы;
- латунь — устойчива в растворах фосфорнокислых солей

Донный змеевик (рис.33) имеет более высокую теплоотдачу, чем змеевик, расположенный у боковых стенок ванны (рис.34), однако затрудняет расположение на дне ванны барботеров, водоподводов, препятствует извлечению упавших деталей, ухудшает условия чистки дна ванны, поэтому располагать его непосредственно на дне ванны не рекомендуется во избежание взмучивания возможного осадка, накопившегося в ванне. Нахождение помещенных в ванну деталей в непосредственной близости к донному змеевику вызывает подгар их нижних концов.

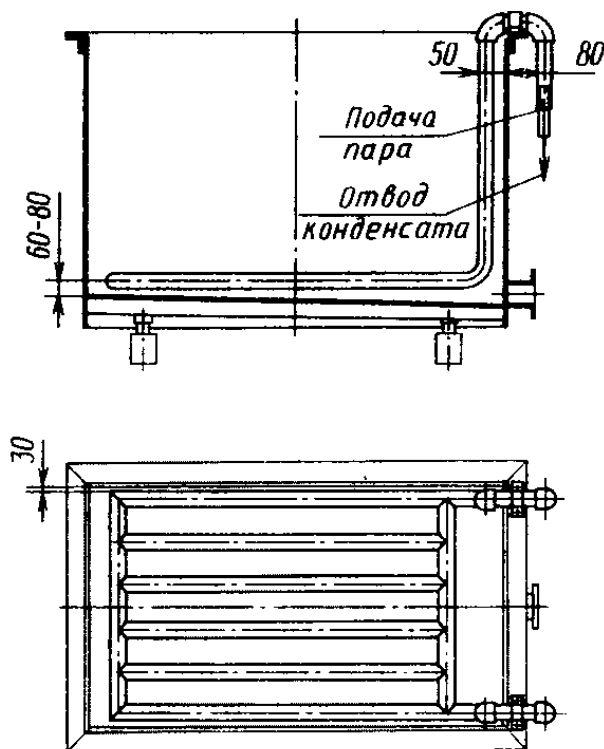


Рис.33. Донный паровой нагреватель.

Змеевик, расположенный у боковой стенки ванны, лишен упомянутых выше недостат-

ков, однако установка на ванне и снятие, как правило, двух таких змеевиков вызывают дополнительные затруднения. Змеевики должны быть легко съемными для выполнения их ремонта или чистки и ремонта самой ванны. Змеевики подключаются к сети через вентили с тем, чтобы в случае их демонтажа не требовалось отключать общецеховую сеть подачи пара. В электролитических ваннах змеевики нагревателей должны быть изолированы от магистральных трубопроводов с целью предотвращения утечки тока через них.

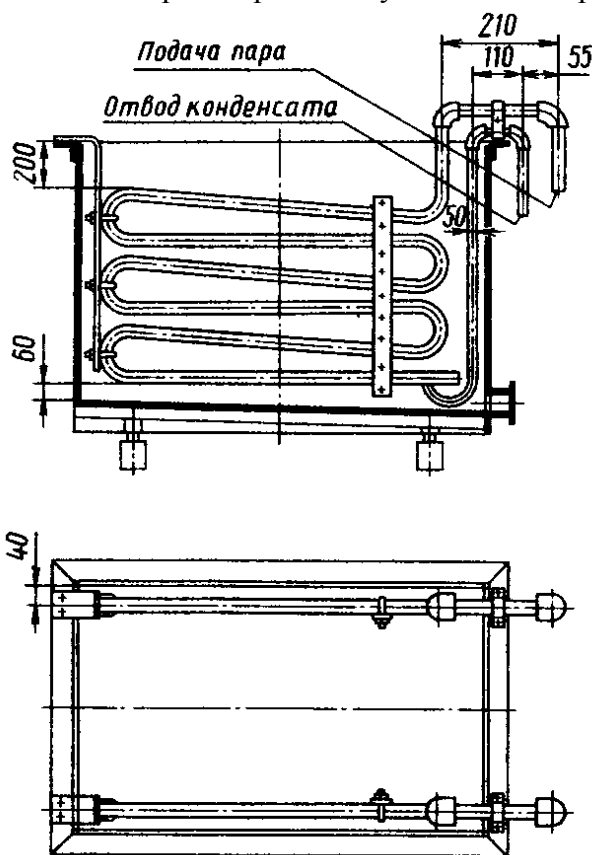


Рис.34. Боковой паровой нагреватель.

Основным достоинством *способа нагрева ванн водяной рубашкой* (рис.35) является вывод материала греющей поверхности нагревателя из зоны непосредственного контакта с агрессивной средой. В этом случае гальванический раствор нагревается промежуточным теплоносителем – водой, окружающей боковые стенки и дно гальванической ванны 10. Вода, в свою очередь, нагревается от змеевика 5, изготовленного из низкоуглеродистой стали. Водяная оболочка (рубашка) размещается в промежутке между стенками вспомогательной (внешней) ванны 9 и рабочей гальванической ванны 10, выполненной из коррозионностойкого материала. Для заполнения водой промежутка между ваннами, а также для равномерного пополнения его холодной водой служит полузамкнутая труба 1 с отверстиями, концы которой заглушены. Уровень воды в рубашке должен быть выше уровня гальванического раствора и поддерживается нижней кромкой сливного патрубка 12, из которого излишки воды короткой свободной струей стекают через воронку 11 в канализацию. По изменению цвета стекающей воды в этом случае можно обнаружить течь в рабочей ванне 10. Эта ванна ножками 6 опирается на дно ванны 9, а верхней обвязкой из уголков 7 — на верхние кромки боковых стенок ванны 10. Места контакта обеих ванн сверху завариваются во избежание выброса горячей воды, или между ними устанавливается герметическая прокладка. Доступ внутрь рубашки для ремонта трубопроводов не требуется. Слив содержимого рубашки осуществляется через донный патрубок 3. Освобождение ванны 10 от раствора производится, как правило, с помощью насоса, выполненного из химически стойких материалов, или через патрубок донного слива, приваренный к дну или стенке ванны и проходящий через дно или стенку вспомо-

гательной ванны через специальное уплотнение.

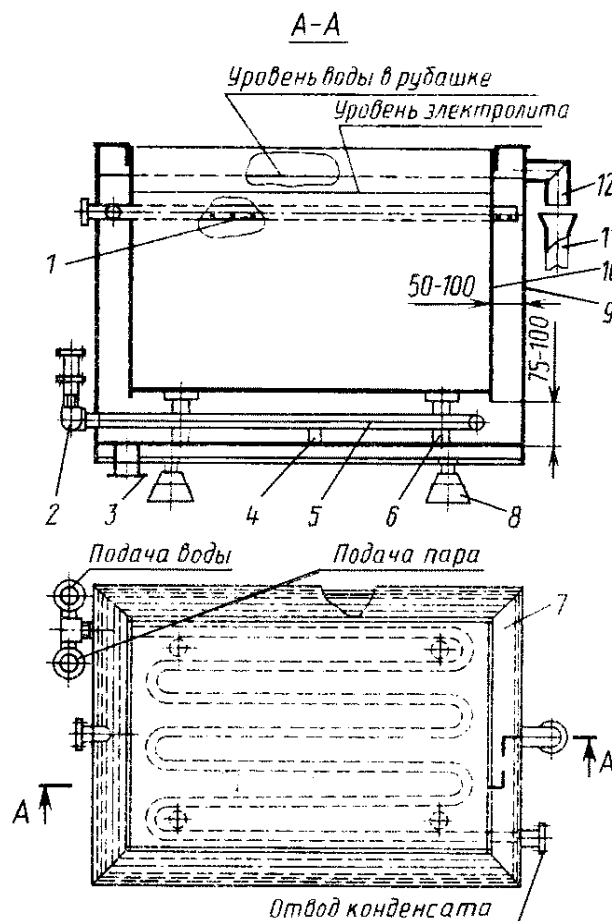


Рис.35. Ванна с водяной рубашкой: 1 – труба подачи воды в рубашку; 2 – тройник; 3 – патрубок слива воды из рубашки; 4 – опора; 5 – змеевик; 6 – ножка рабочей ванны; 7 – верхняя обвязка из уголков; 8 – изолирующая ножка; 9 – внешняя ванна; 10 – рабочая ванна; 11 – воронка; 12 – сливной патрубок.

В некоторых ваннах работающих при большой объемной плотности тока (сила тока, приходящаяся на 1 л объема раствора), например в ваннах хромирования, при прохождении тока через электролит выделяется тепло, которое дополнительно нагревает электролит. В этом случае со змеевиком 5 соединяется через тройник 2 еще и трубопровод подачи холодной воды. С повышением температуры электролита подача пара прекращается и в змеевик подается холодная вода до тех пор, пока температура раствора не установится в пределах заданной.

Разновидностью нагрева раствора водяной рубашкой является нагрев пароводяной рубашкой (рис.36). При таком способе нагрева раствора пар и вода поступают в тройник 3 одновременно, смешиваются в нем и в барботер 4 поступает горячая вода, которая через отверстия попадает в рубашку и нагревает в ней воду. Верхний, более холодный слой воды при этом сливается в канализацию через патрубок 12 и воронку 11. Сечение патрубка 12 принимается примерно в 4 раза большим, чем диаметр барботера. Отверстия в барботере расположены несколькими группами. Диаметр этих отверстий в небольших по длине ваннах принимается 2—4 мм, а в более длинных ваннах — 3—6 мм. Диаметр этих отверстий увеличивается по мере их удаления от начала барботера. Для более равномерного нагрева водяной рубашки барботер может иметь две параллельные трубы, расположенные под дном ванны 2.

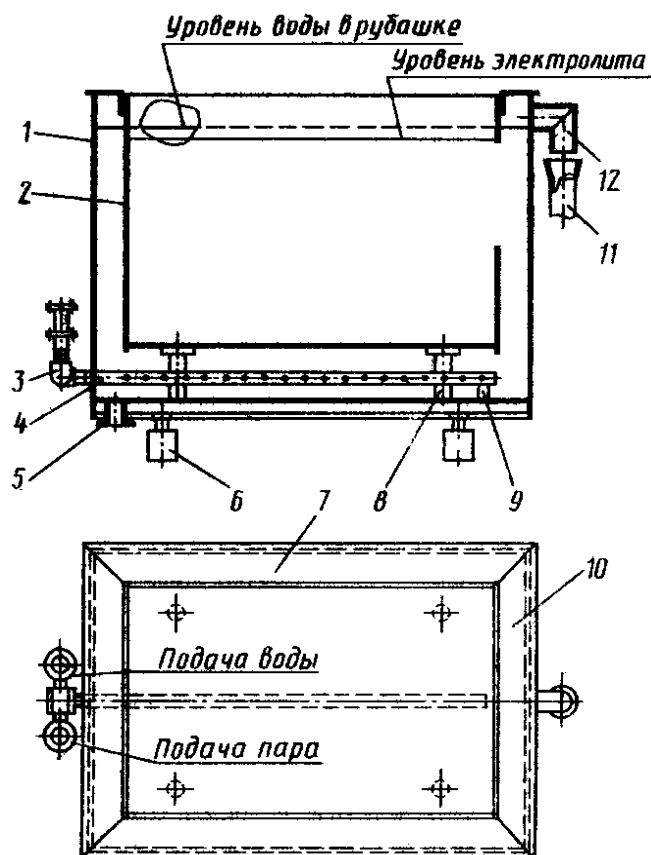


Рис.36. Ванна с пароводяной рубашкой: 1 — внешняя ванна; 2 — рабочая ванна; 3 — тройник; 4 - барботер; 5 — патрубок слива вода на рубашки; 6 — ножка ванны; 7, 10 — обвязка из уголков; 8 — ножка рабочей ванны; 9 — опора; 11 — воронка; 12 — патрубок.

Пароводяная рубашка нагревает ванну медленнее, чем паровой змеевик. Однако при правильно выбранном объеме она гораздо точнее поддерживает заданную температуру раствора в рабочей ванне. Объем рубашки должен составлять 40—60 % от объема раствора в рабочей ванне, а уровень растворов в обеих ваннах принимается примерно одинаковым или немного большим в рубашке. Температуру раствора в ванне хромирования при таких соотношениях можно поддерживать с точностью ± 1 °С.

Трубчатый электронагреватель (ТЭН), показанный на рис.37, состоит из тонкостенной металлической оболочки 1, которая может иметь различную конфигурацию. Внутри нее помещается спираль 2 из проволоки высокого удельного электрического сопротивления, концы которой соединены с контактными стержнями 3. Пространство между спиралью и оболочкой заполнено наполнителем 4 с высокими диэлектрическими характеристиками, как правило, периклазом (кристаллической окисью магния). Контактные стержни 3 заделаны в изоляторы 6. Торцы электронагревателей заполняются влагозащитным термостойким лаком 5 (герметикой). Герметик предохраняет наполнитель 4 от проникновения влаги и сохраняет его электроизоляционные свойства при температуре в зоне герметизации до 120 °С.

Для нагрева воды, слабых растворов щелочей и кислот оболочки ТЭН изготавливают из меди, латуни, углеродистой или коррозионно-стойкой стали. Для нагрева агрессивных сред трубчатые электронагреватели выполняют в жаропрочной коррозионно-стойкой оболочке. ТЭН должен обязательно соответствовать той среде, для работы в которой он предназначен.

Нагрев ванн погружением ТЭН непосредственно в раствор. Установка электронагревателей на ванне при таком способе нагрева растворов показана на рис.38. На верхней обвязке ванны 2, имеющей теплоизоляцию 4, установлены блоки 3 электронагревателей 8. Каждый блок состоит из корпуса 5, в дно которого вварены втулки 13 с внутренней резьбой.

Каждый ТЭН вставляется своими контактными концами в пару резьбовых втулок 13, имеющих внутреннюю торцевую коническую поверхность.

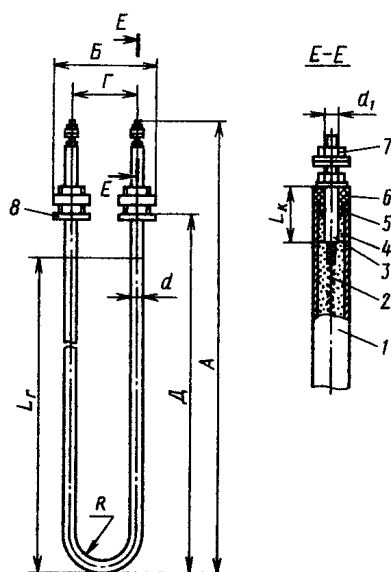


Рис.37. Устройство трубчатого электронагревателя: 1 — тонкостенная металлическая оболочка; 2 — спираль; 3 — контактный стержень; 4 — наполнитель; 6 — герметик; в — изолятор; 7 — гайка; 8 — крепежное устройство

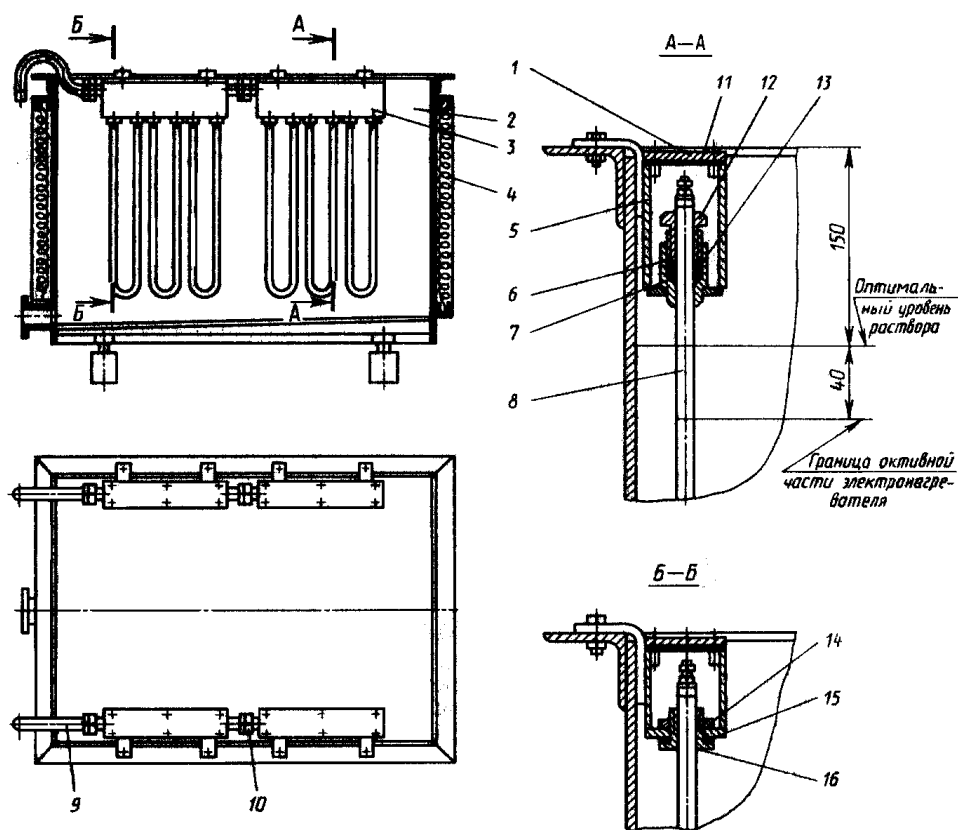


Рис.38. Ванна с электронагревателями: 1 — крышка; 2 — ванна; 3 — блок электронагревателей; 4 — теплоизоляция; 5 — корпус; 6 — стальная шайба; 7 — свинцовая шайба; 8 — электронагреватель; 9, 10 — трубопроводная арматура; 11 — уплотнительная прокладка; 12 — нажимная гайка; 13 — резьбовая втулка; 14 — гайка; 15 — уплотнительная прокладка; 16 — резьбовая втулка.

Электронагрев ванн водяной рубашкой. Способ установки электронагревателей в водяной рубашке показан на рис.39. Для заполнения рубашки, а также для равномерного пополнения ее холодной водой служит П-образная труба 3, вваренная в корпус наружной ванны 1. Труба 3 по всей длине имеет равномерно расположенные отверстия, диаметр которых постепенно увеличивается к ее заваренным концам. Под дном рабочей ванны 2 установлены блоки электронагревателей 6.

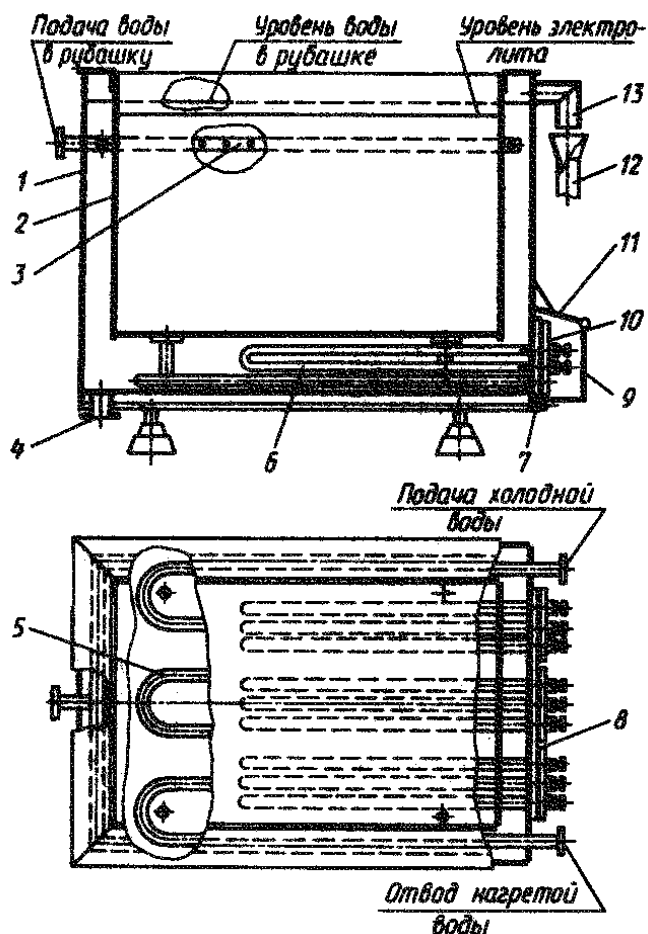


Рис.39. Ванна с водяной рубашкой и электронагревом: 1 – наружная ванна; 2 – рабочая ванна; 3 – труба подачи холодной воды в рубашку; 4 – патрубок слива воды из рубашки; 5 – змеевик охлаждения; 6 – электронагреватель; 7 – пластина; 8 – уплотнительная прокладка; 9 – крышка; 10 – фланцы электронагревателей; 11 – защитный козырек; 12 – воронка; 13 – сливной патрубок

5. КОНСТРУКТИВНЫЕ МОДУЛИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПУТНИКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ВАНН

Конструктивные модули применяются совместно с различными корпусами гальванических ванн, которые используются в различных технологических целях (табл.1).

Технологические спутники представляют собой кассеты двух типов:

- первый тип — переносные штанги с подвесками, переносными барабанами, корзинами или сетками;
- второй тип — барабаны, имеющие цапфы для посадки их на ванны в опоры и для передачи тока к деталям и к приводу барабана.

Штанги и барабаны снабжены транспортными кронштейнами, которые служат для зацепления их с захватами манипуляторов и переноса кассет.

Для электрохимических процессов штанги выполняют из меди или латуни, а для хими-

ческих процессов из углеродистой стали.

Таблица 1

<i>Наименование</i>	<i>Назначение, область применения</i>	<i>Краткое описание</i>
Перемешиватели растворов		
Гидравлический	Предназначены для перемешивания технологических растворов с целью создания однородной среды по всему объему гальванической ванны	<i>Гидравлическое</i> перемешивание чаще всего совмещается с фильтрованием электролитов и рабочих растворов
Пневматический (барботер)		В качестве <i>пневматического</i> перемешивателя применяется труба с отверстиями диаметром 1,1—1,5 мм с увеличением диаметра по мере приближения к ее концу. Суммарная площадь отверстий должна быть в 1,5—1,8 раза меньше площади сечения трубы. На ванне длиной более 2 м укладывают параллельно две или три трубы, с отверстиями по ее длине.
Механические		<i>Механические</i> перемешиватели снабжены крыльчаткой с электрическим или пневматическим приводом. Применяются редко.
Электродные штанги		
<i>Катодные:</i> – круглого сечения однорядные и двухрядные – прямоугольного сечения	Для крепления подвесок (рамок) с обрабатываемыми деталями. Длина ванны не более 2000 мм Для крепления подвесок (рамок) с обрабатываемыми деталями. Длина ванны не более 2000 мм	Плотность тока 0,5 А/мм ² для латунных штанг и 1,5—2,0 А/мм ² для медных. Штанги снабжены транспортными кронштейнами для их переноса с помощью манипуляторов. Кронштейны должны быть изолированы от штанги. Диаметр штанги 25—40 мм Превосходят по жесткости штанги круглого сечения. Концы штанг выступают за габариты ванны по длине размещения в грузоопорах; один конец штанги дополнительно удлиняется для взаимодействия с датчиком загрузки. Для механического крепления рамок (подвесок) с деталями на штанге с обеспечением надежного электрического контакта служат устройства типа «ласточкин хвост»
<i>Анодные</i>	Для крепления анодов	Преимущественно рекомендуются прямоугольные штанги, снабженные транспортными кронштейнами и устройствами типа «ласточкин хвост»

		для установки анодов
Опоры электродных штанг (см.рис.40)		
Для штанг круглого сечения: – токовая; – самозажимная токовая; – бестоковая.	Опоры служат для обеспечения точной установки электродных штанг на ваннах и для создания надежного электрического контакта со штангами	Опоры электродных штанг устанавливаются непосредственно на бортах ванн или на специальные металлоконструкции, стоящие отдельно от ванн. Токовые опоры и все опоры электрохимических ванн должны изолироваться от их корпусов. Опоры крепятся к своим основаниям посредством резьбовых соединений, что создает дополнительные трудности при изготовлении и эксплуатации гальванических ванн. Более прогрессивным является решение опоры с зажимом типа «струбцина»
Для штанг прямоугольного сечения: – самозажимная – токовая; – бестоковая, – анодная – универсальная самоустанавливающаяся токовая	То же Предназначена для катодных и переносных анодных штанг	Самозачищающаяся токовая опора обеспечивает передачу на штангу тока до 2000 А. Крепится к изолированной бестоковой опоре
Для подачи питания к электродвигателю барабана	Применяется в барабанных АГЛ для барабанов с индивидуальным приводом	Масса индивидуального привода барабана составляет 25—50 % от массы барабана. Альтернативными решениями являются АГЛ с централизованным приводом вращения барабанов
Регулятор водоподвода (см.рис.41)		
Устройство водоподвода	Применяется для регулярной подачи воды в промывочные ванны и восполнения потерь в технологических ваннах	Донный подвод имеет на выступающем над уровнем воды вертикальном отрезке трубы воронку для приема водопроводной воды. Горизонтальный отрезок трубы имеет перфорацию для равномерного распределения воды вдоль ванны. Альтернативным решением является душирующее устройство над уровнем воды в ванне, которое
		включается в момент подъема деталей из ванны.
Регуляторы уровня раствора в ваннах		
Поплавковое устройство: рычажного типа с вертикальным дви-	Предназначены для поддержания уровня раствора гальванических ванн в заданных	Поплавок через рычаг влияет на электроконтактное устройство, управляющее подачей воды или раствора.

жением поплавка	пределах	В качестве устройств контроля уровня используют герконы, установленные возле стеклянной или винипластовой трубы с поплавком.
Электрический регулятор-сигнализатор уровня		Электрический регулятор-сигнализатор уровня ЭРСУ-3 выполняется с погружным электродом из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т
Датчики загрузки ванн		
Датчики загрузки ванн	Предназначены для сигнализации о наличии электродных штанг на гальванических ваннах	В качестве электрического сигнализатора воздействия электродных штанг применяют бесконтактные путевые переключатели типа БВК 201-24, БВК 231-24 или КВД-25

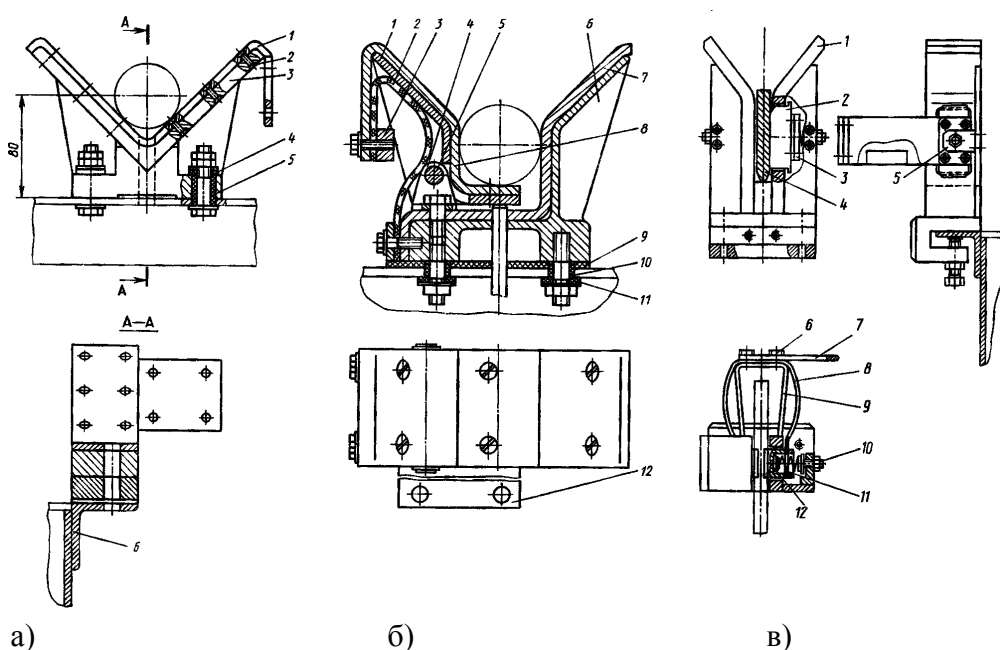


Рис.40. Токовые опоры:

а – для кассет со штангами круглого сечения: 1 – накладка; 2 – заклепка; 3 – корпус; 4,5 – изоляторы; 6 – обвязка ванны.

б – самозажимная: 1 – подвижная губка; 2 – плетеная гибкая шина; 3 – прижим; 4 – кронштейн; 5 – ось; 6 – корпус; 7 – фигурная накладка; 8 – накладка подвижной губы; 9-11 – изоляторы; 12 – выступ накладки.

в – для кассет со штангами прямоугольного сечения: 1 – корпус; 2 – контактная пластина; 3 – прижимная пластина; 4 – штанга; 5 – стойка; 6 – прижимная планка; 7 – шина; 8 – гибкий токоподвод; 9 – кронштейн; 10 – регулировочный винт; 11 – пружина; 12 – изолирующая шайба.

Электродные штанги гальванических ванн служат для подвода и равномерного распределения тока к деталям и анодам. В зависимости от числа катодных рядов (один или два) в ванне манипулятор переносит одновременно одну или две таких кассеты. Две отдельные кассеты иногда соединены в одну конструкцию, называемую двухрядной кассетой.

На рис.42 показана однорядная кассета со штангой 2, выполненной из круглого медного или латунного прутка. Для переноса кассеты манипулятором на штанге 2 через изолирующую

щие втулки 7 устанавливаются и закрепляются сварные кронштейны 9, имеющие на верхних концах захваты 1, выполненные из стального листа, согнутого под углом 60° .

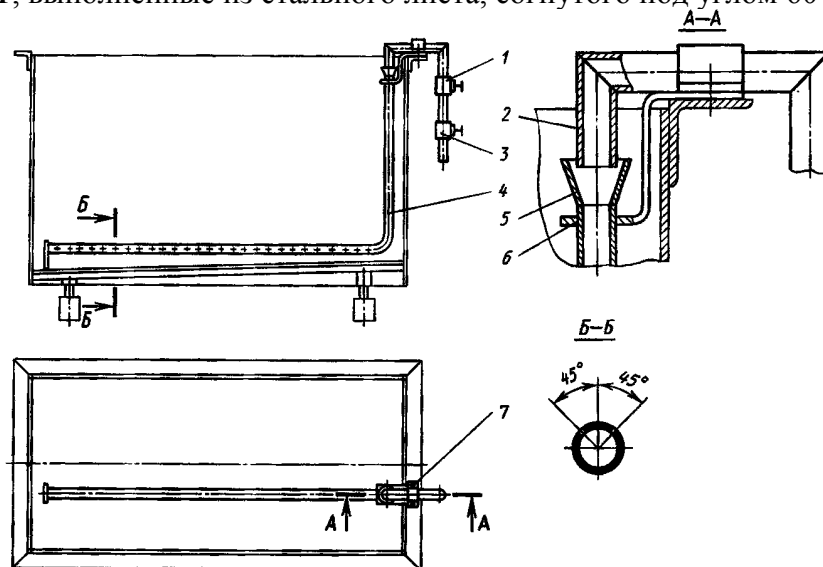


Рис.41. Водоподвод: 1 – дозирующий кран; 2 – патрубок; 3 – кран; 4 – труба; 5 – воронка; 6 – кронштейн; 7 – скоба.

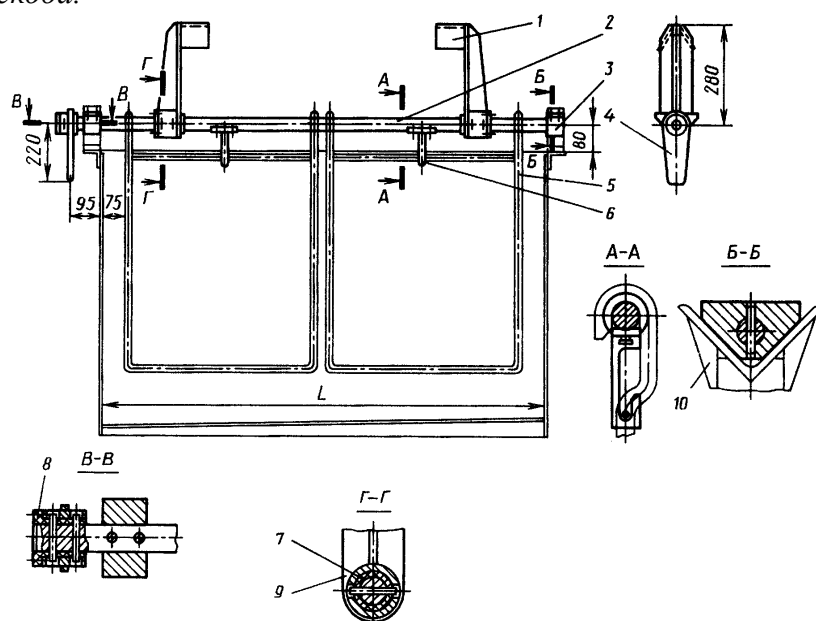


Рис.42. Однорядная кассета со штангой круглого сечения.

Для установки кассеты на бортах ванн и ориентирования кронштейнов 9 и подвесок 5 в вертикальном положении на концах штанги 2 закрепляются латунные или медные башмаки 3, скошенные под углом 90° (сечение Б—Б), которые ложатся на опоры 10. На одном из концов штанги 2 через изолирующую втулку 8 (сечение В—В) установлен фиксатор 4, входящий при опускании кассеты в специальный ловитель. Система из призматических опор 10 и ловителя ориентирует кассету на бортах ванн в строго определенном положении. На кассету навешиваются подвески 5, концы которых изогнуты по профилю сечения штанги 2 (сечение А—А). Для устранения раскочки подвесок при транспортировке на штанге установлены кронштейны 6 с пазом, в который входит верхняя стяжка подвески. В сечении Б—Б показана опора 10 вспомогательной ванны, не имеющей подвода тока от выпрямителя.

На рис.43 показана кассета, состоящая из двух токоведущих штанг 2, соединенных поперечинами 6 с захватами 1. На концах штанг 2 установлены медные или латунные втулки 3,

которыми кассета ложится на четыре призматические опоры, установленные на бортах ванн. Концы обеих штанг с одной стороны кассеты соединены стяжкой 4 с фиксатором 7. Стяжка 4 и поперечины 6 на штангах изолированы стеклотекстолитовыми втулками. На штангах установлены кронштейны 5 для предотвращения раскачки подвесок с деталями.

На рис.44 показана однорядная кассета со штангой 3 прямоугольного сечения.

Для переноса кассеты манипулятором на штанге 3 закреплены два сварных кронштейна 4 с захватами 5. Каждый кронштейн состоит из двух боковых стоек 7 с приваренной к ним пластиной 6. Для придания жесткости к штанге на болтах крепится неравнобокий уголок 2, концы которого отогнуты под углом 60° и служат для фиксирования кассеты на опорах 1 ванны. Кронштейны 4 крепятся к штанге 3 через изолирующие втулки 10 и пластины 11, выполненные из стеклотекстолита.

Для механического крепления подвесок с деталями на штанге, а также передачи электрического тока к ним служат устройства типа «ласточкин хвост». Эти устройства обеспечивают быстрый монтаж и демонтаж подвесок с деталями и надежный электрический контакт. Они состоят из скошенных латунных планок 8, закрепленных под углом на штанге 3 с помощью заклепок. В паз, образованный парой таких планок, сверху вставляется латунная пластина 9 со скосами, выполненными под теми же углами, что и у планок 8. Соединенная с пластиной 9 подвеска с деталями под действием своего веса опускается и плотно прижимает пластину 9, имеющую форму «ласточкина хвоста», к планкам 8.

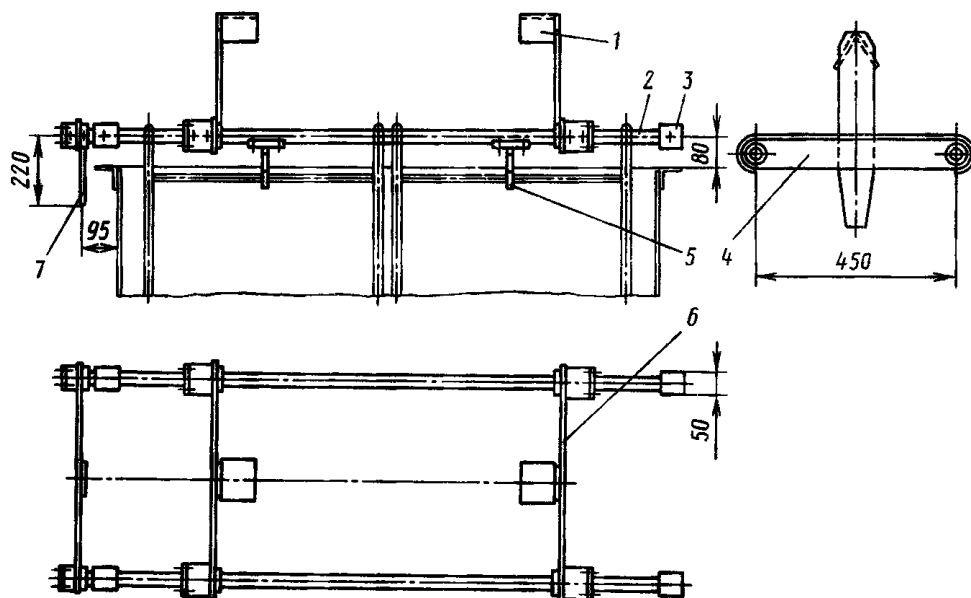


Рис.43. Двухрядная кассета со штангами круглого сечения.

Один из концов штанги 3 выполнен длиннее и выступает за опору. Выступающий конец штанги при опускании кассеты на опоры заходит в паз бесконтактного конечного выключателя и подает сигнал о том, что ванна занята.

Применение таких кассет приводит к уменьшению длины линии и соответственно сокращению производственной площади и пути горизонтального перемещения манипуляторов. При этом обеспечивается достаточно большое расстояние между электродами и подвесками в электрохимических ваннах и минимальное расстояние между подвесками на остальных позициях линии.

На рис.45 показана кассета с изменяющимся межштанговым расстоянием, состоящая из рамы 1 с двумя подвижными штангами 2, связанными между собой сдвоенным параллелограммным механизмом 3—5, и с шинами 6. Каждая шина смонтирована на роликах 7, которые перемещаются по пазам 8 щек 9. На конце каждой подвижной штанги имеется ролик 10,

при воздействии на который боковых усилий штанги, а с ними и шины сдвигаются или раздвигаются.

В гибких автоматических линиях наиболее целесообразно применять однорядные кассеты и изменять межштанговое расстояние с помощью манипулятора, который может задавать любое желаемое расстояние.

Анодные штанги предназначены для механического крепления анодов и подвода к ним постоянного тока.

Наиболее распространенными в настоящее время в электролитических ваннах автоматических гальванических линий являются круглые анодные штанги, свободно лежащие на токовых опорах, изолированных от корпусов, ванн. На анодных штангах одним из широко известных способов (крюк, зажим и др.) подвешиваются аноды. Неудобство такой системы заключается в том, что во время эксплуатации аноды необходимо периодически вручную вынимать из ванн для очистки от шлама или замены, т. е. выполнять тяжелую физическую работу. Для устранения этого недостатка анодные штанги выполняются аналогично однорядным кассетам и представляют их упрощенный вариант.

Анодная штанга круглого сечения выполняется по аналогии с кассетой, показанной на рис.42.

Проектирование **подвесочных устройств** имеет большое значение для повышения надежности организации производства и достижения высокого качества выпускаемой продукции. Конструкция подвески во многом определяет производительность гальванической линии, экономию материалов и электроэнергии.

Подвесочные устройства в зависимости от токоподводящей электрической схемы подразделяют на два типа: «елочного» и «рамного».

«Елочный» тип применяют в основном для крупногабаритных деталей, например бамперов автомобилей, которые чаще в паре располагаются по обе стороны токоподводящего и несущего стержня (рис. 45).

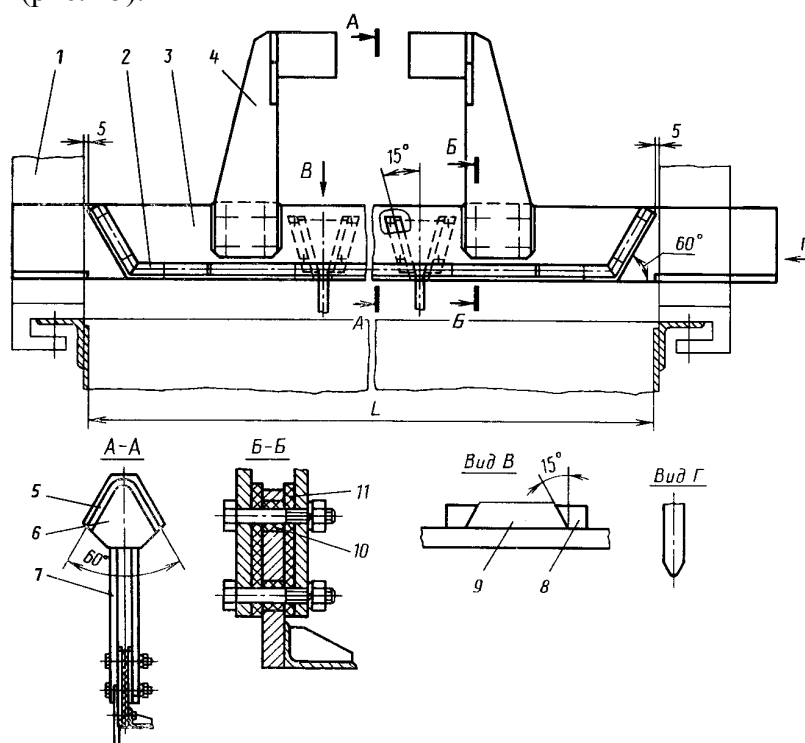


Рис.44. Кассета со штангой прямоугольного сечения.

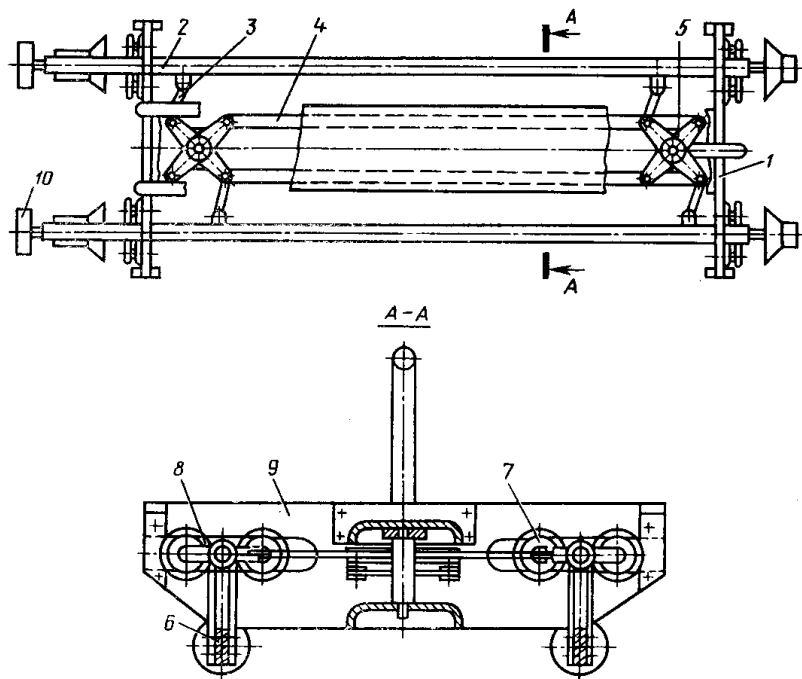


Рис.45. Кассета с изменяющимся межтанговым расстоянием.

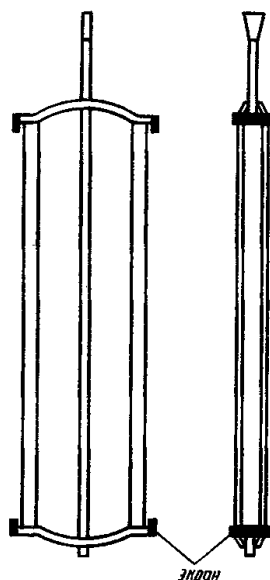


Рис.45. Подвеска «елочного» типа.

Основное применение нашли подвески «рамного» типа (рис. 46). И те, и другие могут иметь по одному или по два токоподводящих контакта в зависимости от величины протекающего через них тока и необходимой жесткости подвески.

Подвески для процессов нанесения покрытий изготавливают из горячекатаной углеродистой стали, коррозионно-стойкой стали, титана или латуни в основном круглого сечения диаметром 5—20 мм. Желательно, чтобы токоподводы к деталям обладали пружинящими свойствами, для чего используют сталь 65Г, 20Х17, титан. Применение коррозионно-стойких сталей и титана, особенно в местах контакта с деталями, снижает степень их обрастания металлом и покрытия и облегчает их очистку от дендритов химическим или электрохимическим способом.

Подвески для анодного оксидирования следует изготавливать из чистых титановых сплавов, которые для этой цели являются идеальным материалом по следующим причинам:

- тонкая оксидная пленка, образующаяся на поверхности титана, обладает электрон-

ной проводимостью;

– титан имеет высокую коррозионную стойкость в растворах серной и хромовой кислот, благодаря чему подвески могут служить длительное время и исключается загрязнение электролита;

– отпадает необходимость в травлении подвесок после каждой операции анодирования, как это требуется в случае изготовления их из алюминиевых сплавов.

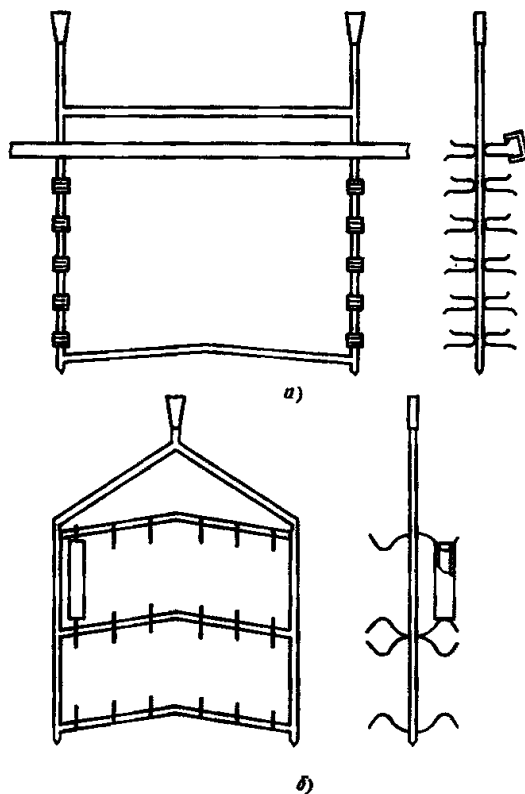


Рис.46. Подвеска «рамного» типа с пружинящими стальными или титановыми токоподводами: а – пластинчатые; б – проволочные.

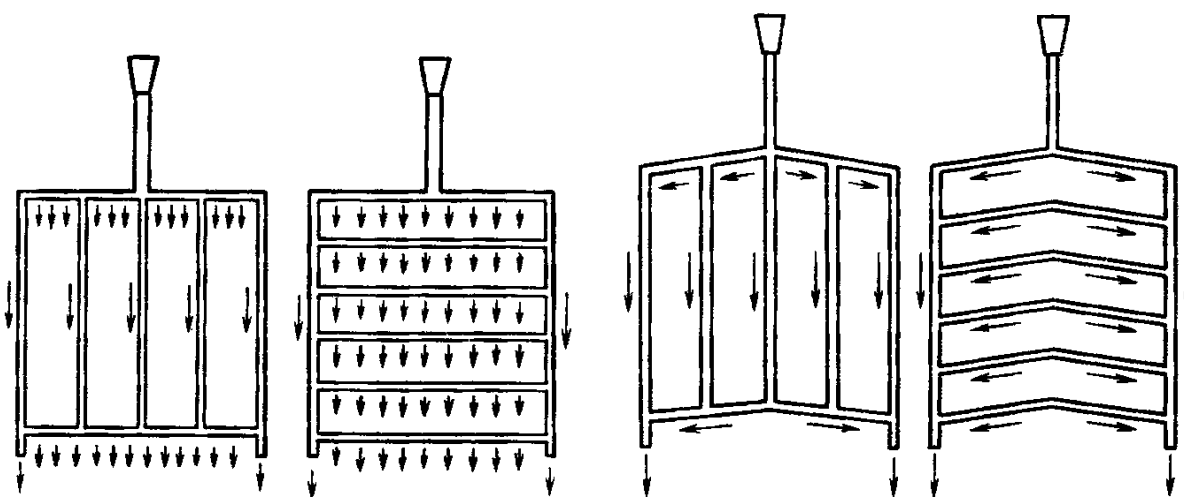


Рис.47. Схема стекания жидкости с подвесок «рамного» типа с обычными и наклонными стержнями.

В целях экономии титана его часто используют лишь для изготовления токоподводов, а все другие элементы рамы изготавливают из алюминия, причем состав его также должен быть более высокой чистоты, чем состав материала детали, так как при этом возможно перераспределение тока, который повышается на элементах подвески.

Вследствие образования на титане и алюминии при анодировании слоя оксида подвеска не нуждается в изоляции.

Нанесение токонепроводящих защитных покрытий на конструктивные элементы технологических спутников производится как с целью защиты их от коррозии и предотвращения загрязнения электролитов и растворов, так и для предотвращения участия металлических поверхностей в качестве электродов, т. е. осаждения на них покрытий в катодных процессах и окисления металлоконструкций в анодных.

В практике гальванических производств нашли применение разные способы нанесения изоляционных покрытий:

- липкой лентой из поливинилхлорида или полиэтилена;
- порошковыми материалами — полиэтиленом, фторопластами, полиамидами и эпоксидными красками;
- пластизольными материалами типа Д2А.

Предпочтительней применять полимерные материалы жидкого и порошкового типа. Широкое использование для изоляции подвесок нашел пластифицированный поливинилхлорид (пластизоль). Отечественный материал диплазоль 2А-ОС (Д-2А-ОС). Эпоксидные покрытия малостойки при повышенной температуре в щелочных растворах.

Размеры подвесок определяются их весом и требованиями к расположению в электролизере. Верхний край деталей на подвеске должен быть ниже уровня электролита на 50—100 мм, а от дна ванны (или от нагревателей и барботеров при их наличии) подвеска должна отстоять не менее чем на 150—200 мм. Расстояние от подвески до токонепроводящей стенки должно быть 100—150 мм и несколько больше до неизолированной стенки или змеевиков и барботеров при неизолированной стенке. Между соседними подвесками при обработке однотипных деталей расстояние выбирается таким, чтобы крайние детали находились на том же расстоянии, что и соседние детали на подвеске. Ширина подвесок между крайними точками при двустороннем навешивании деталей должна быть не более 250 мм (оптимально 150—200 мм).

При конструировании подвески «рамного» типа возможно два варианта расположения стержней внутри рамы — вертикальное и горизонтальное (рис. 47), что определяется в значительной степени условиями монтажа деталей. С точки зрения скорости стекания жидкости более выгодно использовать вертикальное расположение. При необходимости применения горизонтального расположения стержней их лучше изготавливать наклонными в сторону краев подвески, что ускорит стекание жидкости с подвески.

6. КОЛОКОЛЬНЫЕ И БАРАБАНЫЕ ВАННЫ

Для нанесения покрытий на мелкие детали в массовом производстве обычно применяют вращающиеся колокола (рис.48) и барабаны.

Колокола изготавливаются из изолирующих материалов: эбонита, винипласта или гуммированной стали (в форме усеченного конуса) и устанавливаются на двух чугунных стойках. К одной из них прикреплен кронштейн, поддерживающий электродвигатель с червячным редуктором, который связан с колоколом посредством зубчатых колес. Ток подводится к деталям (катоде) металлическими щетками, трущимися о медное кольцо, укрепленное в дне колокола. Отсюда ток передается к покрываемым деталям посредством медных болтов, проходящих через дно колокола и соединяющихся с внутренними контактными пластинами. Часто практикуется также подача тока к деталям сверху с помощью гибкого провода с грузом, контактирующим с деталями. Анод представляет собой горизонтально или наклонно расположенную пластинку, опускаемую в колокол на вертикальном стержне. Ванны для никелирования и меднения оборудуются змеевиками для нагрева электролита паром.

Основными *достоинствами* колокольных ванн являются:

- возможность наблюдения за процессом нанесения покрытия

- возможность обработки весьма мелких деталей
- простота загрузки и выгрузки покрываемых деталей.

К недостаткам колокольных ванн относятся:

- потери электролита, связанные с переливанием;
- значительная продолжительность процесса покрытия вследствие сравнительно низкой силы тока (она лимитируется поверхностью анода);
- частичное истирание покрытия;
- невозможность получения покрытий достаточной толщины.

Для покрытия мелких деталей в гальванических цехах применяют также **погружаемые колокола**. Колокол, погружаемый в стационарную ванну с электролитом, расположен наклонно, его частота вращения 5÷10 об/мин (рис.49). Достоинство такого конструктивного оформления ванны в том, что отпадает надобность в переливании электролита при загрузке и выгрузке деталей, а, кроме того, создается лучшее соответствие количества электролита поверхности покрываемых изделий, которое необходимо для получения доброкачественных покрытий при работе с током высокой плотности. Катодная подводка осуществляется через вал, а аноды в виде пластин или брусков подвешивают в ванну на штангах со стороны колокола. Выгрузка деталей выполняется поднятием колокола из ванны; электролит при этом выливается в ванну, а детали высыпаются в сетку, установленную на ванне. Поднимается колокол при помощи блока.

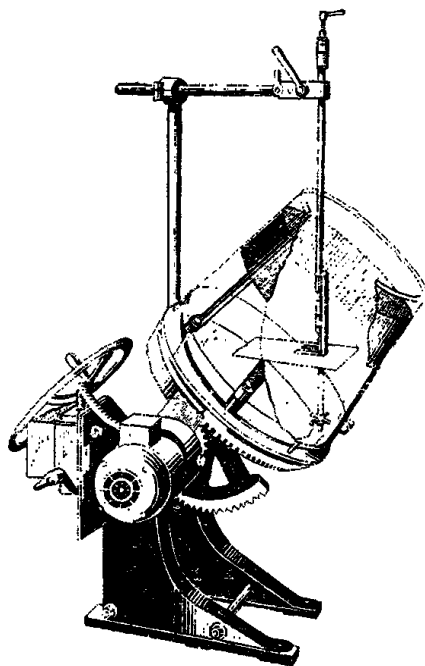


Рис.48. Колокол.

Барабанные ванны изготавливают из винипласта, текстолита, органического стекла, целлулоида и других непроводящих материалов.

Барабан погружают в ванну с электролитом и поднимают из нее с помощью специального подъемника. Во время работы барабан вращается вокруг горизонтальной оси от электродвигателя через редуктор, установленный на кронштейне с наружной стороны ванны. Анодные пластины подвешивают на штанги, расположенные в ванне снаружи барабана. Благодаря этому плотность тока на аноде в барабанных ваннах может быть такой же, как и в стационарных, что позволяет подавать на барабан ток, сила которого значительно превышает силу тока, подаваемого на колокол. Для уменьшения межэлектродного пространства рекомендуется изогнуть аноды полукольцом вокруг барабана. Подвод тока к покрываемым деталям осуществляется через специальные контактные кнопки, расположенные с внутренней стороны барабана. Загрузка и разгрузка барабана производятся обычно через одну из откры-

вающихся граней. Барабаны больших размеров опускают и поднимают с помощью электрического или пневматического тельфера.

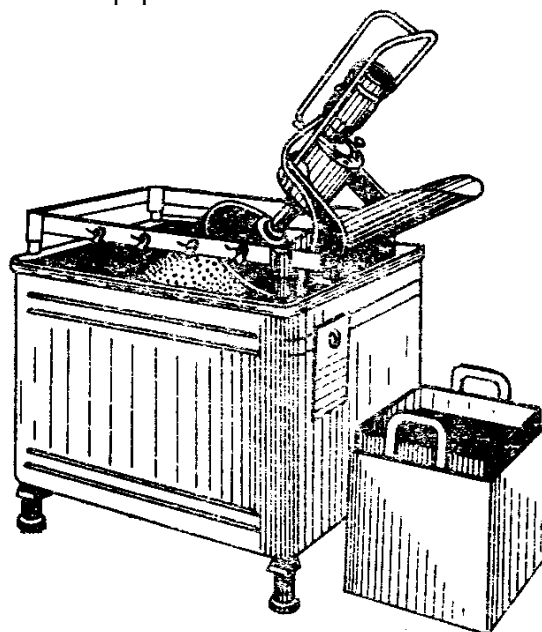


Рис.49. Установка с одним погружаемым колоколом.

На рис.50 показана конструкция ручного переносного барабана. Их изготавливают из органического стекла и снабжают небольшим приводным механизмом. Ручные барабаны могут быть использованы для покрытия мелких деталей в любой стационарной ванне, как с кислотой, так и со щелочным электролитом. Эти барабаны обычно имеют диаметр 100—280 мм, длину 160—500 мм, массу — до 50 кг.

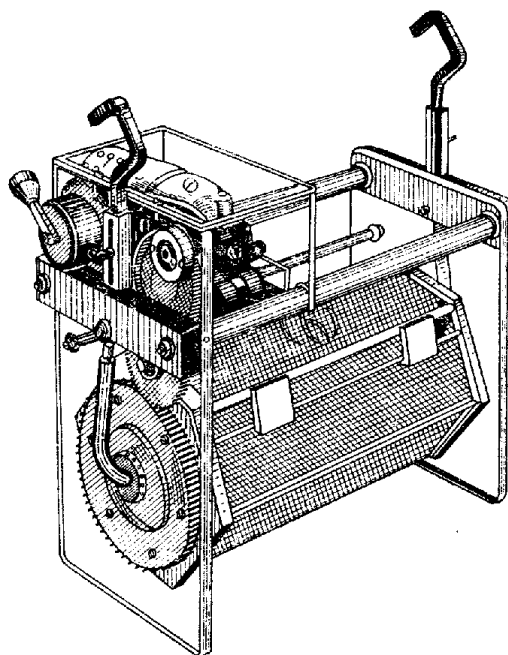


Рис.50. Ручной переносной барабан.

Преимущества барабанных ванн по сравнению с колокольными:

- большая скорость нанесения покрытий;
- постоянство состава электролита и меньшие потери его;
- возможность одновременно обрабатывать различные изделия, не смешивая их.

К *недостаткам* барабанов следует отнести их сравнительную недолговечность.

Барабанный электролизер (рис.51) состоит из сварной рамы 5 с цапфами 2 для укладки в ловители ванн и захватов 6, взаимодействующих с грузозахватами автооператора. К раме крепятся: несущие щеки 11 (неметаллические или металлические с антикоррозионной изоляцией) с фторопластовыми подшипниками 12, в которых устанавливается вращающаяся шестигранная перфорированная обечайка 13 с крышкой 14; привод электролизера 4; катодный токоподвод 1 для передачи технологического тока обрабатываемым изделиям; автомат 7 для защиты электродвигателя; контактное устройство 8 для передачи переменного трехфазного тока напряжением 36 В электродвигателю барабанного электролизера; защитный кожух 3. Постоянный ток подводится к катодным токоподводам через пластины 10 и втулки 9 на цапфах электролизера, контактирующих с обкладками опор-ловителей ванн, соединенных с источником постоянного тока.

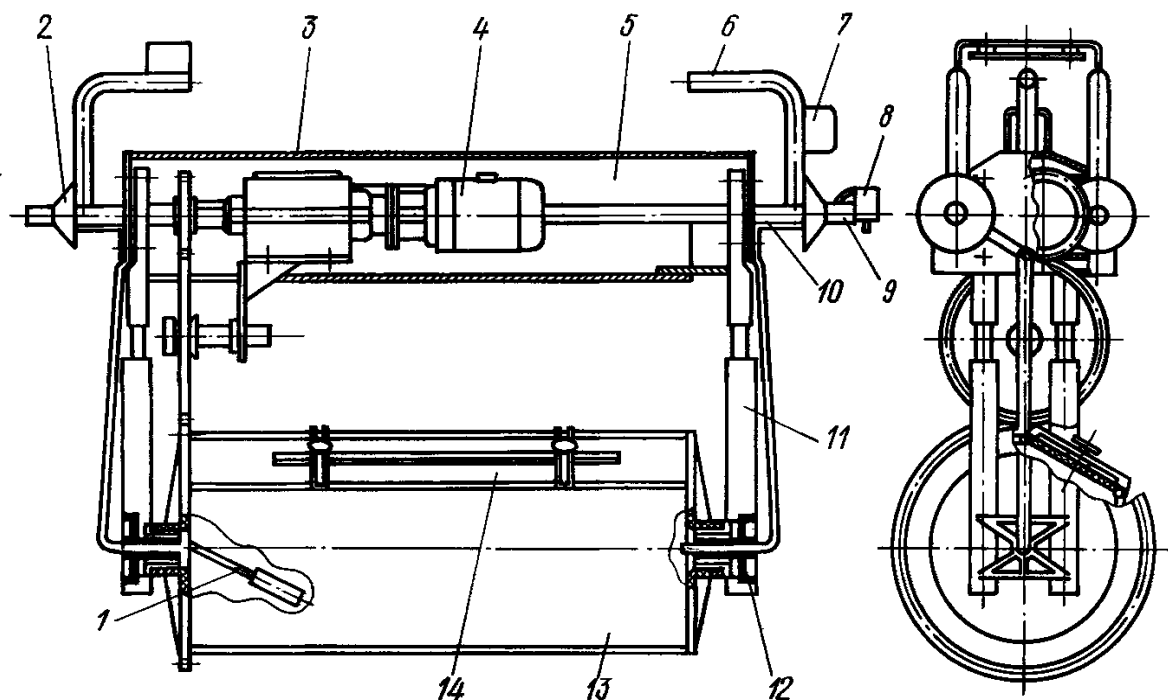


Рис.51. Барабанный электролизер для нанесения электрохимических покрытий (обозначения см. в тексте).

7. СУШИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Для сушки деталей в автоматических гальванических линиях применяют открытые сверху сушильные камеры, удобные для загрузки и выгрузки. Сушка в них осуществляется обдувом деталей горячим воздухом. Сушильные камеры выполняются двух видов: для сушки деталей на подвесках и насыпью.

На рис.52 показана сушильная камера для сушки деталей на подвесках, которая устанавливается в линиях с ваннами длиной не более 1250 мм. Она состоит из корпуса 17 с теплоизоляцией 6, который установлен на регулируемых опорах 7. Сбоку на раме 8 установлен вентиляторный агрегат 11, состоящий из вентилятора и электродвигателя. Осевой фланец вентилятора соединен с воздухопроводом 4, а тот, в свою очередь, с воздухопроводами 1 и 5. Для предотвращения передачи вибрации от вентиляторного агрегата к воздуховодам между ними установлены брезентовые вставки 18 и 19. При включении вентиляторного агрегата 11 через воздухопровод 4, а также воздухопроводы 1 и 5 осуществляется отсос воздуха из верхней части сушильной камеры и нагнетание его по воздухопроводам 9 и 12 в нижнюю часть камеры. Между этими воздухопроводами помещен электрокалорифер 10, проходя через который, воздух нагревается. Для регулирования подачи горячего воздуха в нижнюю часть камеры служат шиберы, управляемые рукоятками 16. Горячий воздух, поднимаясь вверх и осуществляя сушку дета-

лей, засасывается воздуховодами 1 и 5 снова в вентиляторный агрегат и неоднократно повторяет свой путь, двигаясь в рециркуляционном режиме. Часть отсасываемого из камеры горячего влажного воздуха поступает через патрубок 3 в общую вытяжную вентиляционную систему гальванического автомата. Количество его регулируется шибером, управляемым рукояткой 14.

В воздуховоде 12 установлен термометр 15, который поддерживает заданную температуру сушки, подавая сигнал на включение или отключение ТЭН в электрокалорифере 10. Горячий воздух поступает в нижнюю часть камеры через сетчатое дно 13, которое позволяет быстро убрать упавшие с подвесок детали.

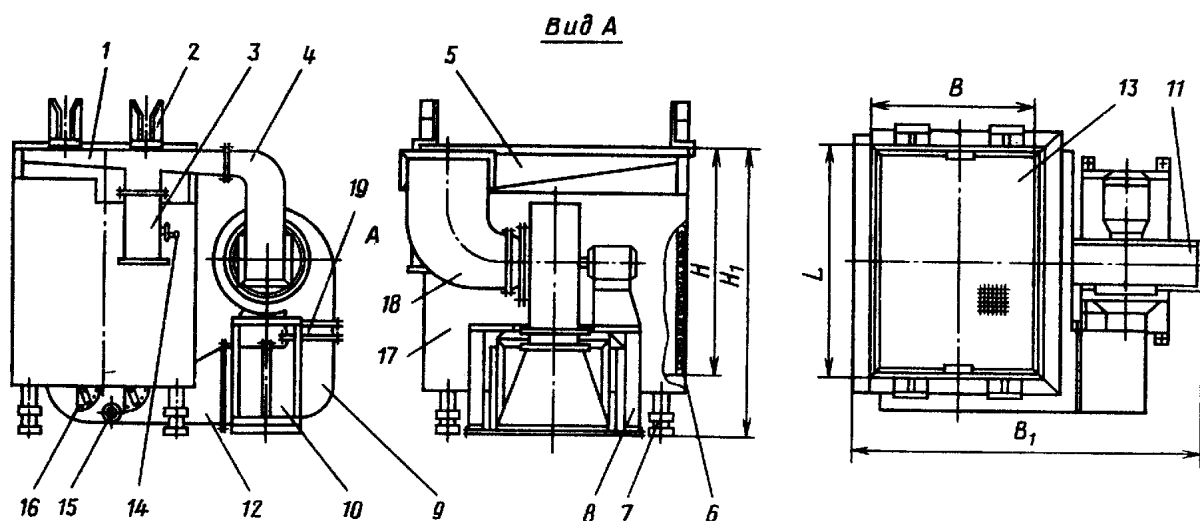


Рис.52. Камера для сушки деталей на подвесках: 1,4,5 – отсасывающие воздуховоды; 2 – опора; 3 – патрубок; 6 – теплоизоляция; 7 – регулируемая опора; 8 – рама вентиляторного агрегата; 9,12 – нагнетающие воздуховоды; 10 – электрокалорифер; 11 – вентиляторный агрегат; 13 – сетчатое дно; 14,16 – рукоятка шибера; 15 – термометр; 17 – корпус; 18,19 – брезентовые вставки

В сушильных камерах гальванических автоматов с ваннами длиной более 1250 мм, для создания в камере более равномерного теплового режима рекомендуется устанавливать по два вентиляторных агрегата и калорифера. Наряду с электрокалориферами в сушильных камерах могут устанавливаться паровые калориферы.

Сушильные камеры для сушки деталей насыпью применяют в гальванических автоматах при покрытиях деталей в барабанах или корзинах. Сушка деталей осуществляется на сетчатом дне камеры.

На рис.53 показана камера для сушки деталей насыпью. Камера для сушки деталей насыпью состоит из корпуса 5, установленного на опорах 6, вентиляторного агрегата 13, системы воздуховодов 1, 3, 7 и 20, калорифера 9, сетчатого дна 14, установленного на поворотной раме 15, пневмоцилиндра 16 и мотор-редуктора 10. При включенном вентиляторном агрегате 13 воздух отсасывается П-образным воздуховодом 1 из верхней части сушильной камеры и подается по воздуховоду 7, электрокалориферу 9, где он нагревается, и воздуховоду 20 к нижней части сетчатого дна 14, на которое высыпаяются детали, подлежащие сушке. Горячий воздух пронизывает массу деталей и, поднимаясь вверх, вновь поступает в воздуховод 1. Часть влажного воздуха отводится в вытяжную систему через патрубок 2. Для изменения положения деталей на сетчатом дне 14 с целью ускорения сушки поворотная рама 15 с сетчатым дном встряхивается (поднимается путем поворота вокруг оси 19 на небольшую высоту и резко опускается) специальным кулачком, который приводится во вращение мотор-редуктором 10 и клиноремненной передачей, закрытой защитным кожухом 5.

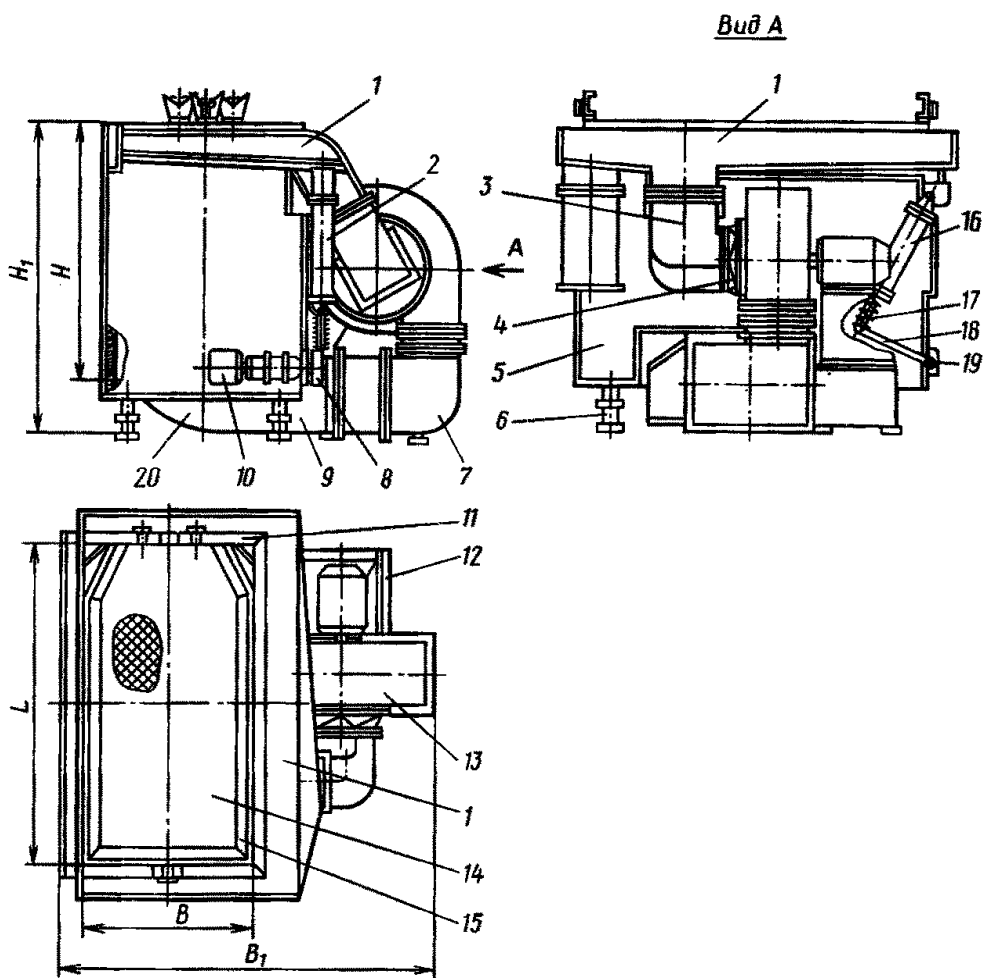


Рис.53. Камера для сушки деталей насыпью: 1,3 — вытяжные воздуховоды; 2 — патрубок; 4 — брезентовая вставка; 5 — корпус камеры; 6 — регулируемая опора; 7, 20 — нагнетающие воздуховоды; 8 — кожух клиноременной передачи; 9 — электрокалорифер; 10 — мотор-редуктор; 11 — опоры с подводом питания к электродвигателю барабана; 12 — рама вентиляторного агрегата; 13 — вентиляторный агрегат; 14 — сетчатое дно; 15 — подвижная рама; 16 — пневмоцилиндр; 17 — пружина; 18 — рычаг; 19 — ось.

После окончания сушки мотор-редуктор **10** отключается, сжатый воздух подается в пневмоцилиндр одностороннего действия **16** и рычаг **18**, жестко закрепленный на оси **19**, поворачивает эту ось вместе с рамой **15** по часовой стрелке на 35—40°. Высушенные детали ссыпаются с сетчатого дна в тару. Через определенный период времени подача сжатого воздуха в пневмоцилиндр **16** прекращается, его поршень и шток под действием пружины **17** возвращаются в исходное положение и рама **15** устанавливается в горизонтальном положении.

8. АВТООПЕРАТОРЫ

Автооператоры предназначены для транспортирования изделий по технологическим позициям автоматических и механизированных линий для химической и электрохимической обработки поверхности основного металла и получения металлических и неметаллических покрытий. Помимо основного назначения — подъема, опускания и переноса груза — автооператоры могут производить:

- многократное окунание обрабатываемых изделий;
- передачу силового тока к приводам барабанных электролизеров (барабанов) для их вращения в момент подъема и выстоя над технологическими позициями;

– изменение межкатодного расстояния при переносе двух катодных рам одновременно;

– извлечение и транспортировку анодов для чистки;

– встряхивание груза для удаления с его поверхности остатков раствора.

Согласно ГОСТ 23739—85, автооператоры классифицируют по расположению путей для их перемещения на три типа (рис.54).

– сверху (подвесной);

– снизу (портальный);

– сбоку (консольный).

Этим же ГОСТом скорость горизонтального перемещения односкоростных автооператоров ограничена 0,5 м/с, а скорость подъема — опускания груза — 0,15 м/с. Для автооператоров, имеющих несколько скоростей горизонтального перемещения и подъема — опускания груза, ограничения накладываются на скорости в конце горизонтального перемещения и в конце вертикального движения груза. Максимальные скорости многоскоростных автооператоров не ограничиваются.

Автооператоры с путями передвижения сверху (подвесные)

Подвесные автооператоры (манипуляторы) подразделяются на тельферные и тележечные в зависимости от своей конструкции и конструкции путей горизонтального перемещения.

Автоматические линии с подвесными автооператорами занимают относительно небольшую производственную площадь, обеспечивают свободный доступ к ваннам и трубопроводной арматуре.

Недостатки: большая высота, расположение механизмов непосредственно над зеркалом ванн, необходимость предотвращения попадания машинного масла в ванны, необходимость установки специальных площадок для обслуживания автооператоров.

Различают тельферные автооператоры с перемещением по монорельсовому пути и двухрельсовому.

Первый тип нашел широкое применение при обслуживании линий с ваннами длиной до 1600 мм. Для линий с ваннами длиной более 1600 мм чаще используют автооператоры второго типа, обладающие повышенной устойчивостью при переносе длинномерных подвесок, по длине которых масса груза очень часто распределена неравномерно.

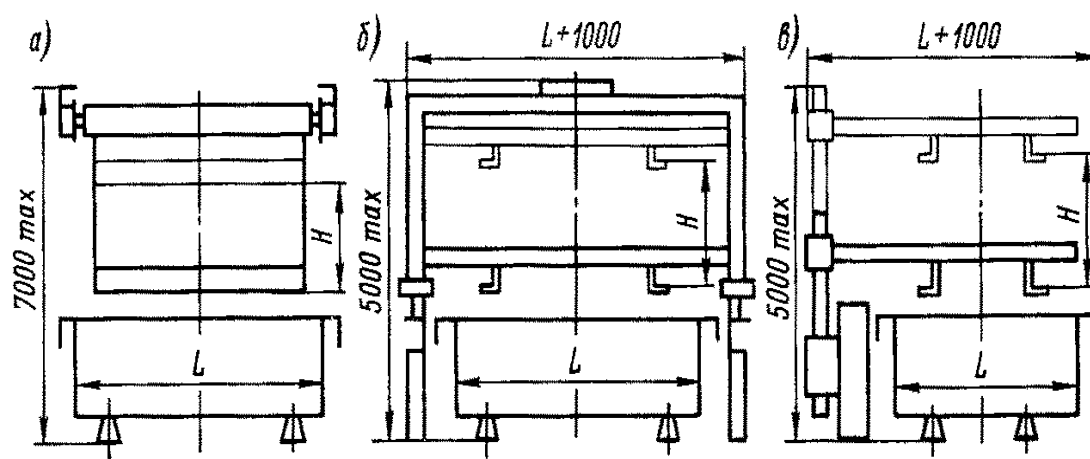


Рис.54. Автооператоры с путями передвижения:

а – сверху (подвесной);

б – снизу (портальный);

в – сбоку (консольный).

На рис.55 изображен подвесной автооператор с перемещением по монорельсовому

пути модели Г.002.

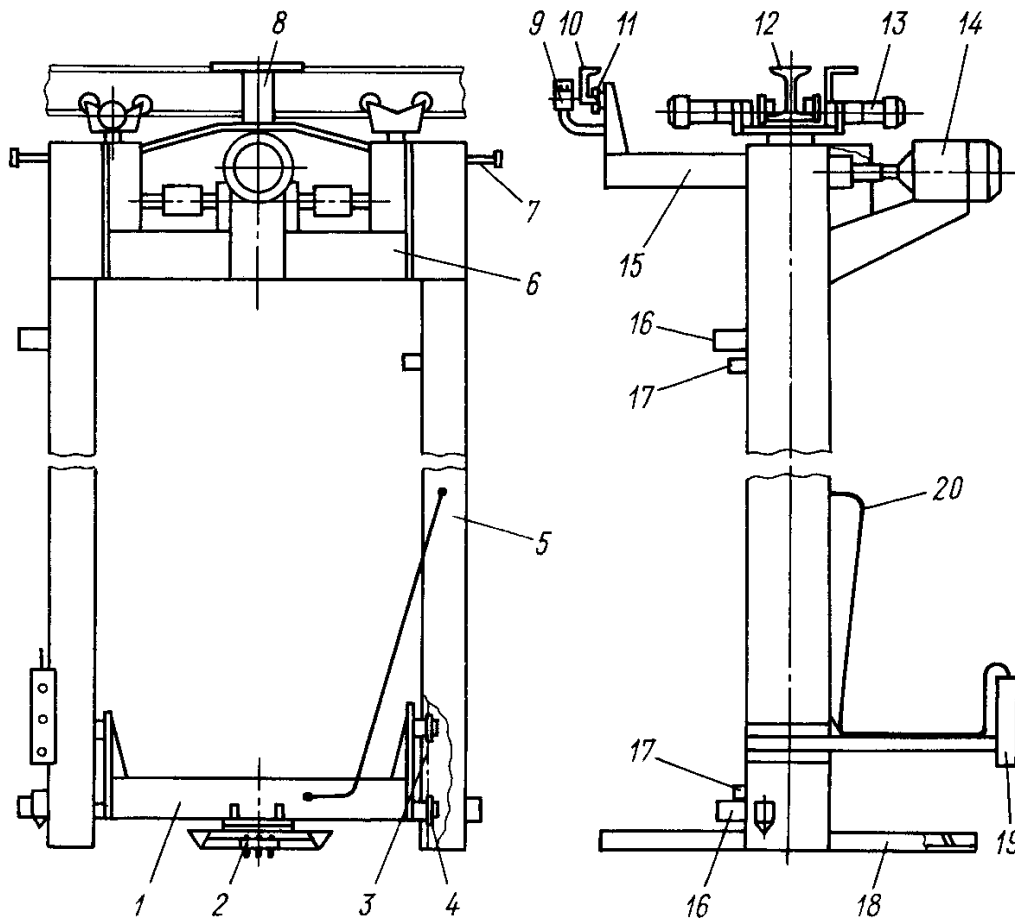


Рис.55. Подвесной автооператор с перемещением по монорельсовому пути модели Г.002.

1 – каретка; 2 – передаточный механизм; 3 – цепь; 4 – звездочки; 5 – вертикальные направляющие для удержания и направления каретки; 6 – корпус автооператора; 7 – буферные устройства для гашения динамических нагрузок при аварийном столкновении; 8 – кронштейн; 9 – кабелепротягивающее устройство для перемещения кабеля; 10 – полка швеллера; 11 – ролики; 12 – дутавр; 13 – механизм горизонтального перемещения; 14 – грузоподъемный механизм; 15 – рычаг для устранения поперечных колебаний автооператора; 16 – позиционные конечные выключатели для ограничения вертикального хода каретки; 17 – аварийные выключатели вертикального хода; 18 – грузозахват; 19 – панель ручного управления; 20 – кабельный шлейф.

На корпусе 6 автооператора смонтированы два механизма горизонтального перемещения 13, грузоподъемный механизм 14, каретка 1, связанная цепью 3 и звездочками 4 с грузоподъемным механизмом, вертикальные направляющие 5 для удержания и направления каретки, грузозахват 18 призматического типа, буферные устройства 7 для гашения динамических нагрузок при аварийном столкновении автооператоров, позиционные конечные выключатели 16 для ограничения вертикального хода каретки, аварийные выключатели вертикального хода 17, кронштейн 8 для воздействия на путевые позиционные датчики обратной связи между автооператором и системой программного управления командоаппарата.

Для устранения поперечных колебаний автооператора служит рычаг 15 с двумя роликами 11, охватывающими с двух сторон полку швеллера 10, смонтированного параллельно дутавру 12, по которому перемещается автооператор. На кронштейне 8 укреплено кабелепротягивающее устройство 9 для перемещения кабеля, связывающего автооператор с командоаппаратом. На автооператоре имеется панель ручного управления 19, с помощью которой обеспечиваются все необходимые перемещения автооператора путем нажатия соответ-

ствующих кнопок. Панель необходима для наладочных работ и в случае аварийной остановки автооператора. Кабельный шлейф **20** предназначен для подвода тока низкого напряжения к контактному блоку **2** для вращения барабанов при их подъеме и выстое над позицией. Этот блок размещен на грузозахвате **18** и контактирует с таким же блоком барабана при его захвате автооператором. Грузозахват крепится к каретке автооператора. Два механизма горизонтального перемещения в автооператоре, расположенные по обеим сторонам монорельсового пути, дают возможность использовать автооператор как при однорядной прямолинейной, так и при однорядной криволинейной, двухрядной овальной и круглой компоновках линий.

Конструкция автооператора второго типа (рис.56.) представляет собой раму **1** с четырьмя колесами **2**, перемещающимися по двум рельсовым путям **4**, что обеспечивает его хорошую устойчивость при движении. В отличие от вышеописанной модели этот автооператор имеет один механизм горизонтального перемещения **3**, выполненный в виде электродвигателя и редуктора, выходные валы которого с помощью муфт соединены с валами ведущих колес. В остальном конструкции автооператоров первого и второго типов аналогичны.

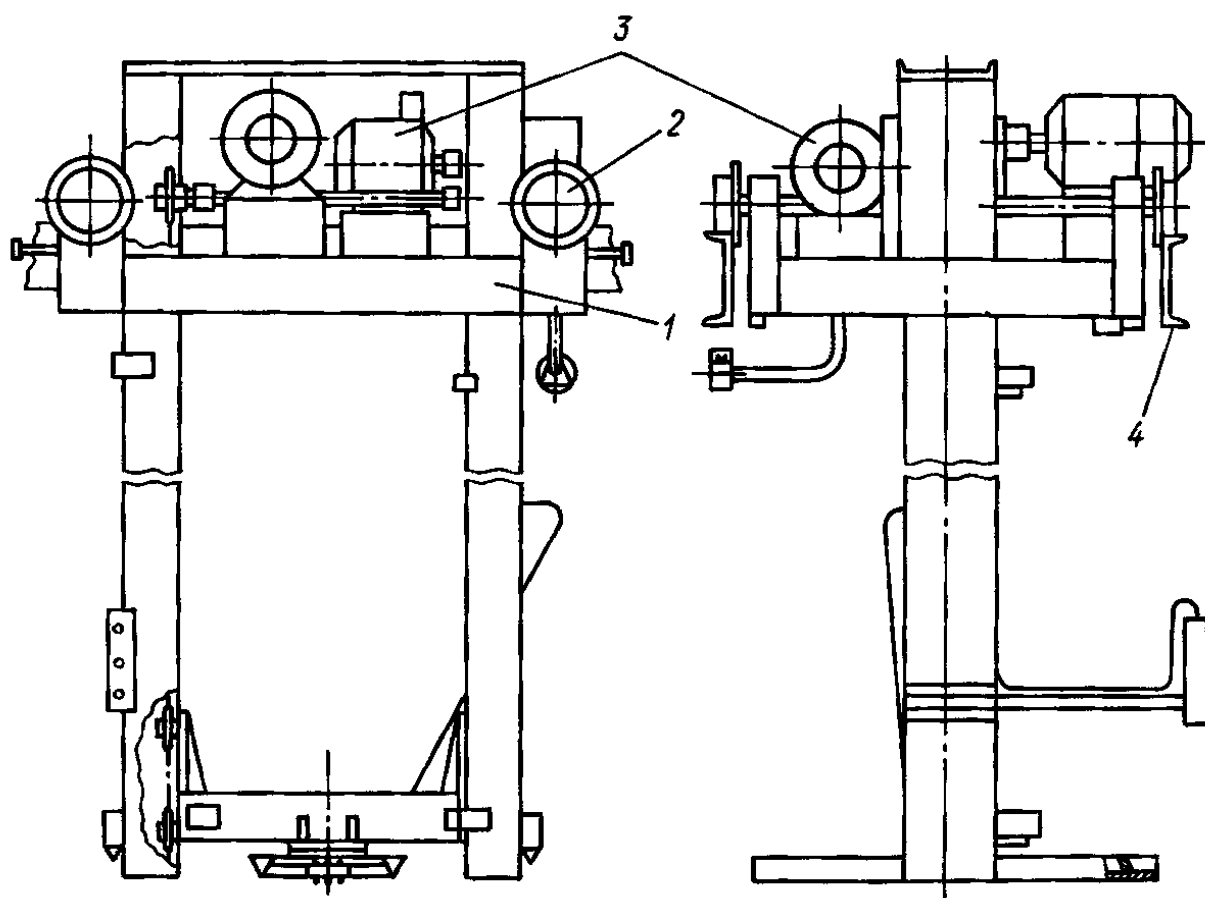


Рис.56. Подвесной автооператор с перемещением по двухрельсовому пути.

1 – рама; 2 – четыре колеса; 3 – механизм горизонтального перемещения; 4 – рельсовые пути.

Автооператоры с путями передвижения снизу (портальные)

Портальные автооператоры мало распространены. Основные достоинства: жесткость конструкции, большая грузоподъемность, малая высота гальванических линий, удобство ремонта и обслуживания механизмов, расположенных на небольшой высоте. Пути перемещения автооператоров находятся на уровне бортов ванн и располагаются на специальной металлоконструкции, которая обвязывает линию с обеих сторон. Портальные автооператоры

применяются только при прямолинейной компоновке линии.

Применение этих автооператоров затрудняет подход к ваннам и автооператор постоянно подвергается вредным воздействиям испарений гальванических ванн.

Различают два типа таких автооператоров – одно и двухзахватные (рис.57). Состав и назначение узлов рассматриваемых и подвесных автооператоров аналогичны.

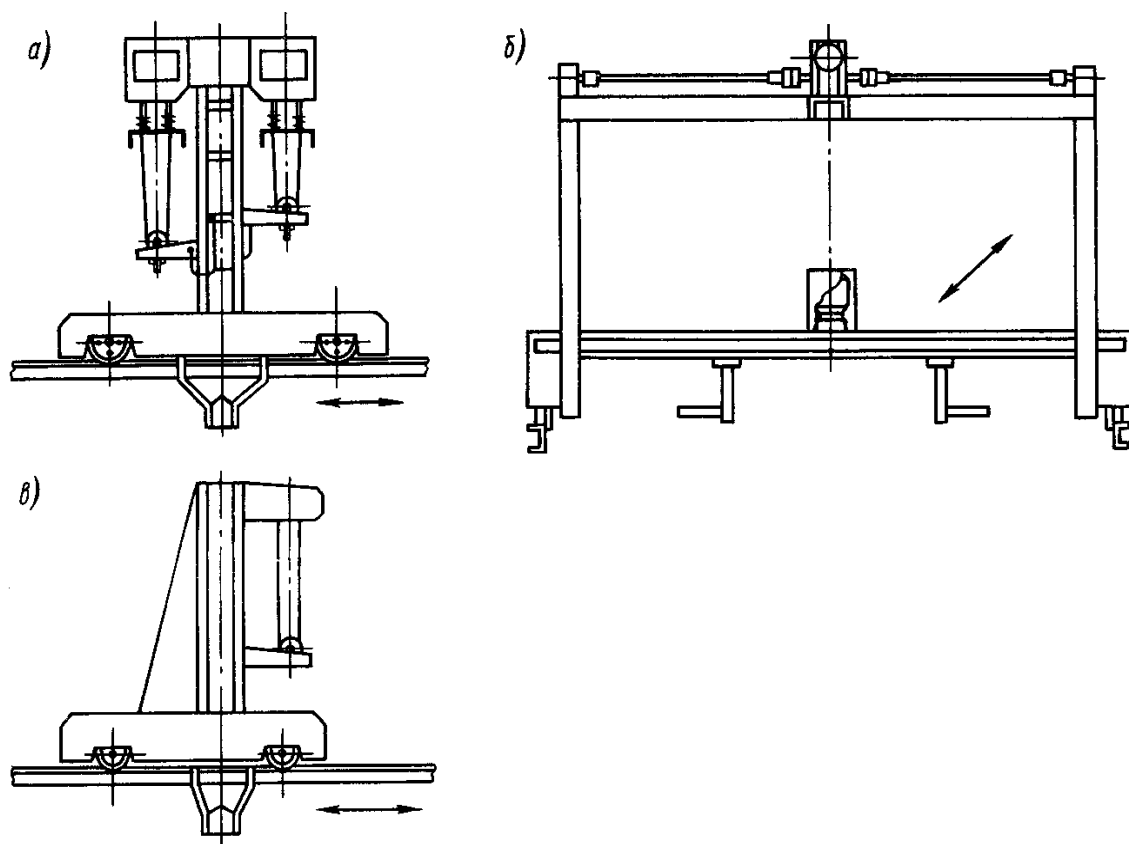


Рис.57. Автооператоры порталные: а – двухзахватный вид (вид сбоку); б – однозахватный с консолью (вид сбоку); в – однозахватный с грузозахватом по оси подъема (главный вид).

Автооператоры с путями передвижения сбоку (консольные)

Направляющие для горизонтального перемещения консольных автооператоров располагаются с одной стороны ванн гальванической линии, что увеличивает занимаемую линией производственную площадь, затрудняет обслуживание ванн и трубопроводной арматуры.

Достоинства этих автооператоров: удобство ремонта и обслуживания, доступность элементов электроавтоматики, небольшая по высоте металлоконструкция направляющих горизонтального движения.

На рис.58 изображен малогабаритный консольный автооператор. В его состав входят сварной корпус **10**, механизм горизонтального перемещения **5**, вертикальные направляющие **15**, консольная каретка **8** с грузозахватом **9**, связанная цепной передачей **14** с грузоподъемным механизмом **7**, опорно-приводные колеса **13**, стабилизирующие ролики **2**, буферные устройства **12**, кабелепротягивающее устройство **4**, панель ручного управления **16**, кулачок **3** для воздействия на позиционные датчики **6**, функциональные и аварийные датчики.

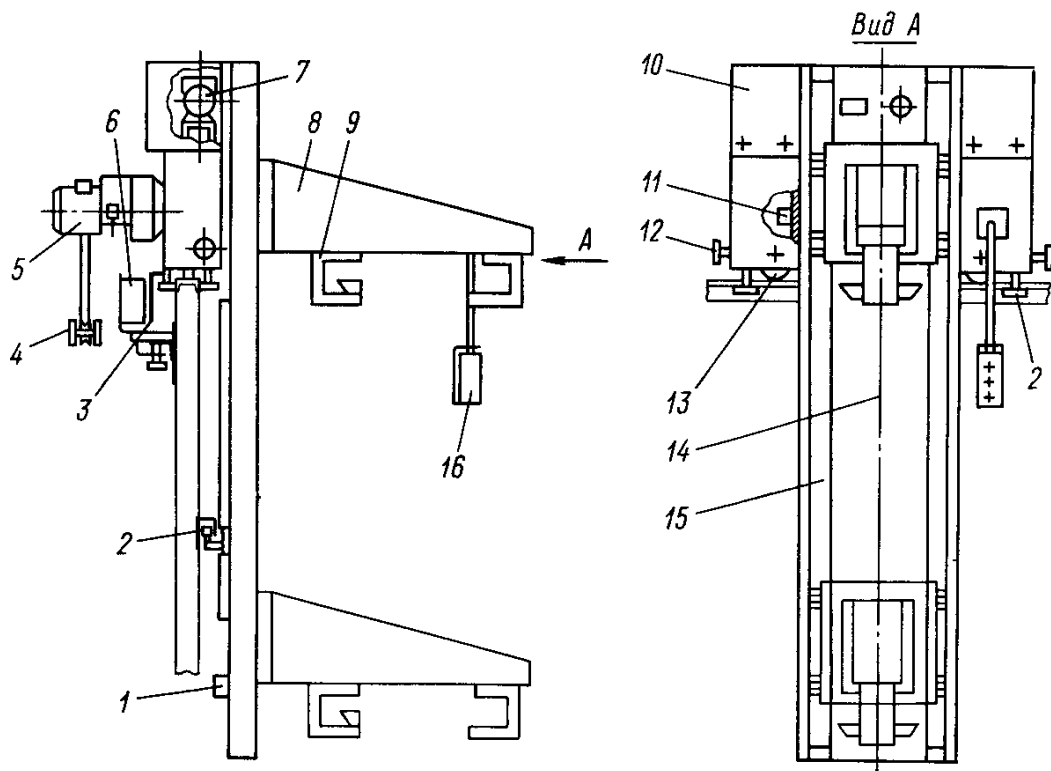


Рис.58. Автооператор консольный малогабаритный. 1 – аварийный датчик; 2 – стабилизирующие ролики; 3 – кулачок для воздействия на позиционные датчики; 4 – кабелепротягивающее устройство; 5 – механизм горизонтального перемещения; 6 – позиционные датчики; 7 – грузоподъемный механизм; 8 – консольная каретка; 9 – грузозахват; 10 – сварной корпус; 11 – аварийный датчик; 12 – буферное устройство; 13 – опорно-приводные колеса; 14 – цепная передача; 15 – вертикальные направляющие.

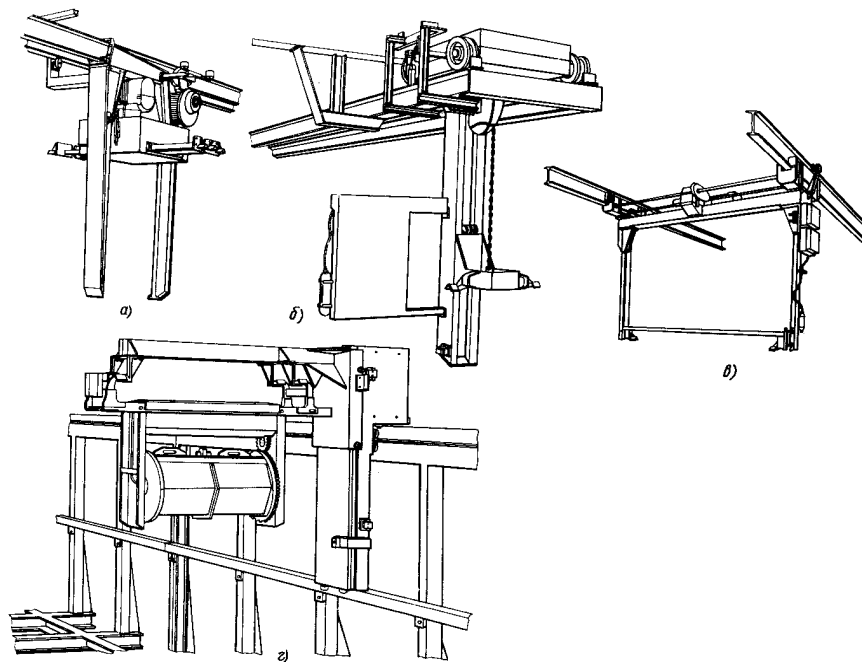


Рис.59. Автооператоры фирмы Blasberg: а – тельферный с раздвижными грузозахватами; б – подвесной тележечный с консольным грузозахватом; в – мостовой; г – консольный.

9. ВЕНТИЛЯЦИЯ И БОРТОВЫЕ ОТСОСЫ

Для гальванических цехов проектируется приточно-вытяжная вентиляция и общеобменная вытяжная вентиляция из верхней зоны помещения в объеме однократного воздухообмена в 1 ч. В гальванических цехах кроме общей вытяжки из верхней зоны помещения и общего притока свежего воздуха большое значение для исключения опасных концентраций вредных веществ имеет местная вытяжная вентиляция.

Применяют четыре типа отсасывающих устройств: вытяжной шкаф, вытяжной колпак (зонт), вытяжные панели и бортовые отсосы.

Удаление вредностей непосредственно от источников их возникновения — открытых поверхностей гальванических ванн — осуществляется бортовыми отсосами, устанавливаемыми между ваннами автоматической гальванической линии вдоль их длинных сторон. Они обеспечивают хорошие санитарно-гигиенические условия труда.

В зависимости от типа ванн применяют местные отсосы с целью всасывания в горизонтальной плоскости («опрокинутые») с передувкой (рис.60, в, г) или без передувки (рис.60, а, б) в вентилируемые укрытия ванн, а также с целью всасывания в вертикальной плоскости (рис.61).

Выбор типа отсосов определяется условиями проектируемого гальванического цеха, участка.

Принцип работы бортового вентиляционного отсоса заключается в том, что воздух, всасываемый с большой скоростью через его узкую заборную щель, образует над зеркалом ванны сильную горизонтальную струю — «факел». Эта струя препятствует проникновению через нее выбрасываемых из раствора капель и заставляет часть их вернуться в ванну, а другая часть капель и газов увлекается этой струей в бортовой отсос.

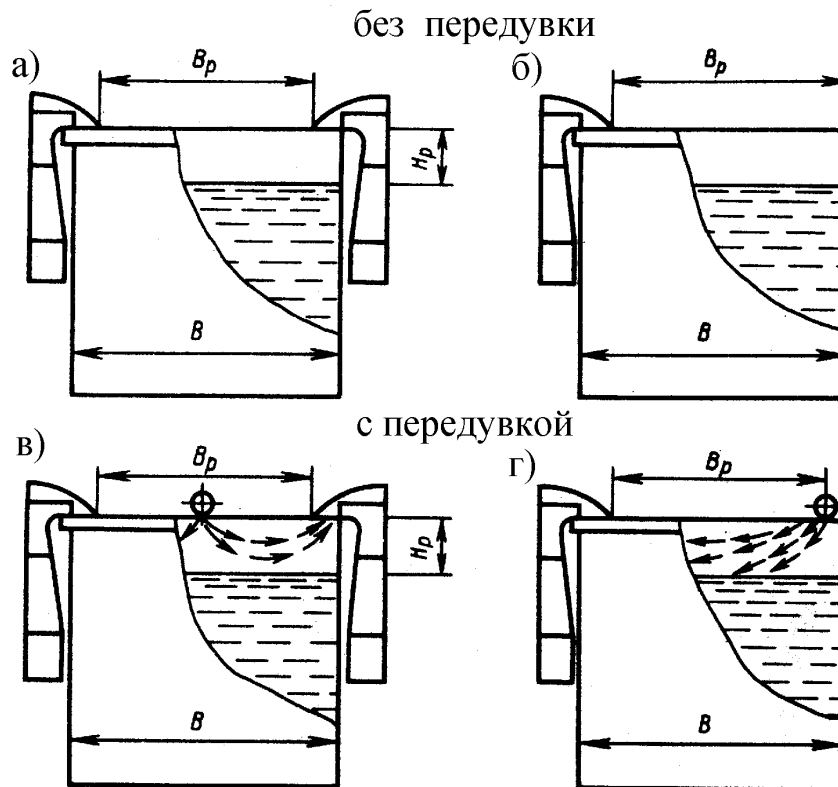


Рис.60. Схемы бортовых отсосов с горизонтальной щелью всасывания:
а и в — двусторонних; б и г — односторонних

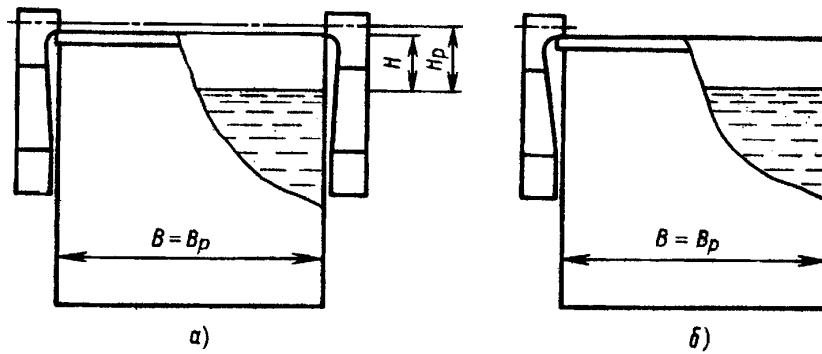


Рис.61. Схемы бортовых отсосов с вертикальной щелью всасывания:
а — двустороннего; б — одностороннего

Бортовые отсосы с вертикальной щелью всасывания

Бортовые отсосы с вертикальной щелью всасывания подразделяются на односторонние и двусторонние.

Односторонний бортовой отсос показан на рис.62. Он имеет одну всасывающую щель и устанавливается на ванну с шириной $B \leq 600$ мм. Объясняется это тем, что «факел» бортового отсоса быстро ослабевает с удалением от плоскости всасывающей щели и при большой ширине ванны становится малоэффективным.

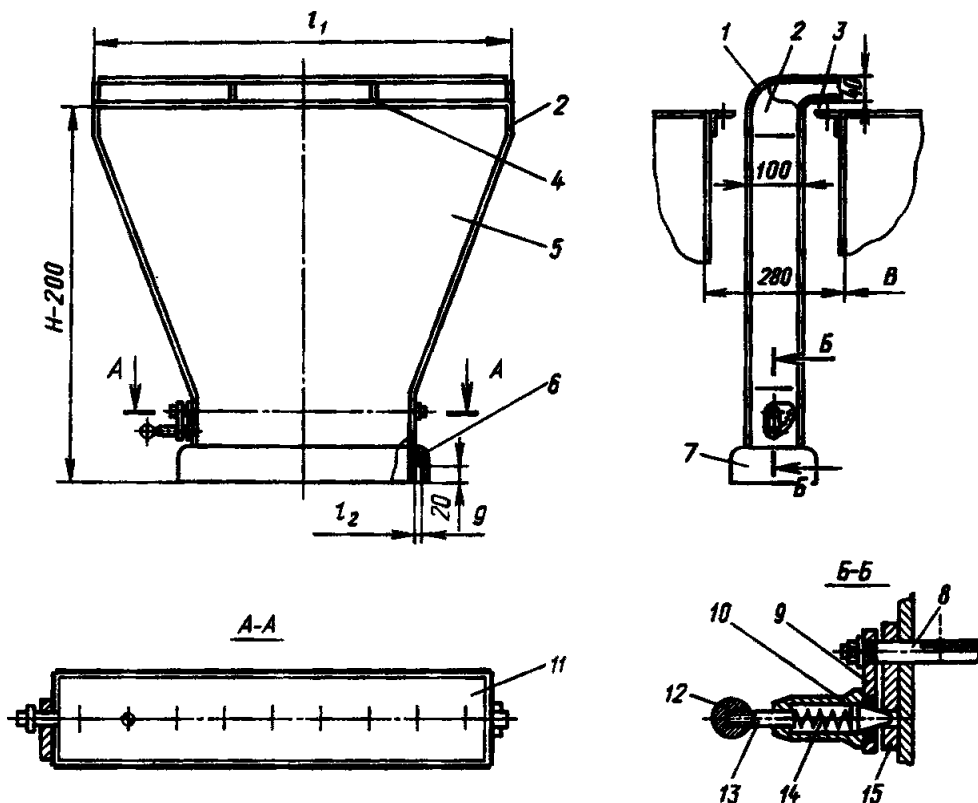


Рис.62. Односторонний бортовой отсос с вертикальной щелью всасывания: H и B — соответственно высота и ширина ванны; l_1 — длина щели бортового отсоса; l_2 — длина соединительного патрубка; 1 — задняя стенка; 2 — боковая стенка; 3 — резиновая прокладка; 4 — распорка; 5 — передняя стенка; 6 — прокладка; 7 — гнутые планки; 8 — ось; 9 — планка; 10 — втулка; 11 — шибер; 12 — ручка; 13 — фиксатор; 14 — пружина; 15 — планка.

Для уменьшения вибраций от вентиляционной системы бортовой отсос крепится болтами к борту ванны через резиновую прокладку 3. Корпус отсоса — сварной и состоит из зад-

ней 1 и передней 5 стенок, боковых стенок 2 и распорок 4, придающих всасывающей щели геометрически правильную форму. В нижней части к стенкам приварен комплект гнутых планок 7. В образованную между этими планками и стенками 1, 2 и 5 щель устанавливается прокладка 6 из мягкой кислотоустойчивой резины или поролона для уплотнения быстроразъемного соединения бортовых отсосов с отводами сборного воздуховода вытяжной вентиляции, прокладываемого под ваннами гальванической линии. Для регулирования количества отсасываемого воздуха бортовой отсос оборудован шибером 11, который установлен на оси 8, поворачивающейся в корпусе отсоса с помощью планки 9. Один конец этой планки жестко закреплен на оси 8, а на другом ее конце ввинчена втулка 10, внутри которой передвигается фиксатор 13, который удерживает под действием пружины 14 ось 5 и шибер 11 в определенном положении.

При ширине ванны $B > 600$ мм с другой стороны этой ванны устанавливается такой же отсос, если рядом с ней находится ванна, не выделяющая вредных испарений. Если же рядом стоящая ванна также требует местной вентиляции, между ними устанавливается двусторонний бортовой отсос.

Двусторонний бортовой отсос представлен на рис.63.

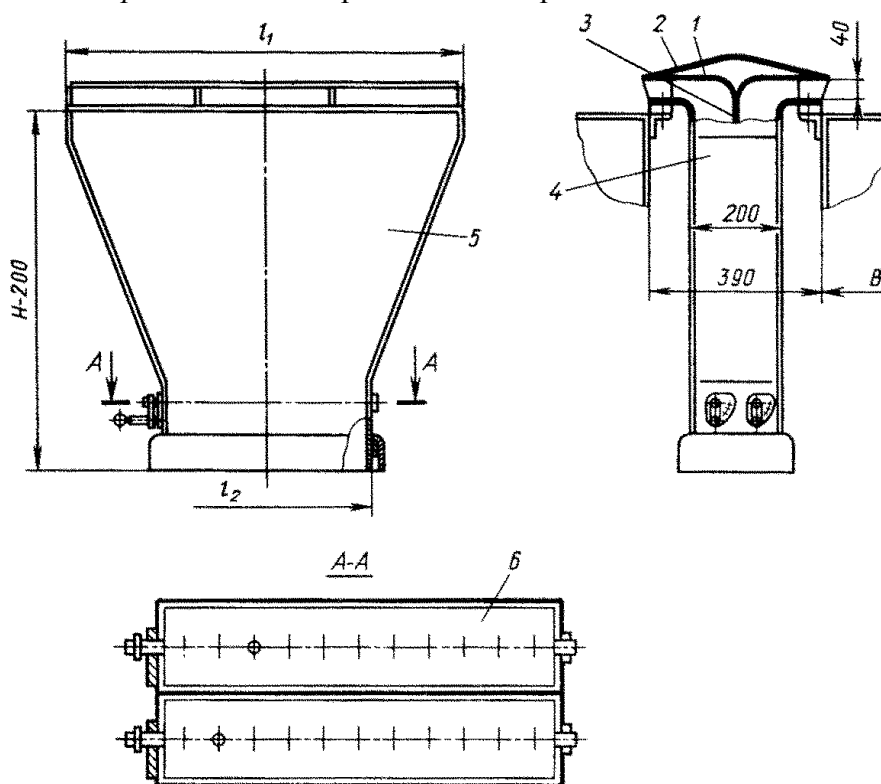


Рис.63. Двусторонний бортовой отсос с вертикальной щелью всасывания (обозначения размеров на рис.3): 1 – козырек; 2 – двухскатная крышка; 3 – перегородка; 4 – боковая стенка; 5 – стенка; 6 – шибер.

Он имеет две противоположно направленные всасывающие щели и представляет собой два совмещенных в одном корпусе односторонних бортовых отсоса, разделенных перегородкой 3. В каждом из всасывающих вертикальных каналов установлены шиберы 6, которые управляются независимо друг от друга. Сверху бортовой отсос накрыт двухскатной крышкой 2 для стекания растворов в ванны. Установка двустороннего отсоса вместо двух односторонних экономит место, упрощает конструкцию, уменьшает расход материалов для их изготовления.

На каждой из вентилируемых сторон ванны может устанавливаться более одного одностороннего или двустороннего бортового отсоса. При длине ванны более 1200 мм на вентилируемом борту необходимо устанавливать два или более бортовых отсоса.

Материалами, для изготовления бортовых отсосов служат:

- для ванн с неагрессивными растворами (щелочными, цианистыми и т. п.) — конструкционная углеродистая сталь толщиной 1—2 мм;
- для ванн с агрессивными растворами кислот и щелочей — винипласт толщиной 3—5 мм или полипропилен.

Бортовые отсосы с горизонтальной щелью всасывания

Бортовые отсосы с горизонтальной щелью всасывания предназначены для локализации и удаления вредных испарений от гальванических ванн при более низких энергетических затратах на вентиляцию за счет образования над зеркалом ванны более благоприятной зоны спектра всасывания. Подобно бортовым отсосам с вертикальной щелью всасывания они подразделяются на односторонние и двусторонние бортовые отсосы.

Показанный на рис.64 *односторонний бортовой отсос* состоит из съемной крышки 1, козырька 2, дроссельной заслонки 5, управляемой осью 3, и сварного корпуса. Козырек 2 крепится на борту ванны с помощью болтов и гаек, имеющих обтекаемую форму.

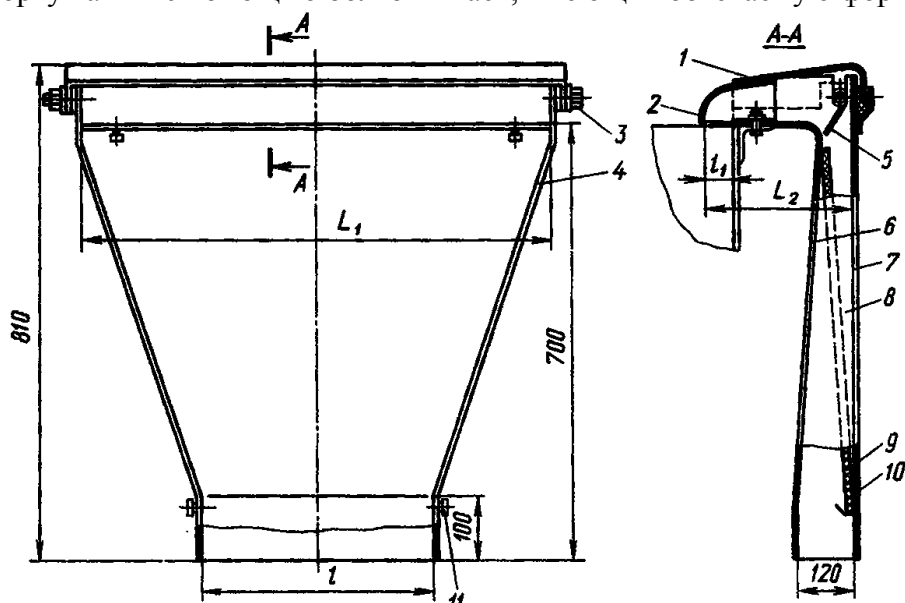


Рис.64. Односторонний бортовой отсос с горизонтальной щелью всасывания и фильтрующим элементом: 1— съемная крышка; 2 — козырек; 3 — ось; 4—8 — стенки; 9 — фильтрующий элемент; 10 — сливной лоток; 11 — штуцер

На рис.65 представлен *двусторонний бортовой отсос*, устройство которого аналогично устройству одностороннего отсоса. Съемная крышка 1 крепится плоскими пружинами в специальных скобах 2, закрепленных на козырьках 3. По центру отсоса проходит разделительная стенка 8, которая может не доходить донизу, а заканчиваться за зоной действия дроссельных заслонок 5.

Фильтрующие бортовые отсосы

Бортовые отсосы с фильтрующим элементом предназначены не только для удаления вредностей от гальванических ванн, но и для одновременной очистки удаляемого воздуха.

При наличии в удаляемом воздухе значительных концентраций твердых или смолообразных нерастворимых частиц и плохо растворимых солей применять фильтрующие элементы в бортовых отсосах не рекомендуется.

Фильтрующий элемент 9 плотно устанавливается внутри корпуса бортового отсоса так, как это показано на рис.64. Нижним концом он опирается на сливной лоток 10, по которому

уловленный продукт отводится и спускается через штуцер *11*.

Материалом для изготовления корпусов таких отсосов служат титановые сплавы или коррозионно-стойкая сталь.

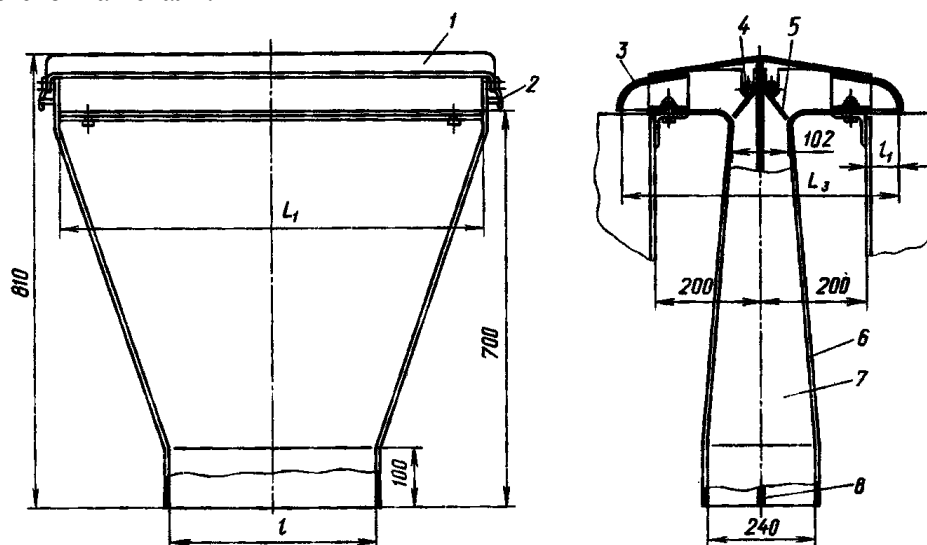


Рис.65. Двусторонний бортовой отсос с горизонтальной щелью всасывания: 1 — съемная крышка; 2 — скоба; 3 — козырек; 4 — ось; 5 — дроссельная заслонка; 6,7 — стенки; 8 — разделительная стенка

В качестве фильтрующего материала для улавливания хромового ангидрида и солей никеля применяют иглопробивной войлок из полипропилена, для улавливания серной кислоты — сетку из винипласта (в семь слоев). При улавливании хромового ангидрида и солей никеля промывка фильтрующих элементов осуществляется на практике один раз в 15÷30 сут, при улавливании паров серной кислоты — через 7÷10 сут.

Для уменьшения выделения вредных веществ с поверхности электролита применяют укрытие поверхности жидкости в ваннах поплавками, пеной или крышками.

Применение поплавков. Укрытие поверхности раствора пластмассовыми поплавками (шариками, двояковыпуклыми линзами) значительно снижает унос растворов и выделение вредных веществ. Расход отсасываемого воздуха можно уменьшить на 25 % для обычных бортовых и на 10% для опрокинутых отсосов, расход химикатов - на 15%.

При интенсивном нагреве, перемешивании раствора, часто повторяющихся погружениях и извлечениях деталей поплавки скапливаются у стенок ванны и оставляют открытой её середину. В этих случаях следует применять двухслойную засыпку поплавков. Для растворов с температурой до 75⁰С рекомендуются поплавки из пенополистирола, для растворов с температурой 75-100⁰С - полиэтиленовые или полипропиленовые поплавки.

Применение пенообразователей. Для уменьшения выделения вредных веществ с поверхности ванн в состав электролитов вводят различные добавки: ингибиторы кислотной коррозии (уротропин, КПИ и др.), присадки, поверхностно-активные вещества (ПАВ), хромин и другие вещества. Использование присадок в сернокислых растворах уменьшает выделение сернистого ангидрида в 5 раз, паров серной кислоты в 3-4 раза.

ПАВ-446 образует на поверхности кислотных растворов плотную и устойчивую пену высотой 20-30 см в течение всего срока службы растворов. Качество поверхности и механические свойства покрытия при этом хорошие. Последующие технологические операции - волочение, калибровка, цинкование, фосфатирование, лужение протекают нормально.

Пенозащитный слой рекомендуется также применять при щелочном травлении алюминия и его сплавов, сернокислом анодировании, анодном снятии олова в щелочном растворе, хромировании.

При нанесении хромовых покрытий толщиной до 100 мкм (кроме проточного хромиро-

вания и покрытия титановых сплавов) в состав электролита можно вводить 0,5-2 г/л хрома, который в сотни раз снижает выделение хромового ангидрида.

При выборе пенообразователей необходимо учесть их влияние на канализационные стоки. Например, наличие даже малого количества пенообразователей ОП-10, ОП-7, ОС-20, ДТ-7 в сточных водах неприемлемо вследствие губительного их воздействия на живые организмы как в установках биологической очистки, так и в природных водоёмах.

Покрытие поверхности раствора пеной позволяет уменьшить количество отсасываемого воздуха на 50%, а расход химикатов на 10-15 %.

Укрытие ванн. Согласно санитарным правилам водные поверхности с температурой воды выше 30⁰С в рабочих помещениях подлежат полному укрытию с устройством местных отсосов.

Укрытие ванн локализует распространение вредных веществ и позволяет улавливать их бортовыми отсосами с большей эффективностью. Устройство укрытия ванн организуют, как правило, при обработке крупных деталей: на длинных бортах ванны устанавливают шарнирно закреплённые створки с противовесами, а для погружения детали в ванну предусматривают открывание створок с помощью системы рычагов. При больших габаритных размерах открывание и закрывание ванн должно быть механизировано. Выделяющиеся вредные вещества удаляют через двубортные (двусторонние) отсосы.

Створки могут быть как жесткими, так и гибкими. Жесткие створки и крышки изготавливают из винипластового листа. Закрепленного из коррозионностойкой стали. Гибкие створки изготавливают из химически стойких материалов (поливинилхлорид). Полотно перемещается по направляющим, установленным своими концами на бортовых отсосах вентиляции.

Когда полное укрытие мешает технологическому процессу, применяют неполное укрытие с помощью откидывающихся козырьков. Откидывающимися козырьками оборудуются ванны с цианистыми растворами, ванны хромирования, ванны с длительным технологическим процессом, а также с высокой температурой растворов.

10. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ВАНН

Для питания гальванических ванн используется постоянный ток, получаемый от источников питания - полупроводниковых выпрямителей и в отдельных случаях - от электрогенераторов. От технических характеристик источников питания зависит эффективность технологического процесса: качество гальванопокрытий, производительность, экономические показатели.

Выпрямитель состоит из трансформатора, преобразующего ток высокого напряжения (220 или 380 В) и малой силы в ток низкого напряжения и большой силы, и электрических вентилях главным образом на основе тиристоров (селеновых, кремниевых или германиевых), преобразующих переменный ток в постоянный.

Выпрямители с *селеновыми* вентилями имеют большие габариты, *германиевые* выпрямители – вдвое меньше и вдвое легче, но они боятся перегрузок, *кремниевые* – имеют малые размеры и меньше боятся перегрузок.

В зависимости от назначения и мощности применяемого оборудования в гальванотехнике используются различные схемы (рис.66) выпрямления:

- однофазные (*а* - однополупериодный, *б* - двухполупериодный)
- 2-фазные (*в*)
- 3-фазные (*г*)
- 6-фазные (*д*)
- нереверсивные и реверсивные
- с отсечкой (*е*)
- асимметричные (*ж*) и т.п.

Однофазные выпрямители предназначены для питания маломощных (в основном лабораторных) потребителей.

Многофазные выпрямители имеют ряд преимуществ перед однофазными: лучшие удельные технико-экономические показатели, симметричную загрузку всех трёх фаз питающей сети, меньшие пульсации выпрямленного тока и т.п. Эти достоинства и определили широкое применение многофазных выпрямителей в гальванических цехах.

В некоторых гальванических цехах эксплуатируются селеновые выпрямители типа **ВАС**, **ВСМР** с номинальным напряжением 6-24 В и силой тока до 5000 А с воздушным и масляным охлаждением. Недостаток их - отсутствие плавного регулирования напряжения и плотности тока.

Выпрямительные агрегаты типа **ВАКГ** с кремниевыми вентилями имеют большие габариты и массу, плохо регулируются.

Наиболее распространены выпрямительные агрегаты серии **ВАК** и **ВАКР** (**В** - выпрямительный, **А** - агрегат, **К** - кремниевые вентили, **Р** - реверсивный). Агрегаты имеют ручное плавное регулирование выпрямленного напряжения; автоматическую стабилизацию выпрямленного напряжения и тока с точностью стабилизации $\pm 5\%$, плотности тока с точностью стабилизации $\pm 10\%$. Реверсивные агрегаты серии **ВАКР**, кроме того, могут работать в следующих режимах: ручное и автоматическое реверсирование выпрямленного тока, длительная работа с любой полярностью выпрямленного тока. Ориентировочный срок службы агрегатов 15-20 лет. Вероятность отказа при работе на протяжении 500 ч не ниже 0,75.

В связи с возросшими требованиями к качеству гальванопокрытий и с развитием новых комплектующих изделий (сильноточных тиристоров, микросхем и т.п.) была разработана и активно внедряется в производство новая серия преобразователей типов: **ТЕ**, **ТЕР**, **ТВ**, **ТВР** и **ТВИ** (**Т** - тиристорный, **Е** - естественное охлаждение, **В** - водяное охлаждение тиристоров, **Р** - реверсивный, **И** - импульсный).

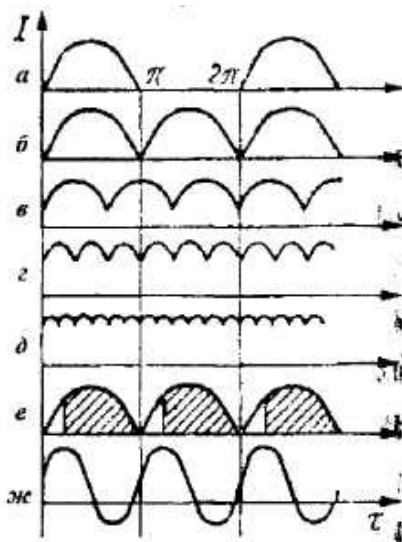


Рис.66. Формы токов, используемые для питания гальванических ванн.

В выпрямителях этой серии существенно улучшены технические показатели:

- повышена точность стабилизации напряжения и тока до $\pm 3\%$, а плотности тока - до $\pm 6\%$,
- снижена пульсация выпрямленного тока,
- предусмотрено дистанционное и программное управление выпрямителями,
- повышен КПД на 1-1,5%,
- уменьшены габаритные размеры, у
- унифицированы схемные и конструктивные решения агрегатов и их узлов, что в свою очередь улучшило их ремонтоспособность.

Диапазон ручного регулирования тока и напряжения от 10 до 100%. Реверсивные агрегаты позволяют получать постоянный ток с автоматической и ручной сменой его полярности.

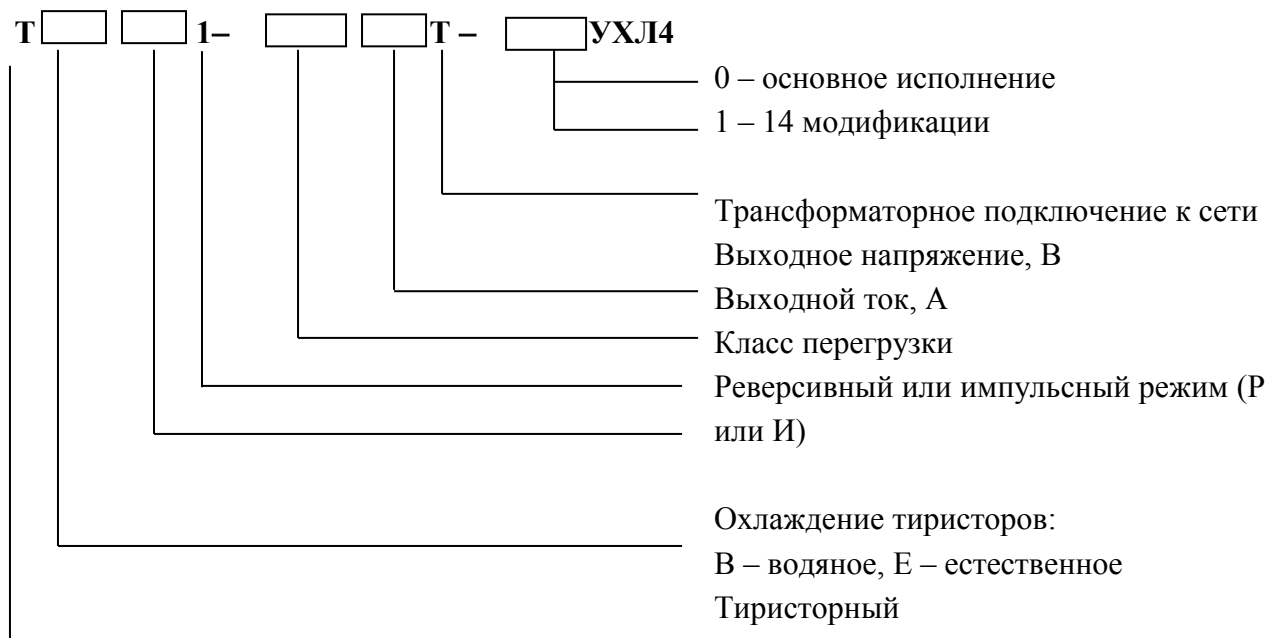
Импульсные агрегаты **ТВИ** обеспечивают на выходе как импульсный ток, так и постоянный.

Выпрямители можно устанавливать непосредственно около ванн прямо на пол; они не боятся влажности воздуха до 80%, но нуждаются в периодической просушке и возобновлении пропитки лаком обмоток трансформатора, дросселя и т.п. Недопустимо попадание брызг растворов и воды внутрь выпрямителя, опасны едкие газы - пары крепких дымящих кислот. Наличие в воздухе паров кислот и щелочей вызывает постепенное разрушение узлов выпрямителей; особенно интенсивно это происходит в нерабочее время, когда отключена вентиляция в цехе.

На ряде предприятий ванны и выпрямители размещены в разных помещениях, иногда на разных этажах. Чаще всего агрегаты устанавливают в полуподвале, так называемом техническом этаже, расположенном непосредственно под помещением, где находятся гальванические ванны. Это максимально уменьшает расстояние между выпрямителями и гальваническими ваннами и исключает воздействие агрессивной среды на источники питания.

Желательно каждую гальваническую ванну подключать к одному выпрямителю. В случае параллельного питания нескольких ванн от одного источника, что случается довольно часто, на распределительном щите около каждой ванны необходима установка регуляторов силы тока, которые представляют собой секционный реостат, включённый последовательно с гальванической ванной. Его предпочтительно делать из включаемых (при помощи однополюсных рубильников) параллельно секций, каждая из которых имеет омическое сопротивление, вдвое большее предыдущей. Количество таких секций достигает 5-7.

Обозначение тиристорных выпрямительных агрегатов



Например, ТЕ1-100/12Т-0УХЛ4; ТЕР1-400/12Т-0УХЛ4; ТВР1-800/24Т-0УХЛ4

Типы выпрямительных агрегатов основного исполнения мощностью до 50 кВт и свыше приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Технические характеристики выпрямительных агрегатов серии
ТЕ, ТЕР, ТВ, ТВР и ТВИ мощностью до 50 кВт

Тип агрегата	Номинальный постоянный ток, А	Номинальное постоянное напряжение, В	Наибольшее постоянное напряжение, В	КПД	Коэффициент мощности	Схема выпрямления
ТЕ1-100/12Т-ОУХЛ4	100	12	13,2	0,78	0,85	Трехфазная нулевая
ТЕР1-100/12Т-ОУХЛ4				0,84		
ТЕ1-100/24Т-ОУХЛ4						
ТЕ1-315/115Т-ОУХЛ4	315	115	126,5	0,92	0,93	Трехфазная мостовая
ТЕ1-400/12Т-ОУХЛ4	400	12	13,2	0,93	0,92	Шестифазная с уравнитель- ным реакто- ром
ТЕР1-400/12Т-ОУХЛ4				0,82		
ТЕ1-400/24Т-ОУХЛ4	400	24	26,4	0,88	0,93	Шестифазная с уравнитель- ным реакто- ром
ТЕР1-400/24Т-ОУХЛ4		48	52,8	0,89		
ТЕ1-400/48Т-ОУХЛ4						
ТВ1-800/12Т-ОУХЛ4	800	12	13,2	0,83	0,92	Шестифазная с уравнитель- ным реакто- ром
ТВР1-800/12Т-ОУХЛ4						
ТВ1-800/24Т-ОУХЛ4		24	26,4	0,88	0,92	
ТВР1-800/24Т-ОУХЛ4						
ТВ1-800/48Н-9	48	52,0	0,89	0,93	Шестифазная кольцевая	
ТВ1-1600/12Т-ОУХЛ4	1600	12	13,2	0,83	0,92	Шестифазная с уравнитель- ным реакто- ром
ТВР1-1600/12Т-ОУХЛ4						
ТВ1-1600/24Т-ОУХЛ4	24	26,4	0,87	0,93		
ТВР1-1600/24Т-ОУХЛ4						
ТВИ1-1600/24Т-ОУХЛ4						
ТВ1-3150/12Т-ОУХЛ4	3200	12	13,2	0,83	0,92	
ТВР1-3150/12Т-ОУХЛ4						
ТВИ1-3150/12Т-ОУХЛ4						

Таблица 3

Технические характеристики выпрямительных агрегатов серии
ТВ, ТВР и ТВИ мощностью свыше 50 кВт

Тип агрегата	Номинальный постоянный ток, А	Номинальное постоянное напряжение, В	Наибольшее постоянное напряжение, В	КПД	Коэффициент мощности	Схема выпрямления
ТВ1-1600/48Т-ОУХЛ4	1600	48	53	0,91	0,92	Шестифазная кольцевая
ТВ1-3150/24Т-ОУХЛ4	3150	24	26,4	0,89		Шестифазная с уравни-тельным реакто-ром
ТВИ1-3150/24Т-ОУХЛ4						
ТВР1-3150/24Т-ОУХЛ4						
ТВ1-6300/12Т-ОУХЛ4	6300	12	14,2	0,84	0,91	Шестифазная с уравни-тельным реакто-ром
ТВР1-6300/12Т-ОУХЛ4						
ТВ1-1000/115Т-ОУХЛ4	1000	115	123	0,92	0,9	Трехфазная мостовая
ТВ1-3150/48Т-ОУХЛ4	3150	48	53	0,91	0,91	Шестифазная кольцевая
ТВ1-6300/24Т-ОУХЛ4	6300	24	26,4	0,88	0,92	Шестифазная с уравни-тельным реакто-ром
ТВИ1-6300/24Т-ОУХЛ4						
ТВР1-6300/24Т-ОУХЛ4						
ТВ1-12500/12Т-ОУХЛ4	12500	12	13,5	0,82	0,9	
ТВР1-12500/12Т-ОУХЛ4						

Расчет шин и проводов и их прокладка

Расчет шин и проводов, применяемых в гальванических цехах для питания ванн электрическим током, производится по формулам, приведенным в табл.4.

При расчете проводов и шин допускаются следующие потери напряжения:

- для гальванических ванн при напряжении источника тока 6 В — не более 10%,
- для силовых установок — около 6%
- для осветительных установок — около 4%.

В некоторых случаях в целях экономии цветных металлов допускаются потери напряжения, превышающие 10%. Это возможно при работе от источника тока напряжением 12 В и рабочем напряжении на ваннах 7—9 В (хромирование), а также в том случае, когда источник тока включен на напряжение 6 В и рабочее напряжение на ваннах составляет 3—5 В (свинцевание, лужение, меднение и т. п.).

Для подвода постоянного тока к гальваническим ваннам применяются медные, алю-

миниевые и в редких случаях железные шины. Последние обычно используются для тока силой не более 400 А.

Шины собирают из отдельных полос длиной 3,5 и 5,5 м, соединенных внахлестку или при помощи болтовых накладок. При соединении шин контактируемые поверхности должны быть тщательно очищены и предохранены от окисления. Алюминиевые шины следует обязательно соединять сваркой. Места стыков рекомендуется покрыть медью или оловом.

При выборе шин следует иметь в виду, что широкие и тонкие шины легче охлаждаются, чем узкие и толстые, вследствие чего при одинаковом сечении более широкие полосы допускают большую удельную плотность тока. При применении нескольких полос промежутки между ними должны равняться двойной толщине полосы.

Если использование шин невозможно, применяют двух- и трехжильные кабели, включаемые всеми жилами в один полюс.

Шины от источника тока подводятся к ваннам по стенам, потолку, в каналах или по специальным стойкам. Наиболее простым способом проводки шин является прокладка их по стенам.

Таблица 4

Формулы для расчета шин и проводов

Род тока	Падение напряжения	Сечение проводов
Постоянный и переменный (при безындукционной нагрузке): известна сила тока известна мощность	$\Delta U = 2l \cdot I / \sigma \cdot S$ $\Delta U = 2l \cdot P / \sigma \cdot S \cdot U$	$S = 2l \cdot I / \sigma \cdot \Delta U$ $S = 2l \cdot P / \sigma \cdot U \cdot \Delta U$
Трехфазный: известна сила тока известна мощность	$\Delta U = 1,73l \cdot I \cdot \cos \varphi / \sigma \cdot S$ $\Delta U = l \cdot P / \sigma \cdot S \cdot U$	$S = 1,73l \cdot I \cdot \cos \varphi / \sigma \cdot \Delta U$ $S = l \cdot P / \sigma \cdot U \cdot \Delta U$

Обозначения:

U — рабочее напряжение между обоими проводами в двухпроводных установках и между двумя главными проводами в трехфазных установках, В; ΔU — допускаемое падение напряжения от начала до конца провода, В; P — передаваемая мощность, Вт; I — сила тока, А; l — длина провода, м; σ — удельная электропроводимость материала шин и проводов; S — сечение провода, мм².

11. ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ

Электроды и их конструкции

В зависимости от способа подключения к внешней сети различают монополярные и биполярные электроды.

Монополярные электроды — это те, которые непосредственно подключены к внешней электрической цепи.

Биполярные электроды (рис.67-69) в электрическую цепь включены по проводникам второго рода. Если разделить пространство между анодом и катодом перегородкой из электропроводного материала на две изолированные зоны, то электрический ток будет проходить по следующему пути: анод — электролит первой зоны — перегородка — электролит второй зоны — катод. При переходе тока из электролита первой зоны на перегородку происходит катодный процесс, при переходе с перегородки в электролит второй зоны — анодный процесс. Таким образом, одна из сторон электропроводной перегородки работает как анод, а

другая — как катод и перегородка является биполярным электродом, подключенным последовательно к монополярным электродам.

Если перегородка не полностью изолирует друг от друга катодную и анодную зоны электролита, то она может и не стать биполярным электродом. Для биполярной работы необходимо, чтобы падение напряжения на пути тока в обход перегородки было больше напряжения разложения. Число последовательно включенных биполярных электродов, может быть сколь угодно велико.

Различают монополярные электролизеры и биполярные.

Первые состоят из ряда параллельно подсоединенных электролитических ячеек с монополярными электродами, вторые — из ряда последовательно соединенных электролитических ячеек, причем крайние электроды работают монополярно, а все промежуточные — биполярно.

Монополярные и биполярные электролизеры одинаковой производительности различаются следующими техническими показателями:

- у первых большая токовая нагрузка и низкое напряжение на клеммах,
- у вторых небольшая токовая нагрузка и высокое напряжение на клеммах.

Современные электролизеры для электролиза воды относятся к биполярному типу. В них главным образом используют выносные электроды с перфорированными пластинами (см. рис.67,а) или выносные сетчатые электроды (см. рис.67,б). Эти типы электродов обеспечивают внутреннюю циркуляцию электролита. Выделившийся на них газ частично отводится в пространство за ними; их поверхность достаточно развита. На выносных электродах возможна работа с плотностью тока $1500—2500 \text{ A/m}^2$.

Электроды изготавливают из Ст-3. Анодная сторона гальванически покрывается слоем никеля толщиной $100—200 \text{ мк}$. Покрытие должно быть беспористым.

Современные биполярные электролизеры работают с внешней циркуляцией электролита (наряду с этим используется и внутренняя циркуляция). По трубопроводам, подающим электролит и отводящим эмульсии газов, все последовательно соединенные электрохимические ячейки связаны между собой.

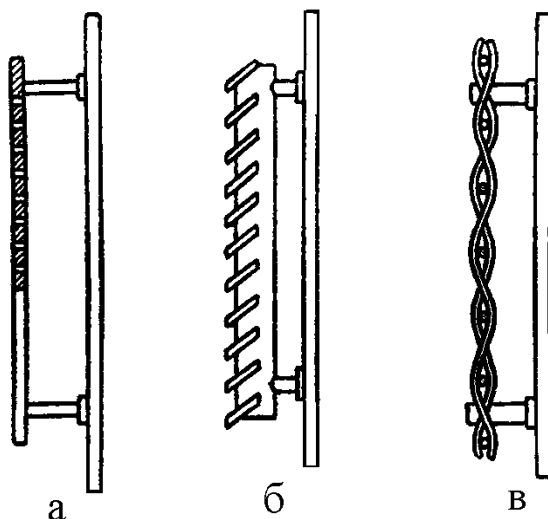


Рис.67. Типы электродов для электролиза воды: а – плоский перфорированный, выносной; б – жалюзийный, выносной; в – сетчатый, выносной.

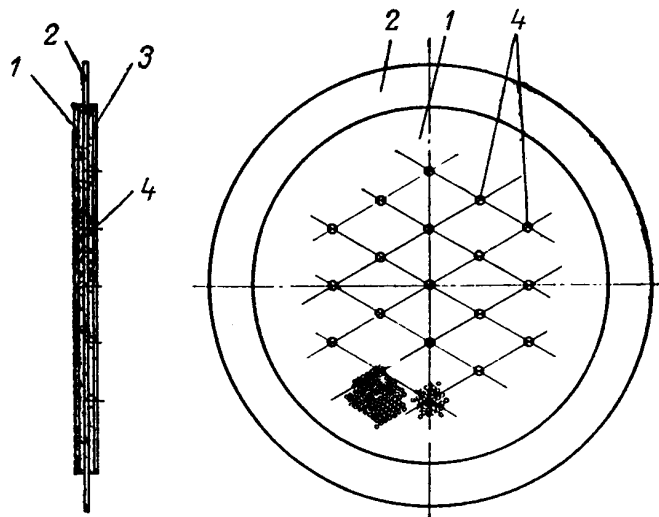


Рис. 68. Биполярный электрод круглого сечения: 1 – выносной лист анод; 2 – основной лист; 3 – выносной лист катод; 4 – анкер.

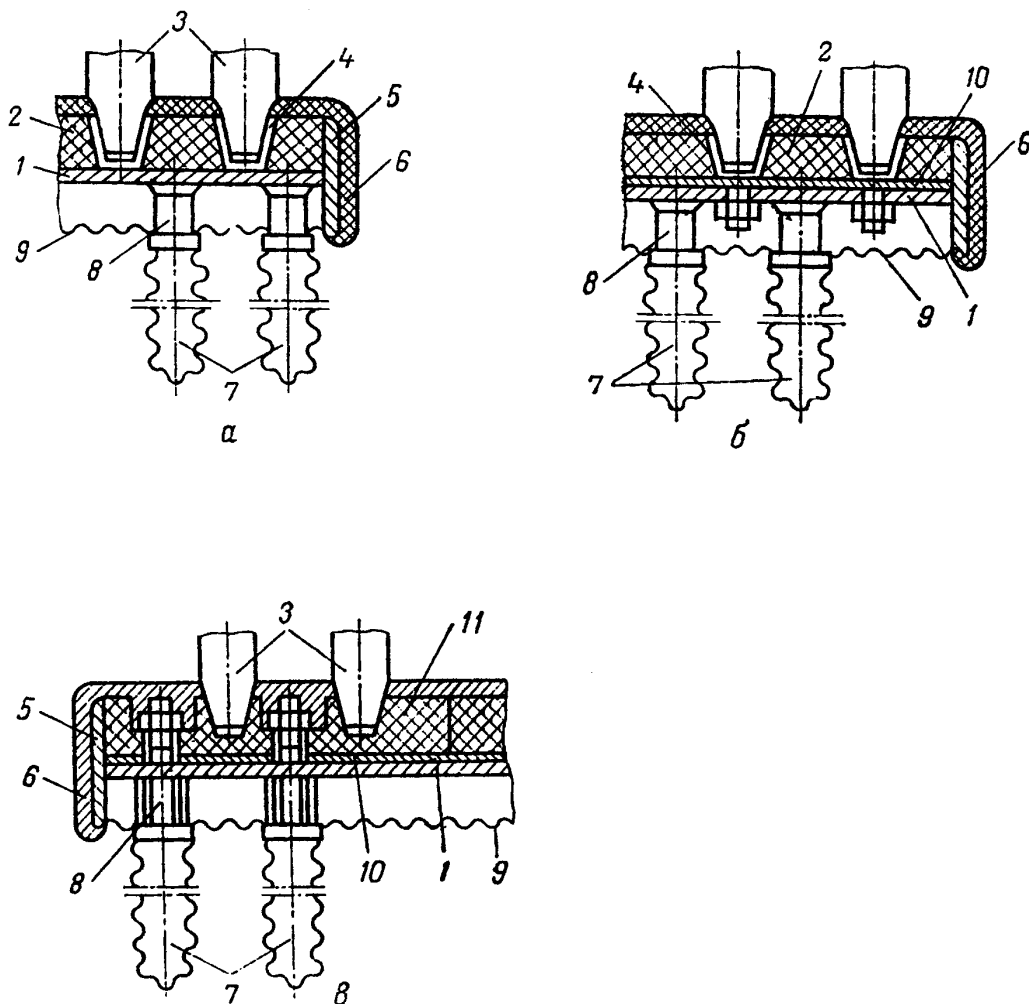


Рис. 69. Варианты конструкции биполярных электродов графитовыми анодами: 1 – разделительная плита; 2 – хлоростойкая масса; 3 – графитовые аноды; 4 – медные желоба; 5 – стальная рама; 6 – защитное покрытие; 7 – катодные пальцы; 8 – стержни катодных пальцев; 9 – катодная сетка; 10 – токораспределительная шина; 11 – графитовые плиты.

По трубопроводам (по их металлу и заполняющему электролиту) создается воз-

возможность утечки электрического тока в обход биполярных электродов. При этом они могут быть полностью или частично выключены из работы, вследствие чего будет теряться производительность. Это явление называется *утечкой тока*. Чтобы ее снизить, трубопроводы изготавливают из отдельных отрезков, разделенных прокладками из неэлектропроводного материала. Это исключает утечку электрического тока по металлу трубопроводов.

Конструкции промышленных электролизеров

С момента возникновения промышленного электролиза воды применялись как монополярные, так и биполярные электролизеры. Как те, так и другие совершенствовались. В настоящее время преобладают биполярные конструкции.

Все многочисленные типы конструкций электролизеров для разложения воды с получением водорода и кислорода *по способу включения электродов* могут быть подразделены на две большие группы:

- электролизеры с монополярным (рис.70, а, б)
- электролизеры с биполярным включением (рис.70, в, г).

По устройству корпуса различают:

- ящичные электролизеры, в которых комплект электродов размещается в емкости без крышек (см. рис.70, а) или с герметичными крышками (см. рис.70,б),
- фильтрпрессные электролизеры (рис.70,г), ячейки которых собираются по типу фильтрпресса.

На первом этапе развития конструкций электролизеров с биполярным включением электродов они выполнялись как ящичного, так и фильтрпрессного типов. В дальнейшем развитие получили только фильтрпрессные конструкции.

По способу разделения газов электролизеры можно подразделить на:

- бездиафрагменные (колокольные)
- электролизеры с одинарной (см. рис.70,б) или с двойной диафрагмой (см. рис.70,а).

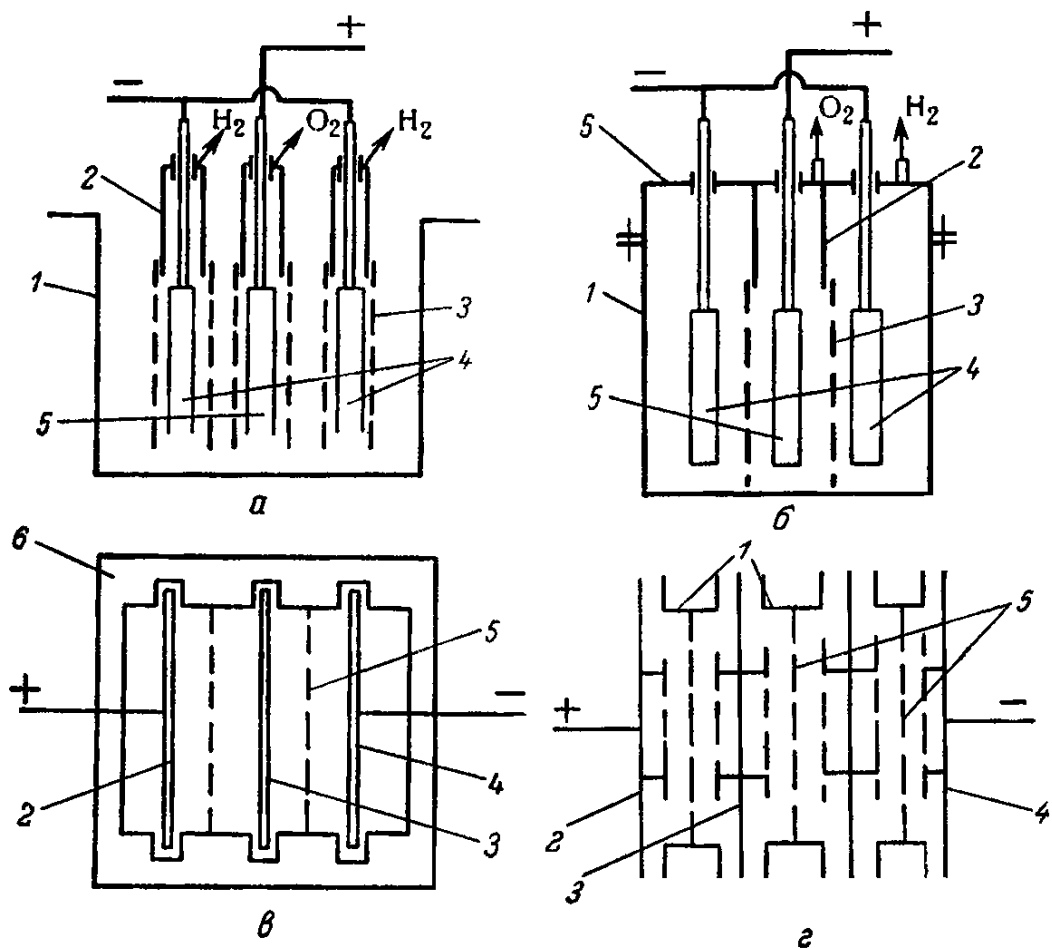


Рис. 70. Типы электролизеров: а, б—соответственно открытый и закрытый ящичные электролизеры с монополярным включением электродов (1—корпус, 2 — колокол для сбора газов, 3—диафрагма, 4 — катоды, 5—анод, б — крышка); в, г —соответственно ящичный и фильтрпрессный электролизеры с биполярным включением электродов (1 - диафрагменная рама, 2 - монополярный электрод-анод, 3 — биполярный электрод, 4 — монополярный электрод-катод, 5 —диафрагма, б — корпус)

Двойная диафрагма применялась в открытых ящичных электролизерах типа Фаузера и некоторых других. Предлагалось использовать двойную диафрагму и в электролизерах с биполярным включением электродов; в последние годы двойная диафрагма применена в фильтрпрессных электролизерах типа Де-Нора.

По давлению продуцируемых газов различают электролизеры, предназначенные для работы при давлении, близком к атмосферному, и электролизера, рассчитанные на работу под повышенным давлением.

Все современные электролизеры с биполярным включением электродов конструируются как аппараты фильтр-прессного типа. В их конструкции предусматриваются каналы для сбора водорода и кислорода из всех ячеек электролизера, а также каналы для подачи в ячейки питательной воды и циркулирующего электролита. Эти сборные каналы играют роль, аналогичную серийным коллекторам на установках с монополярными электролизерами. В некоторых конструкциях сборные каналы размещаются внутри аппарата (электролизеры Зданского — Лонца, СЭУ, Пехкранца), но в большинстве биполярных фильтр-прессных электролизеров сборные каналы расположены вне корпуса (ФВ-500, «Бамаг», ЭФ и др.).

Разработаны многочисленные варианты фильтр-прессных электролизеров с биполярным включением электродов. Такие электролизеры значительно сложнее по конструкции и в изготовлении по сравнению с монополярными электролизерами. Несмотря на это, в послед-

ние десятилетия в промышленности получают применение практически только фильтр-прессные электролизеры биполярного типа, в связи с рядом преимуществ перед электролизерами других типов:

- в электролизерах с биполярным включением электродов увеличение мощности может достигаться как за счет повышения нагрузки, так и за счет увеличения количества последовательно включенных ячеек;

- мощность фильтр-прессных электролизеров значительно больше, чем монополярных ящичных. Фильтр-прессные электролизеры типа ФВ рассчитаны на нагрузку 7,5—11 кА при 160—170 последовательно включенных ячейках, что соответствует эквивалентной нагрузке 1200—1800 кА;

- в электролизерах фильтр-прессного типа с биполярным включением электродов отпадает необходимость в шинах для передачи тока от одной ячейки к другой.

Это сильно упрощает и удешевляет ошиновку цеха электролиза и сокращает потери напряжения на преодоление сопротивления шин и контактов ошиновки электролизеров. При оборудовании цехов электролиза воды фильтр-прессными электролизерами упрощаются системы трубопроводов для сбора газов, подачи питательной воды, электролита, подвода и отвода охлаждающей воды.

Сокращение числа устанавливаемых электролизеров облегчает автоматизацию контроля и управления процессами, приводит к уменьшению затрат рабочей силы на обслуживание производства. Применение современных конструкций биполярных электролизеров фильтр-прессного типа позволяет практически полностью автоматизировать процесс обслуживания и контроля работы установок для получения водорода и кислорода электролизом воды

Недостатками биполярных электролизеров являются:

- сравнительная сложность конструкций, что требует более высокой точности изготовления деталей электролизеров;

- более высокие требования к качеству конструкционных материалов, а также к квалификации обслуживающего и ремонтного персонала;

- усложнение отдельных деталей и ремонта электролизера.

Однако *преимущества биполярных электролизеров* настолько существенны, что компенсируют дополнительные затраты, связанные с большей сложностью оборудования и необходимостью применения более качественных материалов для изготовления деталей электролизеров.

В течение длительного времени в промышленности электролиз воды проводился только при атмосферном давлении, хотя уже давно разрабатывались многочисленные варианты электролизеров для работы под повышенным давлением. Электролиз воды под давлением освоен в промышленности нашей страны еще в 30-х годах, когда были построены установки с электролизерами ЭФ для работы под избыточным давлением до 10 ат. В настоящее время за рубежом стали применяться электролизеры, рассчитанные на давление до 30—40 ат, ведется разработка электролизеров на давление до 200 ат.

Конструкция электролизеров должна обеспечивать высокую чистоту получаемых газов, удобство и простоту управления и обслуживания, надежность работы.

Электролизеры типа ФВ

Конструкция электролизеров типа ФВ была разработана в 30-х годах в связи со строительством Чирчикского электрохимического комбината для производства азотных удобрений на базе синтетического аммиака из электролитического водорода. Электролизеры этого типа были усовершенствованы в конце 40-х годов и в настоящее время используются на многих электролитических установках различной производительности,

Электролизеры ФВ представляют собой мощные фильтр-прессные аппараты с биполярными электродами и одинарной асбестовой диафрагмой. В зависимости от потребности в во-

дороду и кислороду применяются электролизеры с разным числом ячеек — от 20—25 до 160—170. Электролизеры рассчитаны на работу при атмосферном давлении и могут производить газы только под небольшим избыточным давлением (500—1000 мм. вод. ст.).

Максимальная по мощности модель электролизера ФВ первоначально предусматривалась на 160 ячеек и при нагрузке 7,5 кА имела производительность около 500 м³/ч водорода и 250 м³/ч кислорода. Эта модель известна под названием ФВ-500. Количество ячеек в электролизере ФВ-500 без изменения длины стяжных болтов может быть увеличено до 164 и при максимальной нагрузке 11 кА его часовая производительность достигает 750 м³/ч Н₂ и 375 м³/ч О₂.

Электролизер ФВ-500 (рис.71) выполнен в виде агрегата, включающего всю вспомогательную аппаратуру для первичной обработки (охлаждения и промывки) газов, поддержания теплового, гидравлического и концентрационного режима работы электролизера. Непосредственно на аппарате или на специальном щитке устанавливают приборы для контроля основных показателей его работы:

- амперметр и вольтметр для определения нагрузки и общего напряжения на электролизере;
- термометры для измерения температур электролита, газов и охлаждающей воды в различных точках электролизера;
- тягомеры, измеряющие давление газов;
- указатели уровня жидкости в газосборниках и газовых каналах.

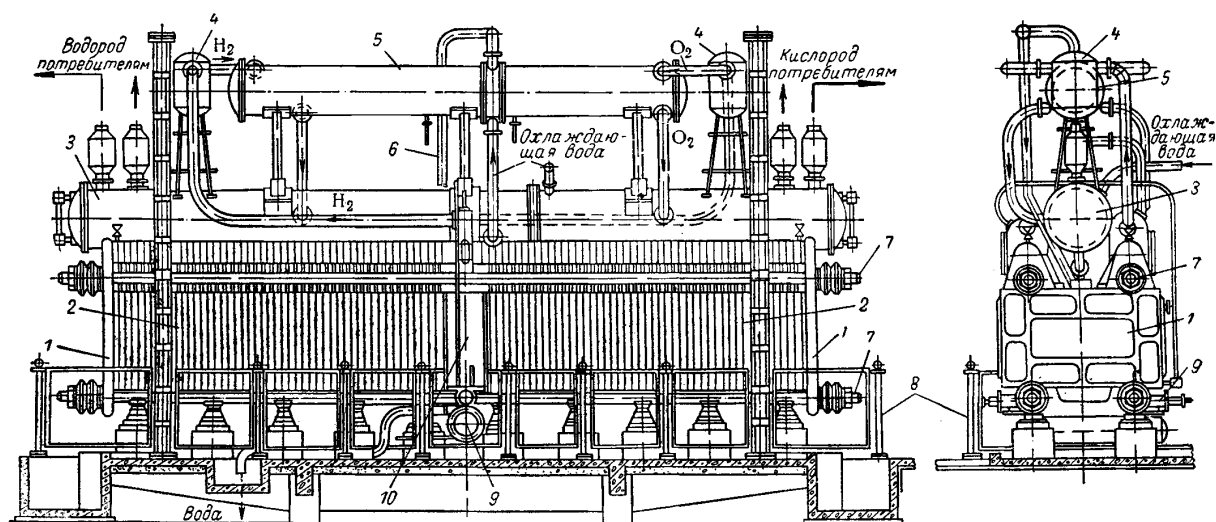


Рис.71. Электролизер ФВ-500: 1 – стяжные болты; 2 – корпус, составленный из ячеек; 3 – газосборники; 4 – ловушки брызг; 5 – холодильники-конденсаторы газов; 6 – линия подвода охлаждающей воды в среднюю камеру; 7 – стяжные болты; 8 – ограждения; 9 – фильтр для электролита; 10 – средняя камера

Напряжение на электролизере ФВ-500 изменяется в зависимости от условий его работы и при нормальной нагрузке составляет примерно 350—375 В. Электролизеры могут включаться в сеть постоянного тока по одному или последовательно сериями по 2—4 аппарата с общим напряжением на серии от 375 до 1500 В.

Общие габариты электролизера ФВ-500 вместе с вспомогательной аппаратурой: длина 12,95 м; ширина 2,6 м и высота 6,4 м. Электролизер вместе с ограждением занимает площадь 13,5x3,4 м. Общая масса электролизера (с ограждением) 97 т, рабочая масса (вместе с электролитом) ~138 т.

Общий вид электролизера ФВ-500 изображен на рис.67. Корпус электролизера собирается из 160 ячеек, стягиваемых при помощи концевых стяжных плит четырьмя болтами.

На диафрагменной раме каждой ячейки закреплена диафрагма, к которой с обеих сторон прилегают электроды. Каждый из биполярных электродов служит анодом одной ячейки и катодом соседней ячейки.

Электролизеры типа СЭУ

В 50-х годах были разработаны электролизеры СЭУ-4 и СЭУ-8. Затем их конструкция была несколько усовершенствована, и эти аппараты получили название СЭУ-4м и СЭУ-8м. Электролизеры обеих марок аналогичны по конструкции и отличаются по количеству ячеек, их габаритам и плотности тока. Электролизеры СЭУ-4м широко применяются на электростанциях небольшой мощности для питания водородом системы охлаждения генераторов. На крупных электростанциях мощностью 1200—2400 *MВт* используются электролизеры СЭУ-8м, ЭФ-12/6-10, а в отдельных случаях ЭФ-24/12-10.

Электролизеры СЭУ фильтр-прессного типа с биполярным включением электродов рассчитаны на работу под давлением до 10 ат. Электролизер СЭУ-8м (рис.68) состоит из 34 ячеек, устройство которых показано на рис. 69. К диафрагменной раме диаметром 850х810 *мм* на заклепках прикрепляется асбестовое полотно. Качество асбестовой диафрагменной ткани должно быть такое же, как и для электролизеров ФВ и ЭФ.

Диафрагменные рамы и основные листы электродов снабжены соответствующими фасонными приливами с отверстиями, образующими при стяжке электролизера внутренние питательный и газовые каналы. Электроды — тройные с выносными перфорированными листами, прикрепленными к основному листу на анкерах. Выносной электрод диаметром 700 *мм* выполнен из стального листа толщиной 2 *мм*, перфорированного отверстиями диаметром 6 *мм*, основной — из 3-миллиметрового стального листа. Все основные детали электролизера никелируются.

Электролизер стягивается при помощи концевых плит — монополярных электродов и четырех стяжных болтов диаметром 75 *мм*. Болты с одной стороны снабжены комплектами тарельчатых пружин. От концевых монополярных электродов стяжные болты изолированы эбонитовыми или капроновыми втулками и текстолитовыми или эбонитовыми шайбами; от фундамента электролизер изолирован опорами из эбонита или капрона. Между электродами и диафрагменными рамами установлены паронитовые прокладки, между рамами и болтами — полиэтиленовые изоляторы.

Электролизер СЭУ-4м по конструкции аналогичен СЭУ-8м и отличается от него только количеством ячеек и габаритами деталей. Он состоит из 30 ячеек, диаметр выносного листа электрода равен 400 *мм*, размеры стяжной плиты — основных монополярных электродов 610х800 *мм*.

Кроме рассмотренных выше основных электролизеров используются и другие типы электролизеров: Зданского-Лонца (рис.70), ЭФ (рис.71), «Демаг» (рис.72), «Де-Нора» (рис.73), «Бамаг» (рис.74) и другие.

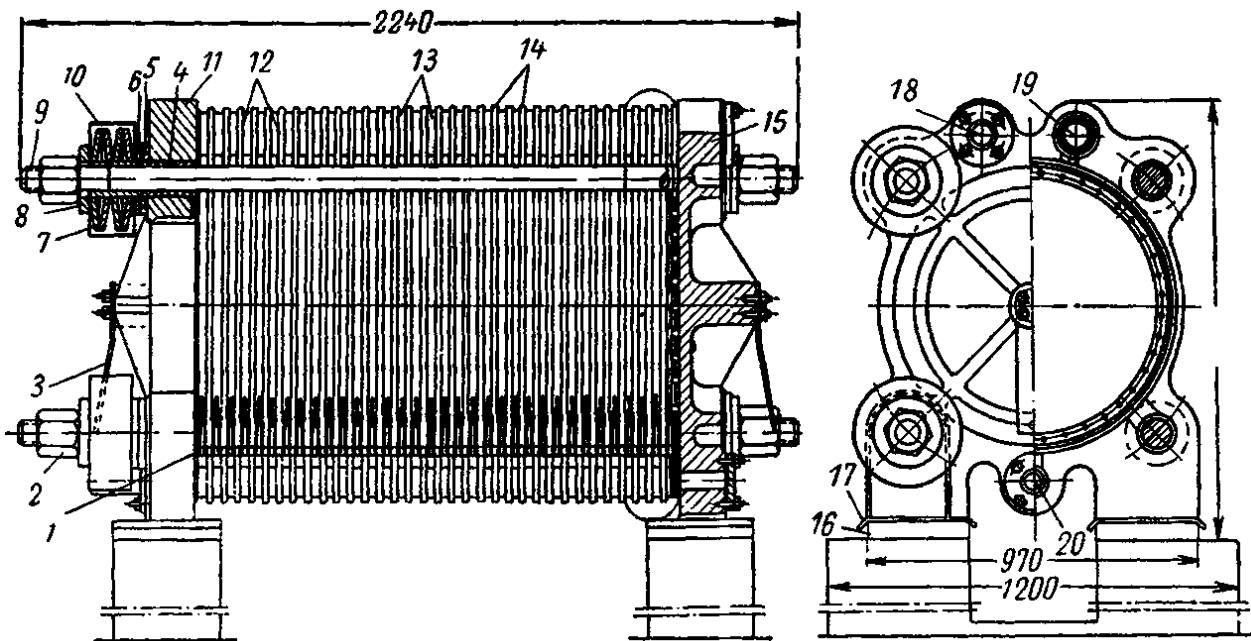


Рис.68. Электролизер СЭУ-8м:

1 — рамный изолятор; 2 - гайка; 3 — шина для подвода тока; 4 — втулка изоляционная; 5 — шайба изоляционная; 6— шайба под пружину; 7—тарельчатая пружина; 8 — диск; 9 - стяжной болт; 10 - кожух пружины; 11 —плита—моноплярный электрод (анод); 12 - паронитовые прокладки; 13 - диафрагменная рама; 14 - биполярные электроды; 15 - плита —моноплярный электрод (катод); 16 — изоляционная подставка; 17 — козырек; 18 — водородный газовый канал; 19 - кислородный газовый канал; 20 — питательный канал.

Электролизер Зданского — Лонца фильтр-прессного типа рассчитан на работу под давлением до 30—40 ат при нагрузке до 4 кА. Электролизер с биполярным включением электродов имеет внутренние каналы для сбора водорода и кислорода из ячеек и для распределения циркулирующего электролита и питательной воды между ячейками. Проведение процесса под давлением 30—40 ат позволяет повысить рабочую температуру электролиза до 110—120°C без чрезмерного увеличения количества воды, испаряемой и уносимой газами. В электролизере поддерживается небольшая плотность тока (1000 – 1500 А/м²), что в сочетании с высокой рабочей температурой и специальной активацией поверхности электродов позволяет вести процесс при относительно низком напряжении на ячейке (1,75 - 1,80 В) и невысоком удельном расходе электроэнергии.

В электролизерах применяется принудительная внешняя циркуляция электролита. Детали ячеек электролизеров собираются в блоки и стягиваются при помощи болтов между плитами. Количество ячеек в блоках определяют исходя из удобства транспортирования и монтажа электролизера. При сборке ячеек в каждом блоке образуются газовые каналы для сбора водорода и кислорода и питательный канал для распределения циркулирующего электролита по ячейкам. Корпус электролизера монтируется из нескольких блоков ячеек. По длине электролизер разделяется на две равные по количеству ячеек части, параллельно включаемые для питания постоянным током. К средней части электролизера подводятся шины от одного полюса преобразовательной подстанции, а к обоим концам — от другого полюса.

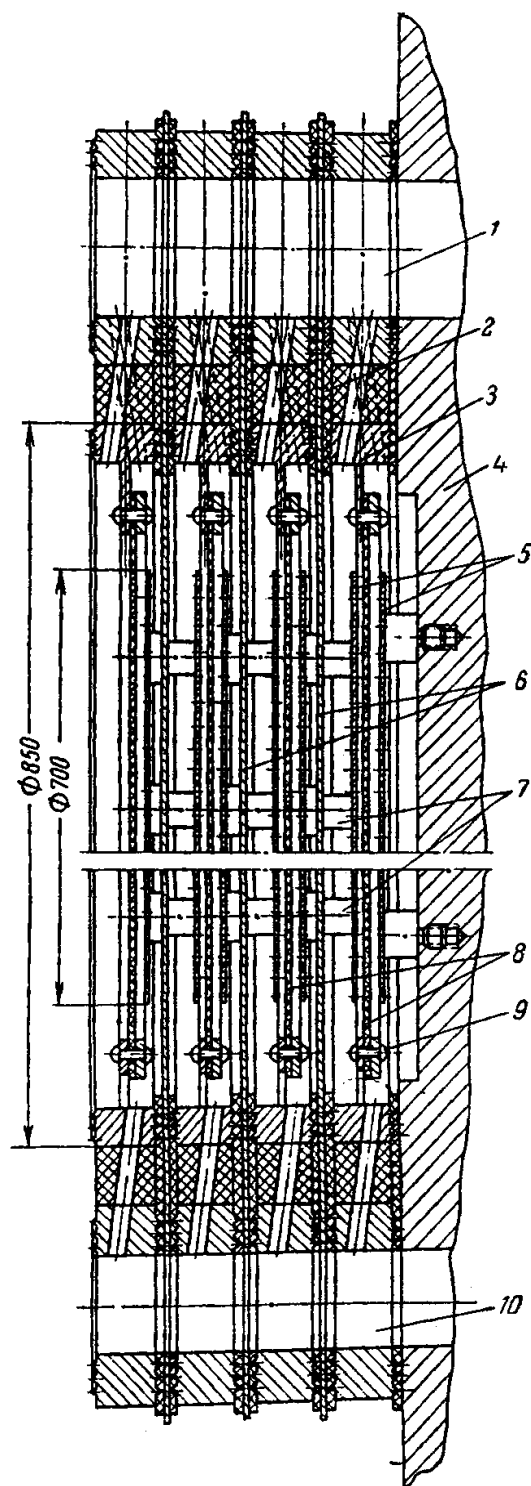


Рис.69. Разрез по ячейкам электролизера СЭУ-8м: 1 – газовый канал; 2 – прокладка; 3 – диафрагменная рама; 4 – монополярный электрод-анод; 5 – выносные электроды; 6 – основной лист биполярного электрода; 7 – анкера; 8 – диафрагма; 9 – заклепки для крепления диафрагмы; 10 – питательный канал.

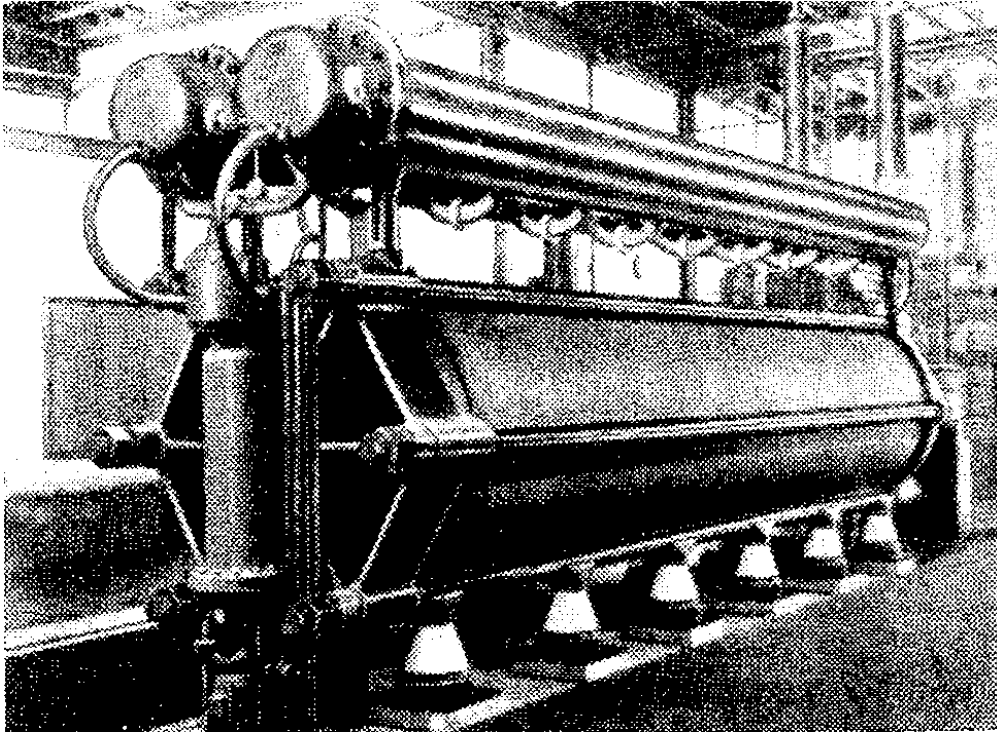


Рис.70. Общий вид электролизера Зданского-Лонца.

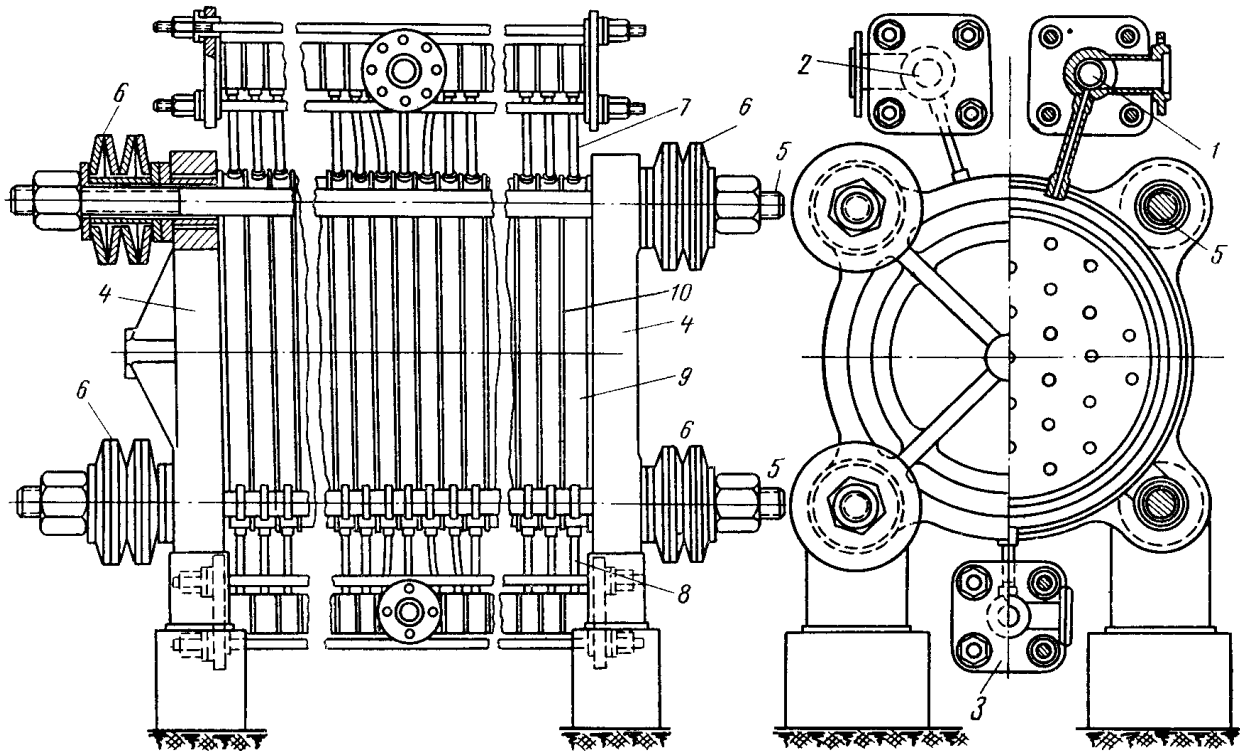


Рис.71. Биполярный фильтр-прессный электролизер ЭФ-24/12-12.

Фильтр-прессные электролизеры типа ЭФ-24/12-12 и ЭФ-12/6-12 различаются числом ячеек. Биполярный фильтр-прессный электролизер ЭФ-24/12-12 состоит из 100 ячеек круглого поперечного сечения. Длина его 4950 мм, ширина 970 мм и высота 1580 мм. Производительность 24 м³/ч водорода и 12 м³/ч кислорода. Нагрузка 610 А. Плотность тока 1500 А/м².

Напряжение на ячейке 1,9 – 2,4 В. Температура электролиза 80 °С. Рабочее давление в аппарате 12 ат. Расход электроэнергии на 1 м³ водорода 5,6 кВт·ч.

В электролизерах ЭФ в качестве электролита применяют 20 – 30 % раствор КОН. Для повышения чистоты кислорода к электролиту добавляют 2 – 3 г/л хромовых солей.

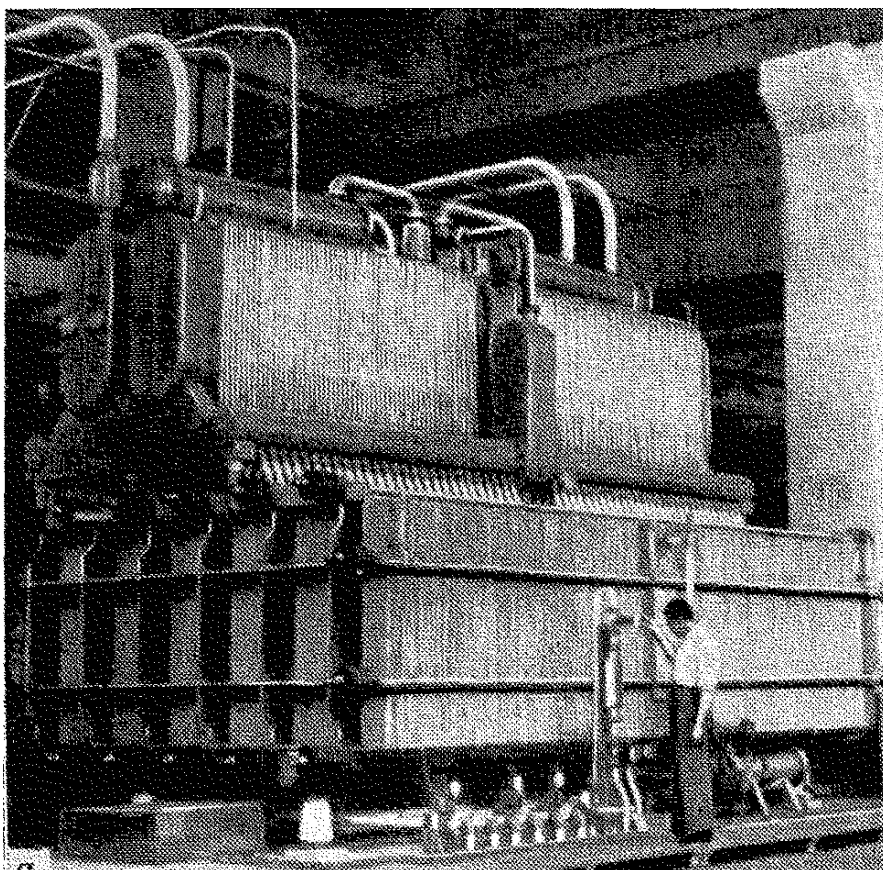


Рис.72. Общий вид электролизера «Демаг».

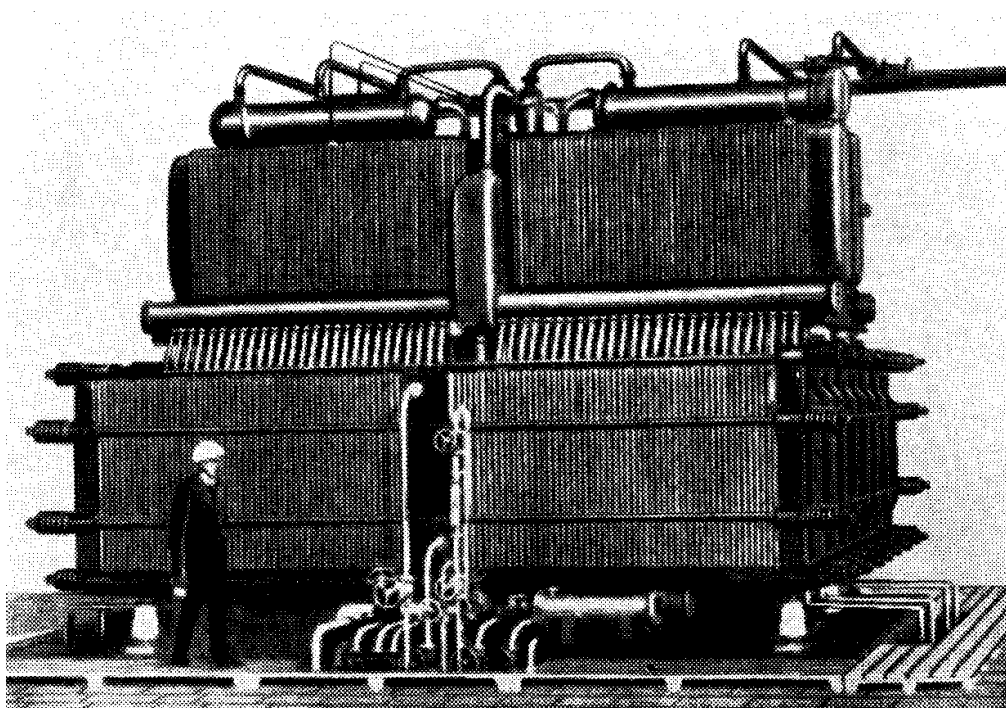


Рис.73. Электролизер типа «Де-Нора»

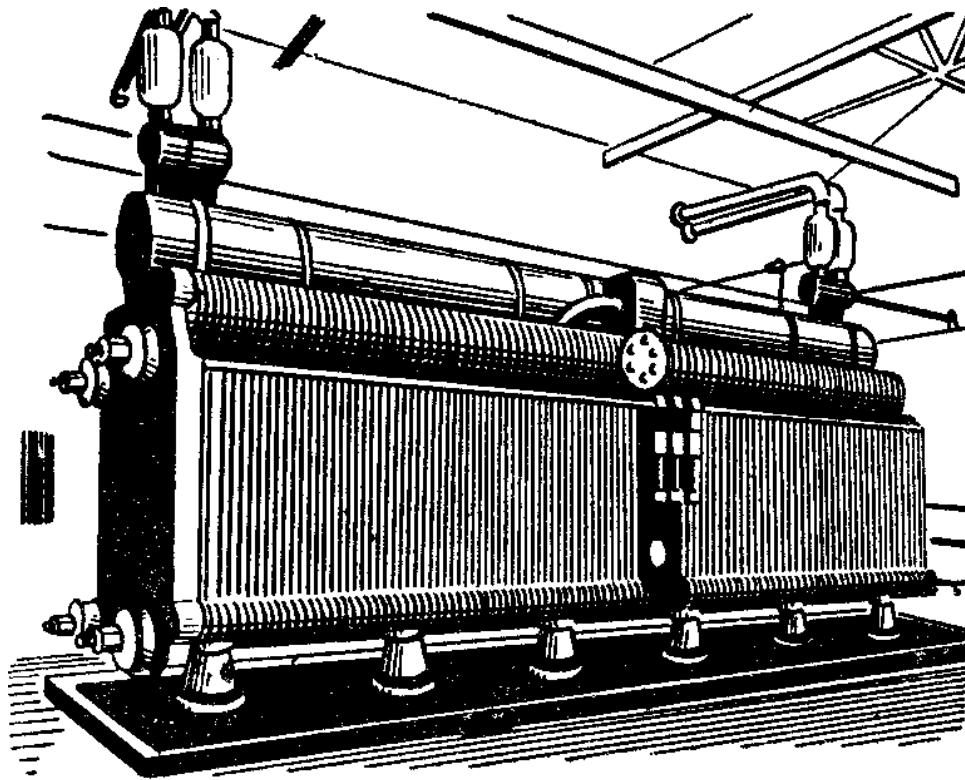


Рис.74. Общий вид фильтр-прессного электролизера типа «Бамаг»

12. ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРА И ЩЕЛОЧИ

Диафрагменные электролизеры для получения хлора и щелочи

Основой конструкции современного диафрагменного электролизера является стальной корпус—катод в виде прямоугольной обечайки без дна и крышки (рис.75). По его периметру у стенок (внутри корпуса) расположено катодное пространство, отделенное от центральной части, где находится анодное пространство, стальной сетчатой перегородкой, служащей катодом. Большинство современных конструкций имеют гребенчатые или, иначе, пальцевые катоды. У них к двум противоположным стенкам корпуса с внутренней стороны приваривают (у отечественных электролизеров) или прибалчивают (например, у электролизеров фирмы «Хукер» — США) металлические каркасы с большим вылетом от стенки. Всю систему каркасов обтягивают сеткой, в результате чего образуется гребенчатая сетчатая перегородка в виде ряда полых катодных пальцев. Пальцы отдалены один от другого так, чтобы поместить между ними аноды и оставить еще расстояние, нужное для циркуляции электролита и размещения диафрагмы.

Полости внутри катодных пальцев соединены с полостью по внутреннему периметру корпуса и образуют общее катодное пространство. Для вывода католита и водорода из катодного пространства в стенки корпуса врезаны штуцера: нижний для католита, верхний для водорода. Верх электролизера перекрыт крышкой: в более старых конструкциях из бетона, в современных — из стеклопластика или же из гуммированной стали. На верхнем обресе корпуса укреплены детали для ее уплотнения. В крышке есть отверстия для отвода хлора, подачи рассола, установки приборов. Снизу корпус соединен через электроизоляционную прокладку с анодной частью электролизера—анодным комплектом. Аноды в анодном комплекте установлены рядами в полном соответствии с расположением катодных пальцев в

корпусе и закреплены в нем. В ряде зарубежных электролизеров графитовые аноды устанавливаются в чаше (бетонной или чугунной) и концы анодов в ней заливаются свинцом. В свинец закладывается конец медной шины, у которой другой конец выведен наружу и служит для присоединения внешней ошиновки. В отечественных конструкциях электролизеров не применяется свинцовая заливка анодов. Они крепятся с помощью механических устройств в стальном анодном корыте. Место крепления анодов заливается особой битумной композицией и поверх ее слоем бетона.

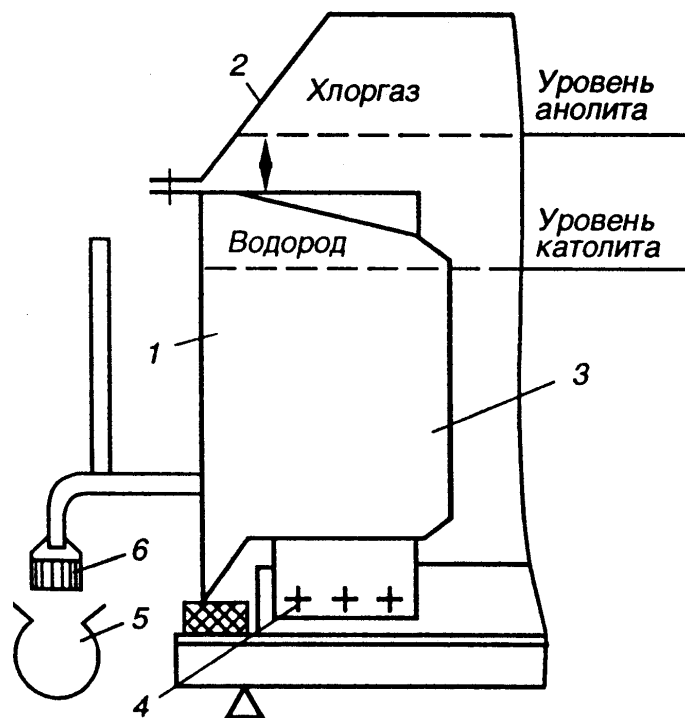


Рис.75. Диафрагменный электролизер: 1 — корпус катода; 2—крышка; 3 — катодный элемент; 4 — анод; 5 — коллектор электрощелоков; 6 — сливное устройство.

В электролизерах с малоизнашивающимися анодами типа БГК-50 концы ОРТА закрепляют с помощью механического устройства в стальном днище, покрытом для защиты от коррозии титановым листом.

ОРТА электролизеров БГК-100 имеют боковой токоподвод и крепятся к промежуточным токораспределительным деталям, расположенным внутри электролизера.

В России используются электролизеры БГК-13, БГК-17, БГК-25 и БГК-50. Разработан электролизер БГК-100 и БГК-150. БГК-13—маломощный электролизер с верхним токоподводом для оборудования установок небольшой производительности; номинальная нагрузка 5 кА.

БГК-17, БГК-25 выпускаются для работы с плотностями тока 750 А/м^2 и 900 А/м^2 , имеют нижний токоподвод, номинальная нагрузка 25 кА (рис.76).

БГК-50— мощный электролизер, рассчитанный на работу при плотности тока 1000 А/м^2 . Имеет нижний токоподвод. Номинальная нагрузка 50 кА. Имеются конструкции для работы с графитовыми анодами и ОРТА (рис.77).

Выпускаются также модернизированные электролизеры БГК-17 и БГК-50. Первый на нагрузку 32 кА, второй на нагрузку 65 кА. Буквенный индекс в названии электролизеров присвоен авторскому коллективу разработчиков; цифры характеризуют тип электролизера и у более поздних моделей корреспондируются с силой тока (в кА), на который он рассчитан.

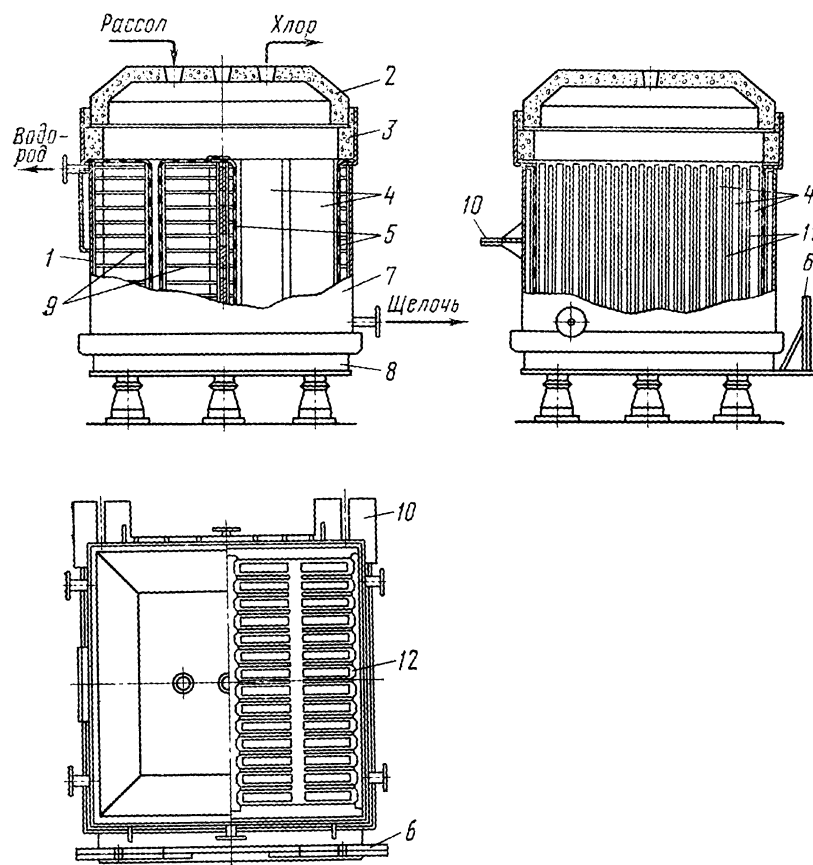


Рис.76. Электролизер БГК-17: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – уплотнение крышки; 4 – графитовые аноды; 5 – катодная сетка; 6 – анодная шина; 7 – каркас катодной сетки; 8 – днище; 9 – каркасы; 10 – катодная шина; 11 – катодные пальцы; 12 – электролитическая ячейка

Ведутся работы по созданию электролизеров еще большей производительности, так как с ростом мощности агрегатов снижаются капитальные и некоторые эксплуатационные затраты.

В этом отношении перспективны биполярные электролизеры, состоящие из последовательно включенных электрохимических ячеек, объединенных в одном агрегате. Биполярный электрод этого электролизера имеет с одной стороны гребенчатый сетчатый стальной катод (подобный катоду монополярного электролизера) с нанесенной диафрагмой, а с другой стороны ряд анодных пластин из титана с активным покрытием.

Имеются сообщения, что фирмы «ППЖ-индастриз» и «Де-Нора» разработали биполярный диафрагменный электролизер, так называемый электролизер «Гланор» (рис.78), состоящий из 11 последовательно включенных ячеек на эквивалентную нагрузку в 880 кА (эквивалентная нагрузка биполярного электролизера — это произведение силы тока нагрузки на число последовательно включенных биполярных электрохимических ячеек). Имеются указания, что разрабатываются биполярные электролизеры типа «Гленор» с ОРТА на еще большую эквивалентную нагрузку; при этом разрабатываются биполярные электролизеры как с вертикальным, так и с горизонтальным расположением электродов.

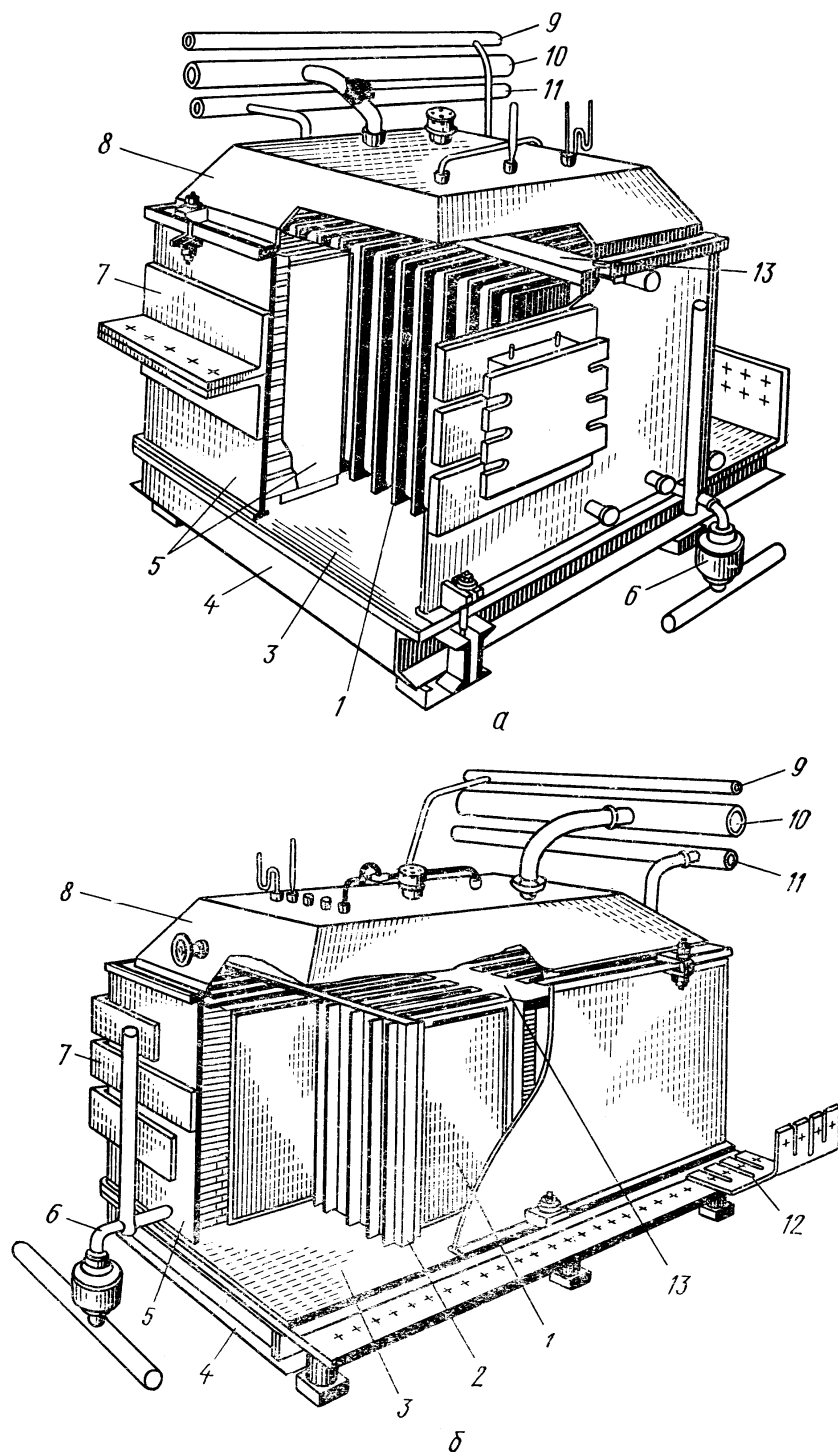


Рис.77. Современные отечественные электролизеры с твердым катодом:

а—электролизер БГК-50;

б—электролизер БГК-100:

1—анод; 2—вертикальная анодная токонесущая перегородка; 3 — днище; 4—рама днища; 5—катодный комплект; 6—устройство для слива щелочи; 7—шины катодного комплекта; 8- крышка; 9 — трубопровод для рассола; 10—трубопровод для хлора; 11—трубопровод для водорода; 12 — межванная ошиновка; 13—перегородка катодного комплекта

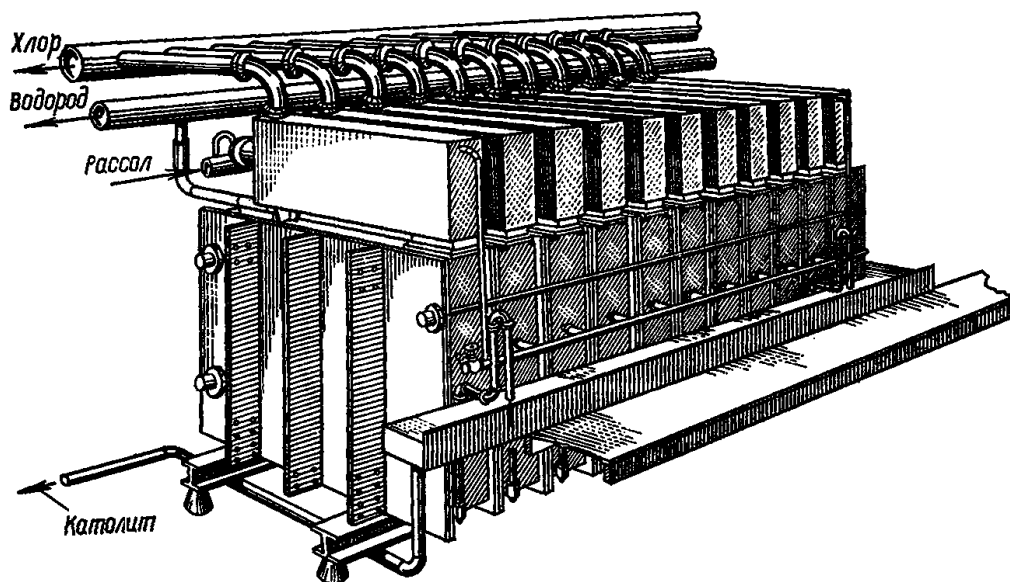


Рис.78. Общий вид электролизера Гленор.

Конструкции ртутных электролизеров для получения хлора и щелочи

Электролизные ванны устанавливаются рядами на втором этаже цеха так, чтобы пространство над ними было свободно от коммуникаций и ошиновки. В каждом ряду они разделены проходами для обслуживания шириной 0,6—0,8 м.

Чаще всего *горизонтальные разлагатели* располагаются рядом с электролизерами вплотную к ним, но есть конструкции, где разлагатели подвешены под электролизерами и для их обслуживания ниже перекрытия первого этажа устраивают специальные площадки. *Вертикальные разлагатели* ставят в торце ванны на первом этаже. Верх их выходит к месту обслуживания на втором этаже.

Ниже описаны некоторые электролизеры и разлагатели, которые в настоящее время находятся в эксплуатации в хлорной промышленности.

Отечественные заводы оснащены электролизными ваннами Р-101, Р-50, Р-30, Р-20, и Р-20М, КР-100 и КР-24. В качестве типовых следует рассматривать конструкции ванн Р-101, Р-20М и КР-100 (Р — ртутная, КР — по типу ванны фирмы «Кребс»).

Отечественный электролизер Р-101 представляет собой рамную конструкцию с горизонтальным разлагателем, рассчитанную на эксплуатацию как с графитовым, так и с металлическим ОРТА. Схема электролизера Р-101 с графитовыми анодами представлена на рис.79.

Электролизер рассчитан на нагрузку 100 кА при плотности тока 5,3 кА/м² или 150 кА при плотности тока 8 кА/м².

Электролизер состоит из днища 8, гуммированных рамы 1 из стали швеллерного профиля и крышки 4, имеет выходной 22 и входной 13 карманы. Ртуть из разлагателя 19 поступает во входной карман и равномерно распределяется по незащищенному днищу, имеющему уклон 10 мм/м. Амальгама проходит через весь электролизер, обогащается натрием (концентрация 0,4—0,5 масс. %) и поступает в выходной карман 22, снабженный крышкой 21. Через выходной карман можно удалять амальгамное масло и графитовый шлам, не останавливая процесс электролиза, так как выходной (и входной) карманы отделены от электролизера гидравлическим затвором 23.

Амальгама из выходного кармана поступает в разлагатель 19, где обрабатывается водой с образованием щелочи, водорода и ртути. Разлагатель имеет уклон в сторону, противоположную уклону электролизера, 18—20 мм/м.

Аноды расположены на крышке 4 в четыре ряда. Подвод тока к анодам осуществляется

непосредственно от крышки с помощью гибких кабелей 5, а к крышке—от токоподводящей шины 3, на которой имеется шунтирующее разъединительное устройство для отключения электролизера. Хлор отводится из электролизера вместе с анолитом через штуцер 25. Ртуть вытекает из разлагателя на уровне, расположенном ниже уровня ее подачи в электролизер. Подъем ртути осуществляется с помощью центробежного насоса 14. Она поступает в приемную камеру и поднимается по стенкам конуса за счет центробежной силы, создаваемой конусом, вращающимся с частотой 500 об/мин. Напряжение на электролизере Р-101 составляет 4,3 В, а расход электроэнергии соответственно 3000 и 3385 кВт·ч/т щелочи и хлора.

Замена графитовых анодов на ОРТА позволяет проводить электролиз при плотности тока 10—12 кА/м² без повышения напряжения и расхода электроэнергии.

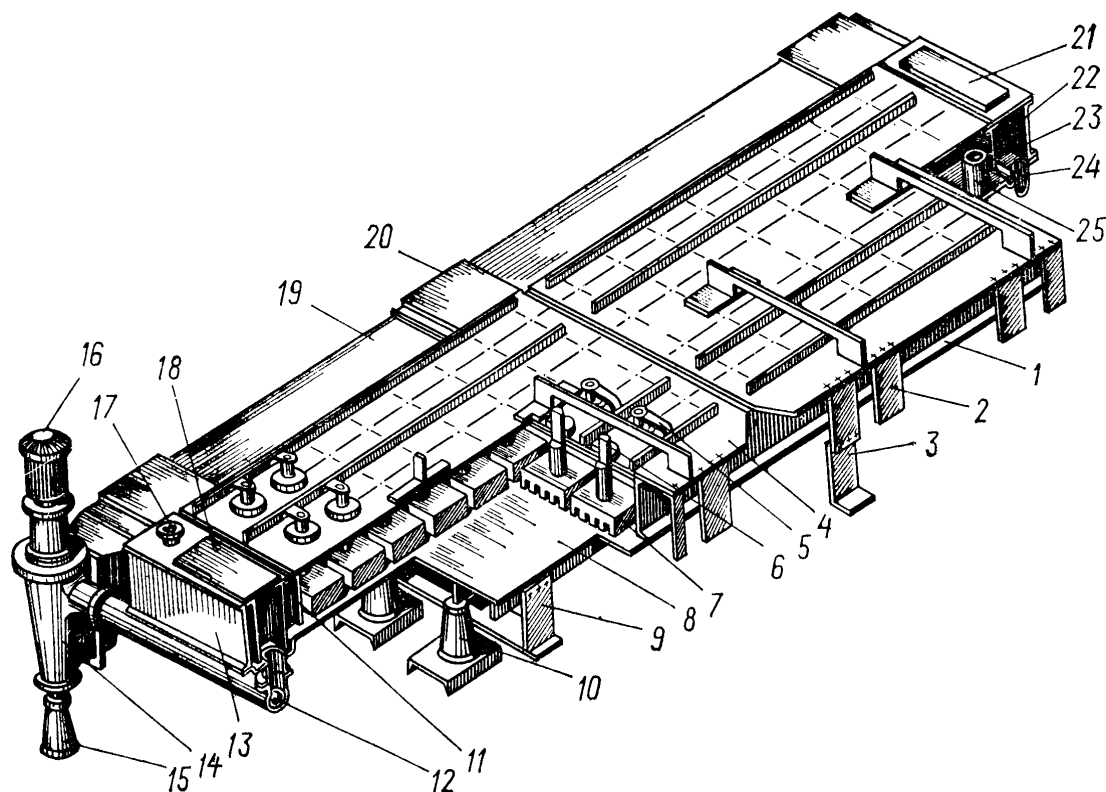


Рис.79. Электролизер Р-101: 1 — гуммированная рама; 2 — контактный уголок; 3 — анодная шина; 4 — крышка; 5 — токоподвод к аноду; 6 — уплотнение анода; 7 — анод; 8 — днище; 9 — катодная шина; 10 — изоляторы; 11 — гидрозатвор входного кармана; 12 — труба для подачи ртути в электролизер; 13 — коробка входного кармана; 14 — конусный ртутный насос; 15 — опора насоса; 16 — электродвигатель; 17 — штуцер для ввода рассола; 18 — крышка входного кармана; 19 — разлагатель; 20 — крышка люка разлагателя; 21 — крышка выходного кармана; 22 — коробка выходного кармана; 23 — гидрозатвор выходного кармана; 24 — трубы для подачи амальгамы из электролизера в разлагатель; 25 — штуцер для отвода хлора и анолита.

Ванны Р-20 и Р-20М не различаются существенно размерами и конструкцией. Первая рассчитана на нагрузку 100 кА и работает с плотностью тока 4,95 кА/м², вторая — на нагрузку 150 кА и плотность тока 7,45 кА/м². Электролизеры этих ванн — рамного типа с голым незащищенным дном, гуммированной рамой и стальной гуммированной крышкой. Длина электролизера 17, ширина 1,2 м. Аноды расположены в три ряда. Положение их может регулироваться. Ванна оборудована вертикальным скрубберным разлагателем диаметром около 0,5 м и общей высотой 4,2 м. Насадка — кусковой графит с величиной зерна 15—20 мм. Уло-

жена она в разлагателе слоем высотой 2,5 м. Схема устройства ванны Р-20 представлена на рис.80.

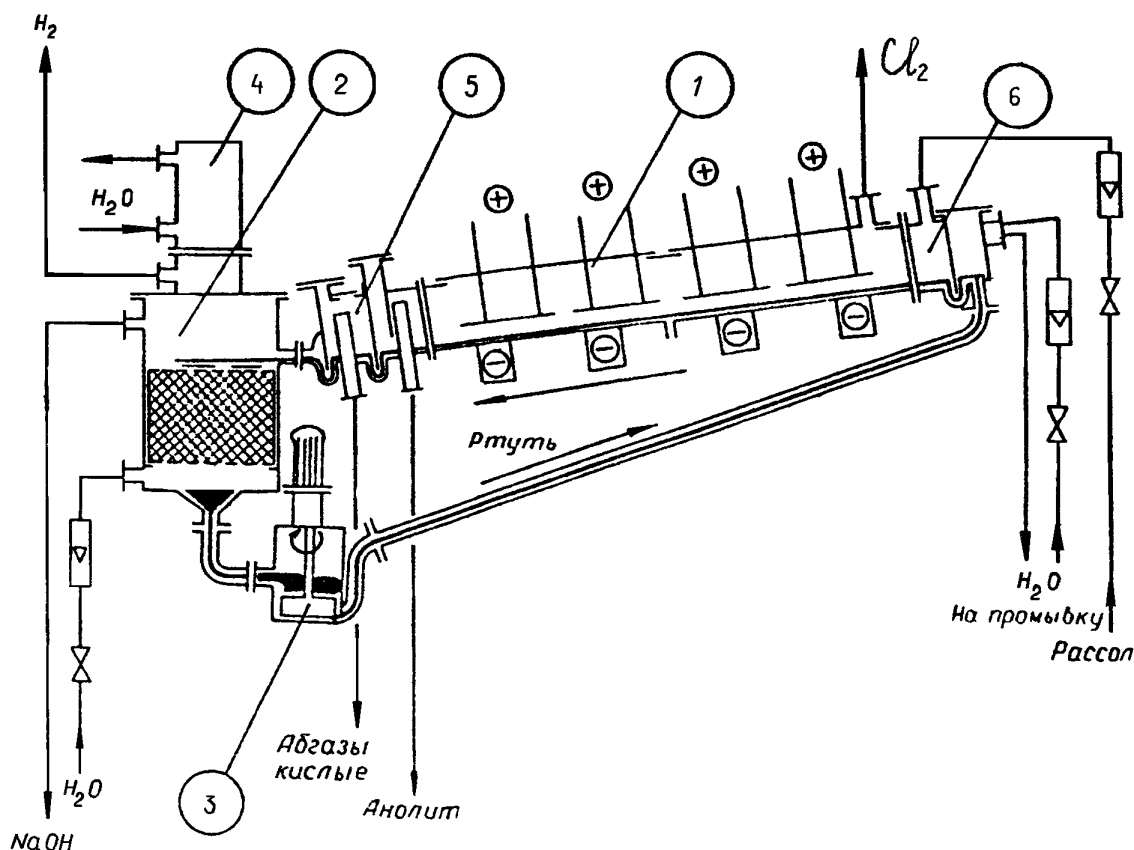


Рис.80. Принципиальная схема устройства электролизера Р-20: 1 — входной карман электролизера; 2 — центробежный ртутный насос и буферная емкость; 3 — скрубберный разлагатель; 4 — выходной карман

Конструкции мембранных электролизеров для получения хлора и щелочи

Предложен ряд конструкций промышленных электролизеров с катионообменными мембранами. Схема одной из таких конструкций разработана и используется в Японии фирмой Асахи кемикл.

Электролизер представляет собой фильтр-прессную биполярную конструкцию, состоящую из 88 ячеек в одной стяжке. Конструкция ячейки изображена на рис.81. Ячейка представляет собой стальную раму 1, анодная сторона которой изнутри покрыта титаном 2.

Электрод с анодной стороны состоит из сплошного титанового листа 4 и выносного перфорированного титанового листа 6, скрепленного с основным листом с помощью титановых ребер 5. С обратной стороны к титановому листу 4 взрывным методом приварен сплошной стальной лист, на котором стальными ребрами 8 укреплены выносные перфорированные катоды 7. Ячейки фиксируют в электролизере с помощью опорных лап 9.

Общий вид электролизера этого типа, рассчитанного на линейную нагрузку 13,5 кА (эквивалентная нагрузка 1000 кА), представлена на рис.82.

Площадь мембраны составляет 2,7 м², плотность тока — 5 кА/м², выход по току выше 90%. Из катодного и анодного пространства электролизера газожидкостная смесь попадает в сборный коллектор. Коллектор хлора изготавливают из титана, водорода — из стали. В коллекторах с помощью специальных сепараторов газы отделяются от жидкости, которая возвращается соответственно в анодное и катодное пространства.

На рис.83 представлен электролизер Крупп Уде (а) и расположение единичных элементов в раме электролизера (б).

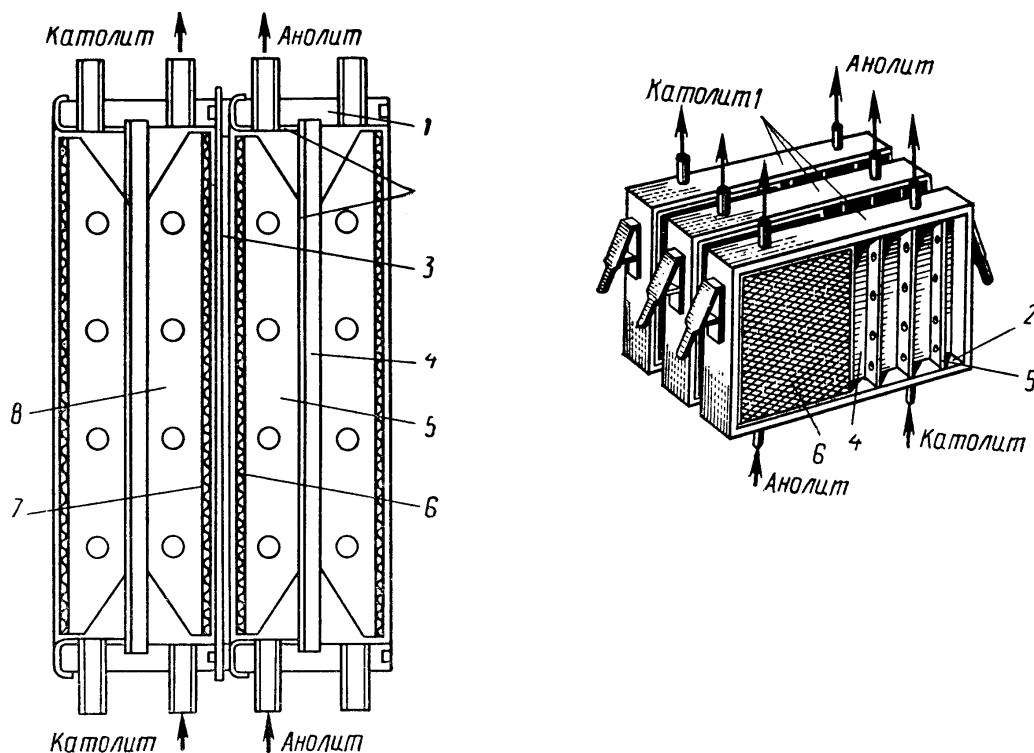


Рис.81. Ячейка электролизера с ионообменной мембраной: 1 — стальная рама; 2 — титановое покрытие; 3 — мембрана; 4 — основной лист электрода; 5 — титановые токоподводящие ребра; 6 — выносной анод; 7 — выносной катод; 8 — стальные токоподводящие ребра.

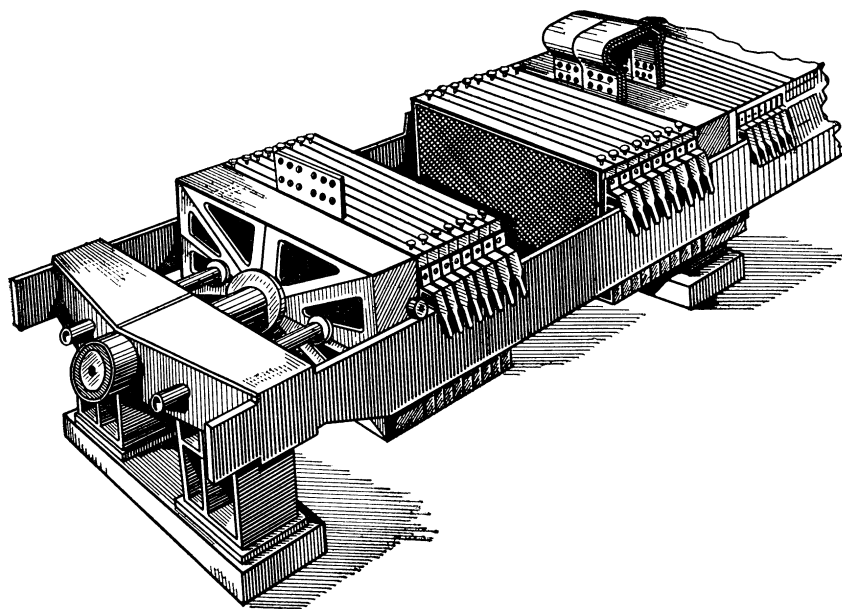


Рис.82. Биполярный фильтр-прессный электролизер с ионообменными мембранами.

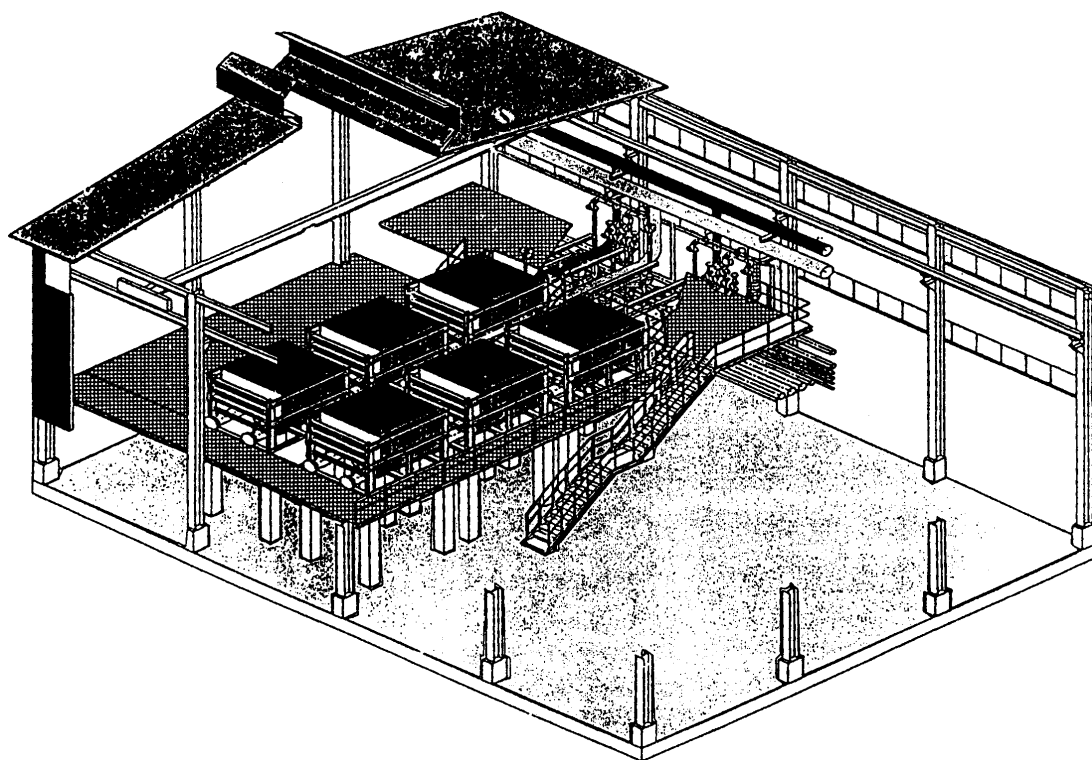


Рис.83а. Расположение электролизеров Крупн Уде в электролизном цехе.

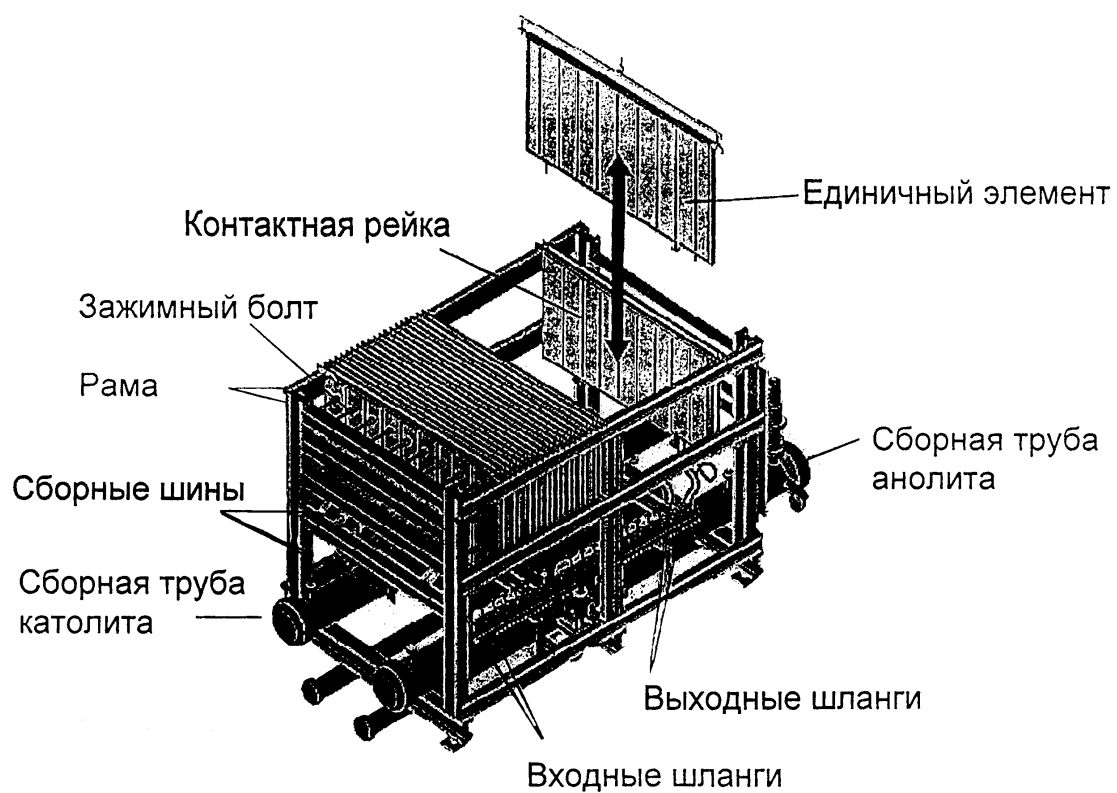


Рис.83б. Расположение единичных элементов в раме электролизера Крупн Уде.

13. ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРОКСОДИСЕРНОЙ КИСЛОТЫ, ПЕРСУЛЬФАТА АММОНИЯ И ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА

Для получения пероксодисерной кислоты и персульфата аммония в качестве анодов применяют гладкую платину. С целью экономии платины из нее выполняют только рабочую часть анода, где происходит собственно процесс окисления. токоподводы к платине изготавливают из неблагородного, но стойкого в условиях электролиза материала, например из тантала. Для токоподводов применяется также алюминий или медь. Но они должны быть защищены эбонитом или каким-либо другим стойким материалом.

Катоды для электролизеров изготавливают из свинца или графита. Катоды используют и в качестве холодильников для поддержания необходимой температуры электролита. Для этого их готовят в виде трубок (свинец) или полых охлаждаемых графитовых плит. Катодную плотность тока выбирают как можно меньшей.

Диафрагмы готовят с небольшим электросопротивлением. Применяют пористый неглазурованный фарфор, пористую керамику или пористые пластические массы, стойкие в условиях электролиза, уплотняют особым способом стеклянную ткань.

Первая конструкция электролизера для получения пероксодисерной кислоты на 1000 А представляла собой прямоугольный керамиковый сосуд. Внутри его вплотную к стенкам выкладывался свинцовый змеевик, служащий катодом и холодильником. Во внутренней части сосуда устанавливались 10 анодных ячеек. Последние состояли из пористой цилиндрической диафрагмы, в которую вставлен стеклянный цилиндрический холодильник, через середину которого проходит трубка для подачи анолита. В кольцевое пространство между стеклянным холодильником и диафрагмой, являющееся анодным пространством, помещены аноды из платиновой фольги с танталовыми токоподводами. Электролизеры устанавливаются сериями по 27 шт. и располагаются каскадно.

На рис. 84 схематично изображен разрез электролизной ячейки.

В последующее время для получения пероксодисерной кислоты были использованы ванны новой конструкции. В ванне (рис.85) в качестве диафрагм используют пористые фарфоровые трубки — длина 1 м, внутренний диаметр 2—6 мм и толщина стенки 1 мм. В диафрагменную трубку вставляют анод, состоящий из серебряной проволоки диаметром 1,2 мм, на которую плотно надета танталовая трубка толщиной стенки 150 мк. Снаружи к танталу приварено 10 м платиновой проволоки диаметром 0,12 мм. Сорок таких анодных ячеек соединены в одну секцию на 1000—1150 А. В керамиковую ванну на 7000—8000 а, размером 1200X1100X1150 мм устанавливают семь таких секций.

С.С. Марковым и Г.А. Серышевым был изобретен платино-титановый охлаждаемый анод для получения пероксодисерной кислоты. Такой анод, который отводит тепло непосредственно из зоны образования пероксодисерной кислоты, позволил создать электролизеры на большие амперные нагрузки 14000 – 25000 А в зависимости от количества установленных анодов.

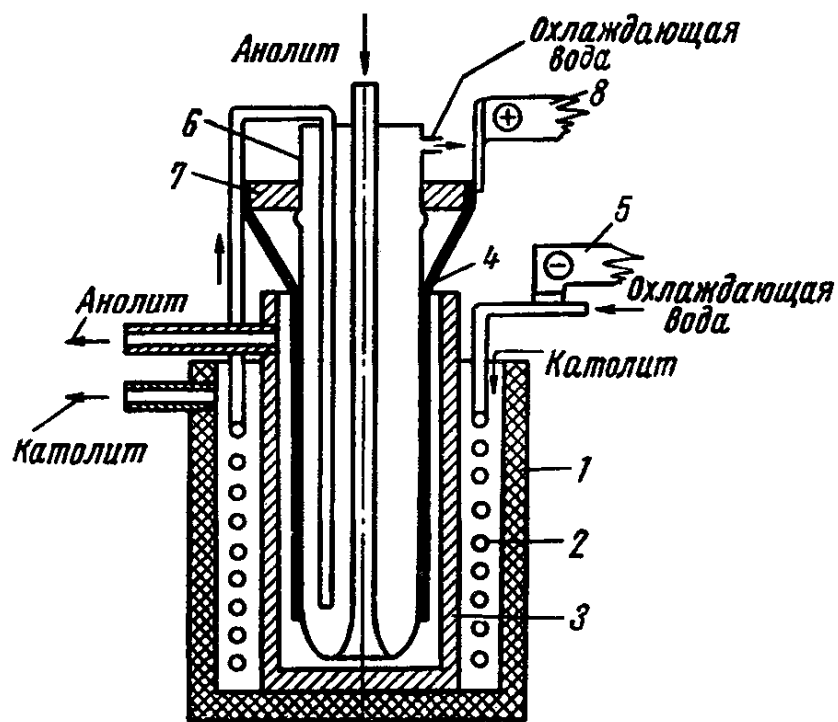


Рис.84. Принципиальная схема электролизера: 1 — керамический сосуд; 2 — свинцовый катод-холодильник; 3 — диафрагма керамиковая; 4 — платиновый анод; 5 — катодный токоподвод; 6 — полый стеклянный холодильник; 7 — свинцовое кольцо, распределяющее ток между анодами; 8 — анодный токоподвод

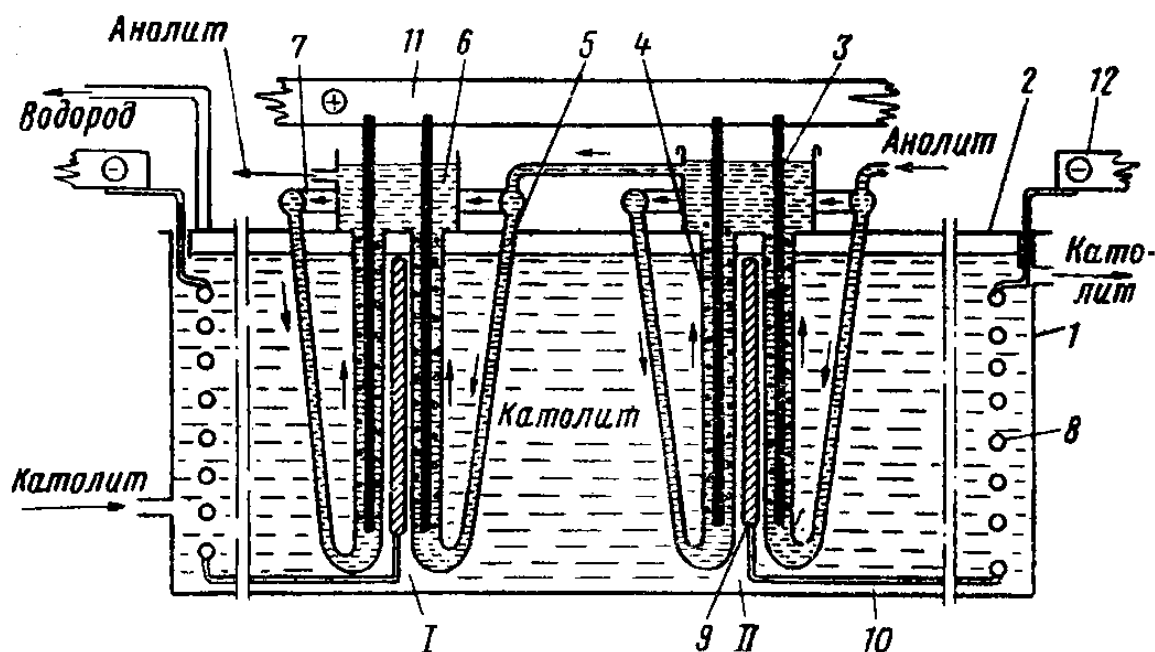


Рис.85. Электролизер для получения надсерной кислоты: 1 — корпус; 2 — крышка-колокол; 3 — анодные стержни; 4 — трубки-диафрагмы; 5 — переточные трубки; 6 — сборные желоба для анолита; 7 — распределительная гребенка для анолита; 8 — свинцовый холодильник; 9 — свинцовые катоды; 10 — токоподвод к катодам; 11 — анодная шина; 12 — катодная шина; I, II — секции электролизера

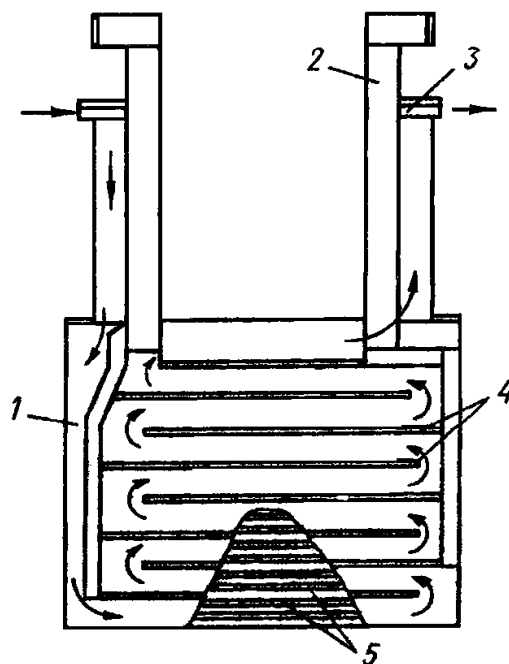


Рис.86. Платино-титановый охлаждаемый анод для получения пероксодисерной кислоты: 1 – титановая коробка; 2 – алюминиевые шины; 3 – трубки для подачи и отвода охлаждающей воды; 4 – алюминиевые полосы; 5 – платиновая фольга.

Технические характеристики анода:

- размеры коробки 780x980 мм;
- высота коробки с токоподводом 1910 мм;
- толщина анода 24 мм;
- толщина титана 2 мм;
- амперная нагрузка 2000 А;
- плотность тока на платине 5000 А/м²;
- срок службы анода не более 5 лет.

Между диафрагменными трубками помещаются катоды из свинцовых полос, к которым приварены служащие для охлаждения электролита свинцовые змеевики. Диафрагмы подвешены в пластмассовом колпаке, служащем одновременно и сборником 100%-ного водорода. Колпак по краям окаймлен желобами, из которых собирающийся в них электролит перетекает по трубкам в следующую систему ячеек.

Благодаря небольшому объему анолита в анодной ячейке циркуляция его обеспечивается за счет подъемной силы выделяющегося газа. Поэтому при использовании таких электролизеров можно отказаться от каскадного их расположения, устанавливая электролизеры на одной плоскости.

Разработана оригинальная конструкция электролизера (рис.87) для получения пероксодисерной кислоты. Анодами в этих электролизерах служит окантованная платиновая сетка, закрепленная посредством платиновых штырьков, приваренных к металлическим шинам. Последние защищены от воздействия электролита обкладками из коррозионностойкого материала. Катоды — графитовые плиты с просверленными внутри каналами, через которые циркулирует охлаждающая вода. Анодное пространство отделяется от катодного диафрагмой из силикатированного микропористого винипласта. Такого типа электролизеры могут быть построены на разную нагрузку. Рассчитанный на нагрузку 1000 А электролизер состоит из двух анодов и трех катодов. Корпус пластмассовый с разборной крышкой. Электролизные газы удаляются через коллектор, расположенный вдоль одной из продольных стен электролизера.

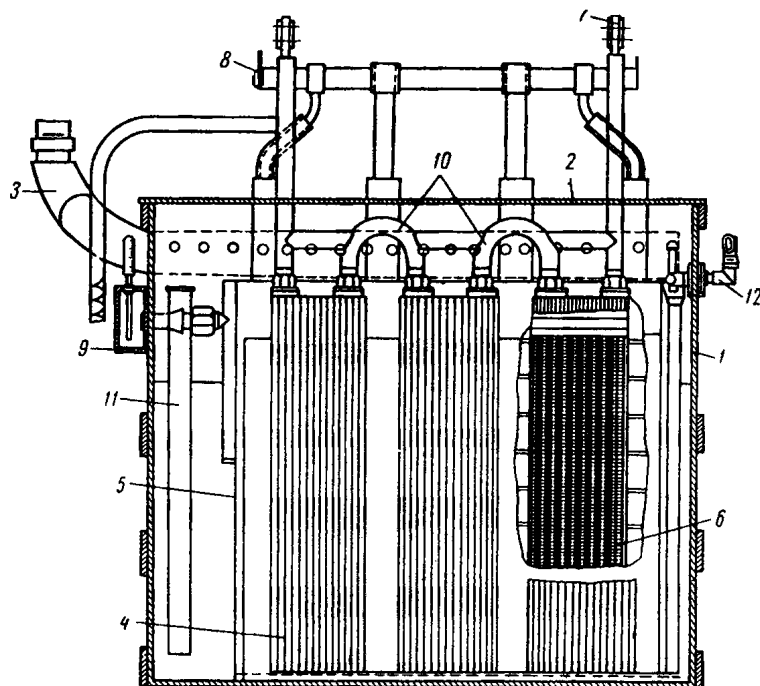


Рис.87. Электролизер для получения пероксодисерной кислоты: 1 — корпус; 2 — крышка; 3 — коллектор для отсоса газов; 4 — графитовые катоды; 5 — анодные коробки с диафрагмами; 6 — платиновый сетчатый анод; 7 — анодная шина; 8 — катодная шина; 9 — выход анолита; 10 — свинцовые трубы; 11 — труба для отвода католита; 12 — труба для ввода анолита

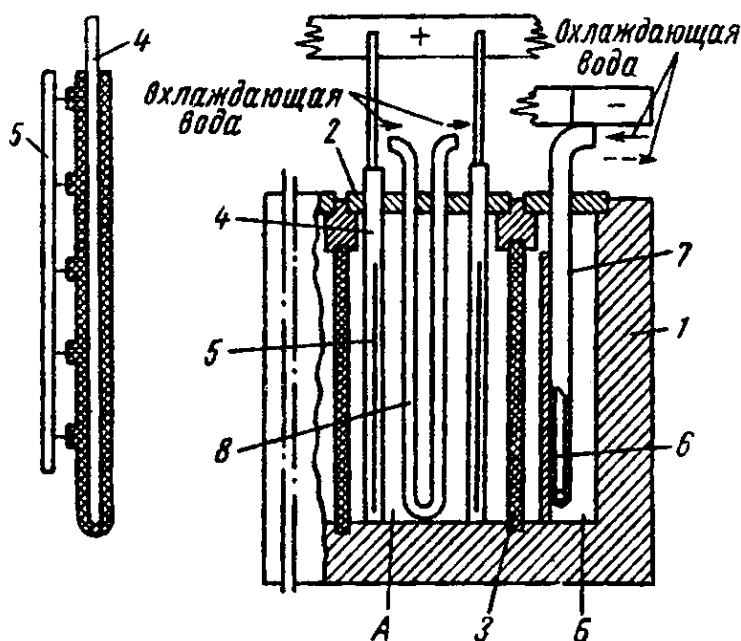


Рис. 88. Электролизер для получения персульфата аммония:

А — анодное отделение; Б — катодное отделение; 1 — керамический резервуар; 2 — крышка, 3 — фарфоровые диафрагмы, 4 — медный гуммированный стержень; 5 — анод — платиновая фольга; 6 — свинцовый катод; 7 — змеевик, 8 — трубки для охлаждения анолита

Электролизер для получения персульфата аммония (рис.88) рассчитан на нагрузку 800—900 А. Состоит он из прямоугольного керамического корпуса 1 высотой 520 мм и внутрен-

ним сечением 615X500 мм. Перегородкой электролизер разделен на две равные части. Четырьмя фарфоровыми диафрагмами 3 (плиты толщиной 2 мм и размером 300X520 мм) каждая часть электролизера разделена на два анодных пространства А и три катодных Б. В анодных пространствах помещено по восемь анодов. Анодом является платиновая фольга 350X8X0,05 мм, которая закреплена на пяти платиновых проволочках диаметром 1 мм. Последние приваривают к медным стержням 4, являющимся токоподводами. Медные стержни изолированы эбонитом. Для охлаждения анолита в анодные пространства помещены стеклянные трубки 8, через которые протекает охлаждающая вода. Катоды 6, помещенные в катодных пространствах около диафрагменных перегородок, состоят из перфорированных свинцовых пластин с припаянными к ним свинцовыми змеевиками 7 для охлаждения.

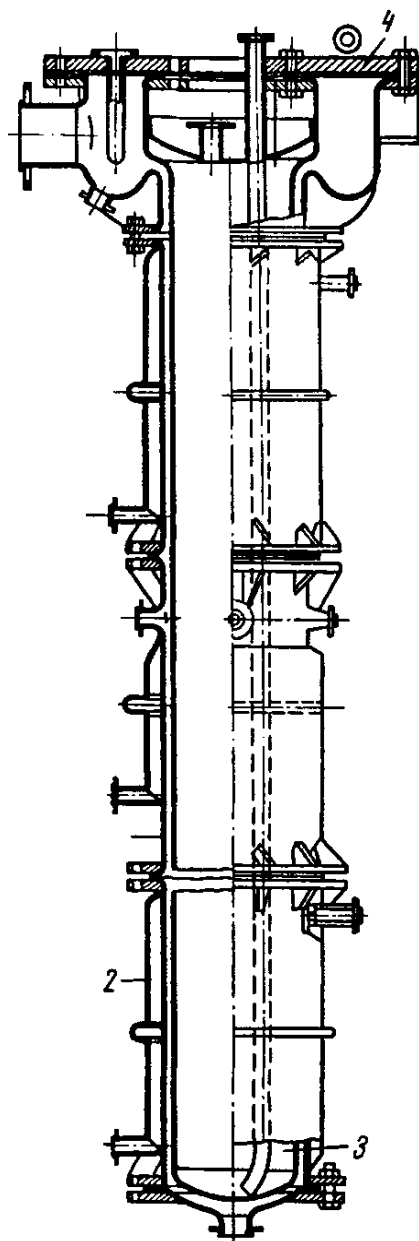


Рис.89. Гидролизер эмалированный: 1 – стальной аппарат; 2 – паровая рубашка; 3 – стакан; 4 - крышка.

Кислый раствор сернокислого аммония, содержащий 300 г/л H_2SO_4 и 200 г/л $(NH_4)_2SO_4$, тремя параллельными потоками через патрубки поступает в катодные пространства правой половины электролизера. Затем, пройдя через отверстия в перегородках, он поступает в ле-

вую ее половину и вытекает из нее.

Электролизеры, как и при получении пероксодисерной кислоты, устанавливаются сериями по 10 шт в каскаде.

На рис.89 показан аппарат-гидролизер, используемый в больших производствах H_2O_2 . Он представляет собой вертикальный стальной сварной аппарат, состоящих из отдельных царг, снабженных паровыми рубашками. В аппарат вставляются стаканы, поверхность которых, соприкасающаяся с H_2O_2 , эмалирована и равна $8,5 \text{ м}^2$. Обогрев осуществляется паром под давлением $29,43 \cdot 10^4 \text{ Па}$, который поступает как в паровые рубашки, так и во внутрь эмалированного стакана. Электролит, содержащий $H_2S_2O_8$, подают снизу. Пары пероксида водорода и воды вместе с H_2SO_4 отсасываются сверху.

14. ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЫ В ГИДРОЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИИ

Электролитическое рафинирование меди ведут в электролизерах, которые изготавливают монолитными из железобетона, собирая их в блоки по 10 – 20 ванн, а затем в серии, состоящие, как правило, из двух блоков.

Применяют также ванны из сборных конструкций; например, балки и стенки из железобетона, а дно из дерева, или балки и продольные стенки из железобетона, а торцовые стенки и дно из дерева. Собирают ванны и целиком из железобетонных частей. Некоторые заводы применяют монолитные блоки из кислотоупорного бетона. Учитывая агрессивность электролита, содержащего серную кислоту высокой концентрации, внутреннюю часть ванн футеруют. На многих заводах внутреннюю облицовку ванн делают из свинца с 2 – 3 % сурьмы или заменяют листовым винилпластом толщиной 10 – 15 мм. Также применять футеровку из поливинилхлорида.

Железобетонная ванна изображена на рис.90 а и б. Внутренние размеры ванны не стандартизованы. Длина ванны определяется толщиной и числом электродов, а также расстоянием между ними. Кроме того, между стенкой и крайними катодами должно быть оставлено расстояние 155 мм и 205 мм (последняя величина — со стороны ввода электролита). Ширина ванны равна ширине катода плюс два промежутка по 50 мм до стенки ванны. Глубина ванны определяется длиной катода плюс 50 мм выше уровня электролита и 100—150 мм ниже кромки катода. Примерные размеры ванн: длина от 3,5 до 5,5 м, ширина от 1 до 1,1 м и глубина 1,2—1,3 м.

Размеры электродов на разных заводах различны. В основном используют аноды больших размеров—860x860 мм, и в последние годы наблюдается тенденция к дальнейшему увеличению размеров до 914x914 мм и выше. Масса анодов на некоторых заводах достигает 350 кг. Толщина анодов равна 35—45 мм.

При выборе толщины анода приходится учитывать, что более толстые аноды позволяют сократить трудовые затраты, связанные с загрузкой и выгрузкой анодов и очисткой ванн от шлама. Они дают меньший процент скрапа. Но применение более толстых анодов связано с повышением расхода электроэнергии (в среднем при этих анодах будет длиннее расстояние между плоскостями анода и катода). Для более равномерного распределения тока по поверхности катода катоды изготавливают шире анодов на 30 мм и нижняя их кромка на 20 – 30 мм ниже кромки анодов. При одинаковых размерах катодов и анодов силовые линии в большей мере концентрируются у краев и углов, в этих местах начинают расти дендриты и шишки.

Катоды, применяемые в гидроэлектрометаллургии, могут быть подразделены на катоды-матрицы, с которых снимают наращиваемый слой металла определенной толщины, и катоды-основы, которые вместе с наращиваемым металлом поступают на переплавку или прямо к потребителю. В качестве матричного металла используют алюминий, титан или нержавеющую сталь (металлы, не обладающие высоким сцеплением с осаждаемым металлом).

Катоды-основы, получаемые в матричных ваннах, должны обладать высокой пластич-

ностью, равномерной и тонкой структурой, не иметь трещин и шишек. Для этого используют особо чистый электролит и плотность тока ниже обычной.

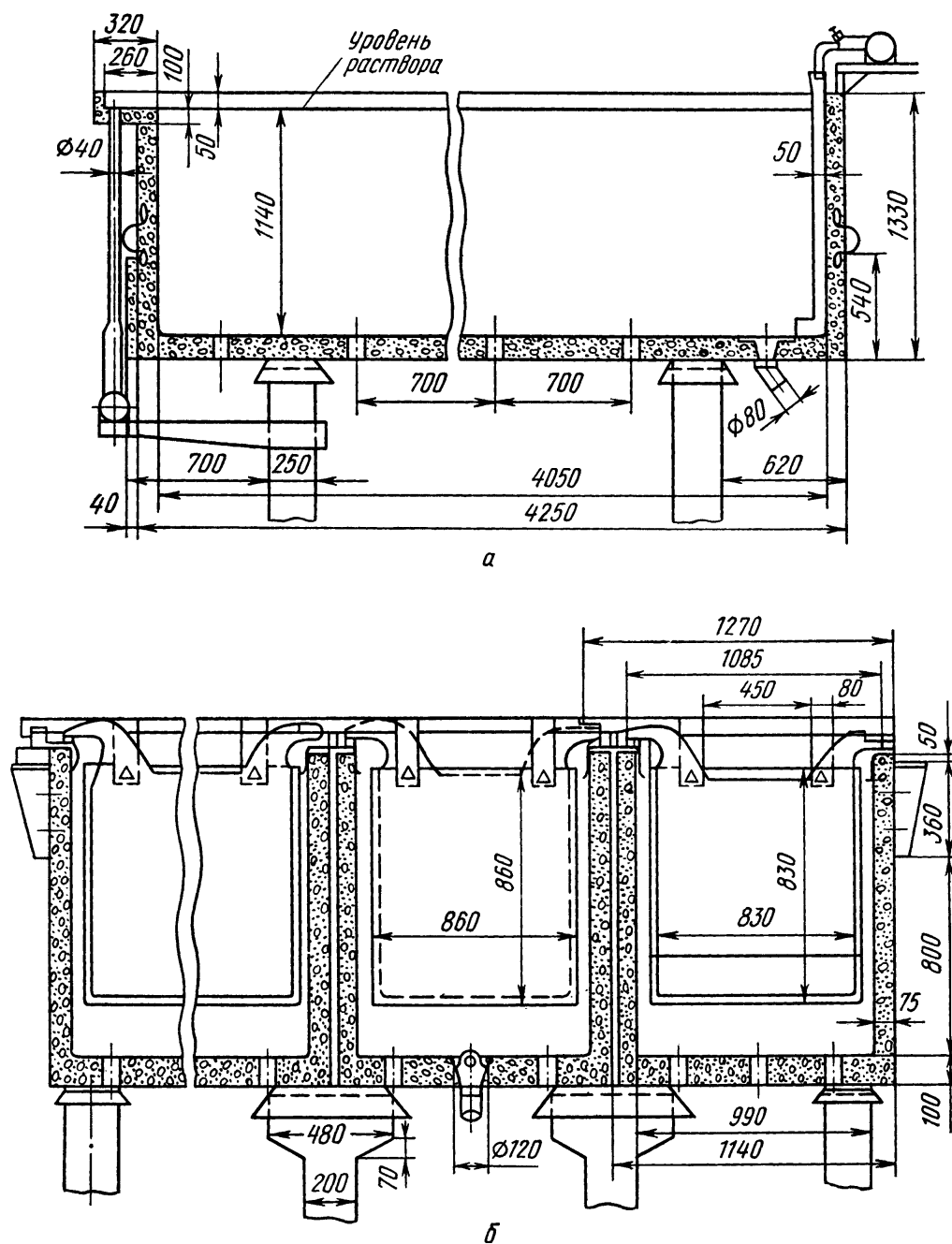


Рис.90. Продольный разрез железобетонной ванны для электролитического рафинирования меди (а) и поперечный разрез через блок железобетонных ванн (б)

Ванны для рафинирования никеля обычно изготавливают из железобетона и футеруют рубероидом и кислотостойким кирпичом (рис.91). Ванны делают сдвоенными, и устанавливают на изоляторах, на кирпичных или железобетонных колоннах или балках. С одного торца каждой ванны устанавливают коробки для забора и слива анолита в желоб, идущий вдоль ряда ванн в первом этаже цеха электролиза.

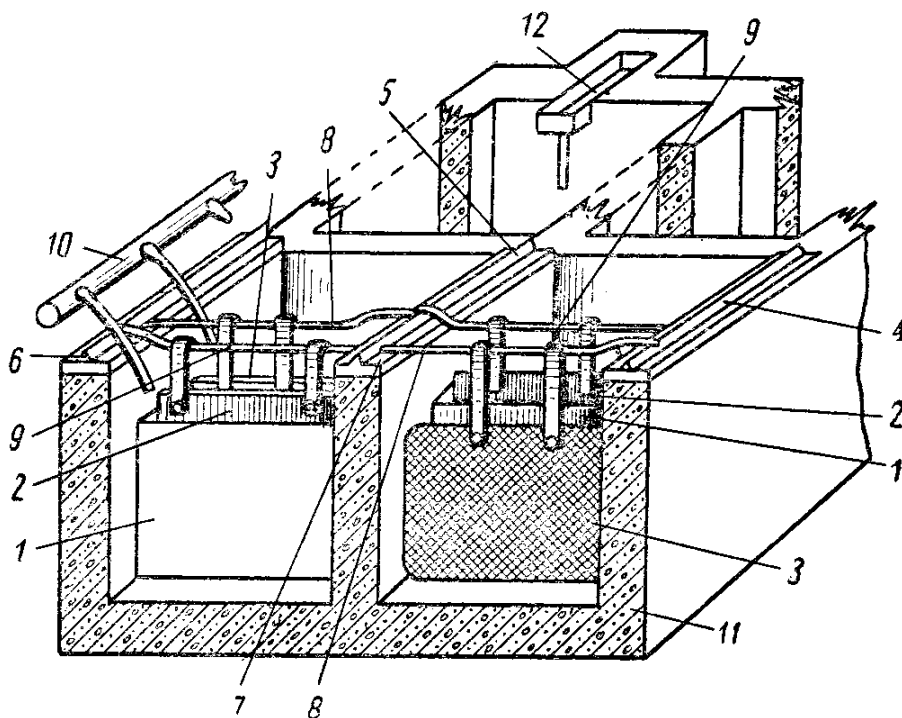


Рис.91. Электролизер для электролитического рафинирования никеля: 1 – катодная диафрагма; 2 – катод; 3 – анод; 4 – анодная шина; 5 – промежуточная шина; 6 – катодная шина; 7 - изолирующие прокладки; 8 – анодная штанга; 9 – катодная штанга; 10 – подача электролита к катодам; 11 – корпус; 12 – сливной карман.

Ванны обычно имеют следующие размеры: ширина - около 1000 мм, глубина 1300-1400 мм. Длина же зависит от числа электродов ванне (расстояние между электродами 180 - 200 мм) и колеблется в пределах 6500 - 6700 мм. Ванны соединяются в серии последовательно по 60-80 штук. Сила тока на ванне около 10000 А, напряжение - 2 В, к концу срока до 4 В. Выход по току составляет 94 - 97%.

Аноды, навешиваемые в ванны имеют размеры (700÷750x800÷900), вес анода до 250-300 кг. Аноды подвешиваются на штангах из стальных труб, покрытых медью. Аноды служат 15-30 суток, выход скрапа при этом составляет 15-20%.

Осаждение никеля проводится на специально приготовленных никелевых основах, которые получают в отдельных ваннах на листах из нержавеющей стали или титане. После 12-24 часов электролиза матрицы вынимают из ванн, сдирают с них никелевые листы и к листам приваривают ушки.

Электролит подается в ванны при помощи резиновых трубок, на концы которых надевают насадки с калиброванными отверстиями, регулирующими скорость поступления раствора. Скорость циркуляции выбирается такая, чтобы в катодите оставалось не менее 30 г/л никеля и обычно составляет 10÷20 л/ч на одну диафрагму. Выходящий из ванны электролит поступает на очистку, шлам поступает на переработку и извлечение из него металлов платиновой группы, а нерастворимые остатки анодов после промывки направляются на переплавку.

В процессе электролиза и очистки растворов часть никеля теряется с раствором, а также выводится с промежуточными продуктами. Для поддержания постоянной концентрации никеля, в электролит добавляют сульфат никеля, который готовится в специальных ваннах. В этих ваннах анодами служат либо новые, либо не полностью сработанные в электролизных ваннах аноды.

Катодами являются листы из нержавеющей стали или никеля, электролит - H_2SO_4 .

Ванны для электроосаждения цинка (рис.92) изготавливают из железобетона или де-

ревянными (рис.93), которые изнутри покрыты свинцом или винипластом, имеют приспособление для подвода и слива электролита и для его охлаждения.

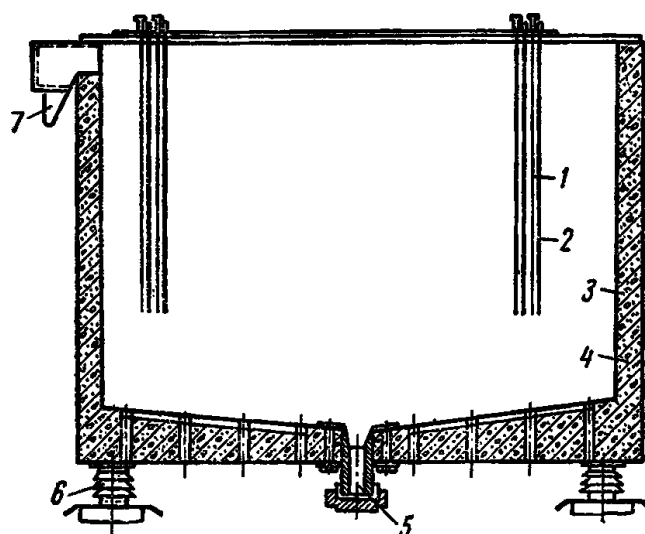


Рис.92. Железобетонная ванна для электролитического получения цинка: 1 – катод; 2 – анод; 3 – корпус; 4 – футеровка; 5 – сливной патрубкок; 6 – изолятор; 7 – сливной карман.

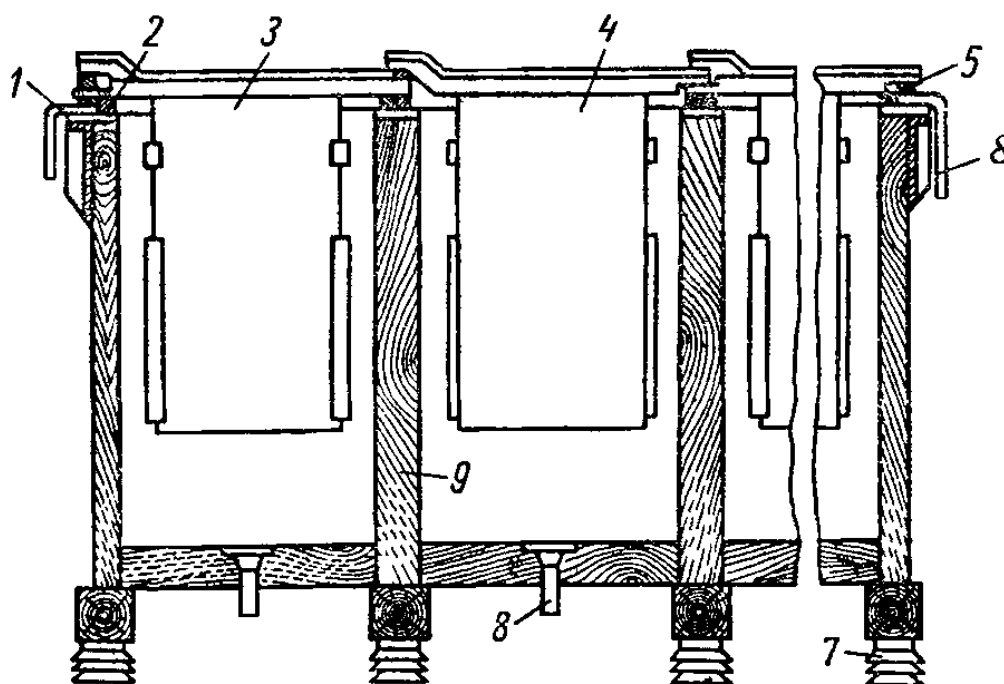


Рис.93. Блок деревянных ванн для электролитического получения цинка (поперечный разрез): 1 – катодный токоподвод; 2 – катодная шина; 3 – анод; 4 – катод; 5 – анодная шина; 6 – анодный токоподвод; 7 – изолятор; 8 – сливной патрубкок; 9 – корпус.

Ванны бывают: индивидуальные, сдвоенные, групповые. В сдвоенных ваннах продольной внутренней перегородкой ванна разделена на две равные части. Групповые ванны представляют собой прямоугольный бак с несколькими продольными перегородками.

Ванны имеют следующие размеры: длина 2 – 3 м, ширина 0,8 – 0,9 м, высота более 1 м.

Ванны из дерева сохранились в старых цехах, так как они очень устойчивы в работе, легко ремонтируются. Эти ванны изготовляли из хорошо высушенных высококачественных брусьев прямоугольного сечения (обычно сосна). В стенках, которые несут тяжесть электро-

дов, брусья стоят вертикально. Отдельные части ванн скреплены болтами. Корпуса ванн покрывали каменноугольной смолой для уплотнения и защиты от разрушающего действия электролита. Внутри ванны выложены слоем свинца толщиной 2,5—4 мм, сплавом свинца с сурьмой, резиной, а в последнее время чаще листами пластических масс толщиной 6—12 мм, из которых сваривается цельная коробка. Иногда применяется многослойная футеровка, возможна изоляция асфальтом, керамической плиткой и другими коррозионно-стойкими материалами.

15. ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ РАСПЛАВОВ

Производство алюминия

Электролизер для получения алюминия состоит из трех основных узлов: катодного устройства, анодного устройства, системы ошиновки.

Катодное устройство имеет вид стального кожуха. Его внутренняя часть футерована угольными блоками и плитами. Внизу кожуха уложены подовые угольные блоки — собственно катод. В нижнюю часть подовых блоков перед установкой в электролизер заливают чугуном стальные катодные стержни, служащие для подвода тока к подине. Боковую футеровку электролизера выполняют из угольных плит. Швы между подовыми блоками заделывают подовой массой.

По конструкции анодного устройства электролизеры делятся на два типа:

- с обожженными анодами;
- с самообжигающимися анодами, которые бывают с боковым анодным токоподводом и верхним токоподводом.

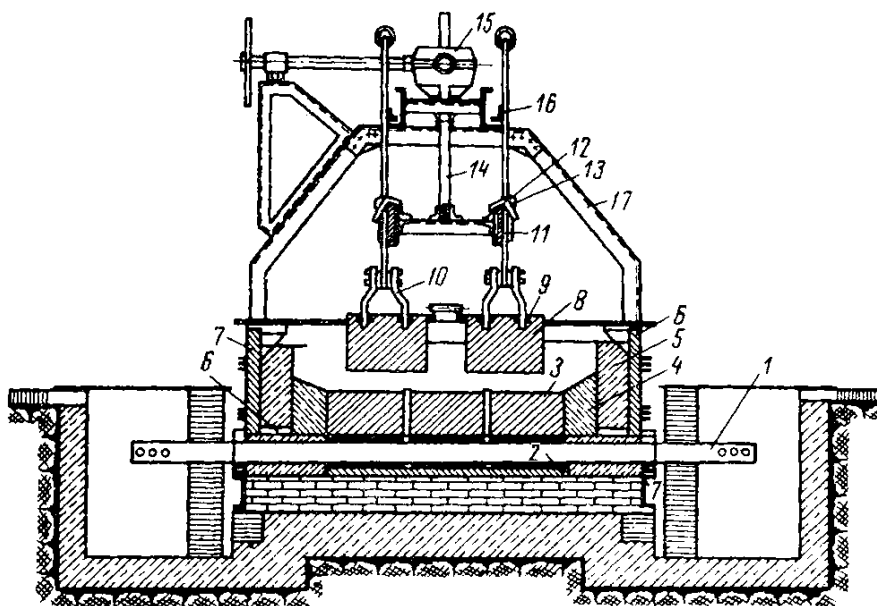


Рис.94. Электролизер с обожженными анодами: 1 — катодный стержень; 2 — заливка чугуном; 3 — подовый блок; 4 — угольная масса; 5 — угольная боковая футеровка; 6 — огнеупорный кирпич; 7 — кожух электролизера; 8 — анод; 9 — чугунная заливка ниппеля; 10 — стальные полосы; 11 — анодная шина; 12 — стальной хомут; 13 — клин; 14 — подъемный винт; 15 — редуктор; 16 — анододержатель; 17 — рама

Электролизеры с обожженными анодами (рис.94) — наиболее старая конструкция, которая, однако, находит применение и в настоящее время. Анодная система в них состоит из двух рядов обожженных блоков (14—16 шт.), подвешенных к токоподводящей шине. Шины укрепляют на анодной раме, которая с помощью подъемного механизма поднимается или опускается.

Электролизер с самообжигающимся анодом представляет собой конструкцию с одним анодом. Анодное устройство электролизера состоит из собственного угольного анода, который формируется и спекается в алюминиевом каркасе (анодной рубашке), анодной рамы и подъемного механизма. Сверху в каркас загружают анодную массу. Под действием тепла анода она становится полужидкой. По мере срабатывания анода и опускания его угольная масса передвигается в зону более высокой температуры. Там она коксует. В нижней части анода углеродистая масса полностью спекается, становится монолитной и электропроводной. На рис.95 схематически представлен разрез ванны с самообжигающимся анодом; токоподвод боковой.

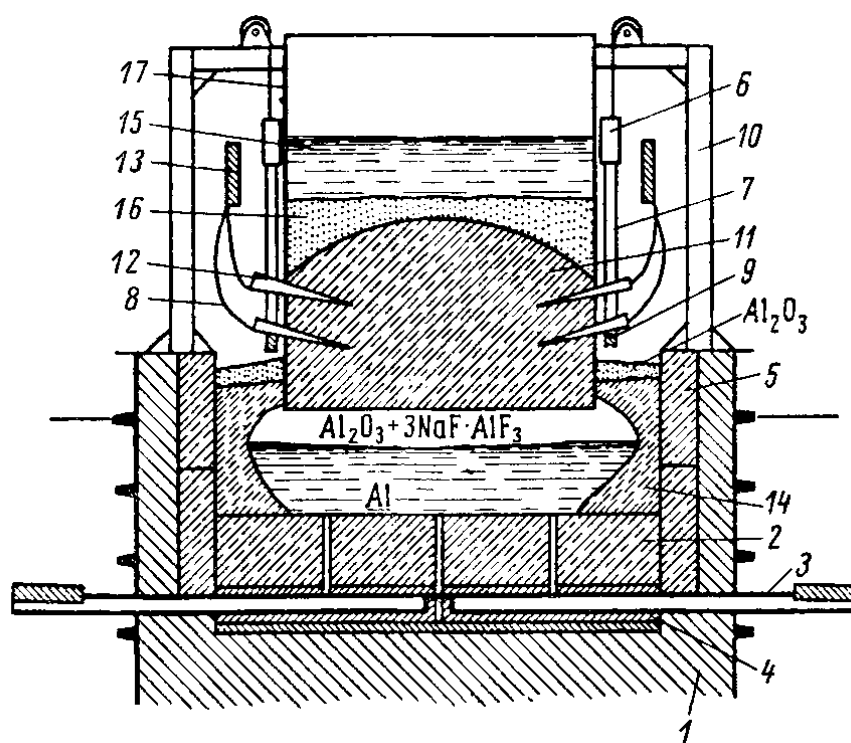


Рис.95. Схематический разрез ванны с самообжигающимся анодом с боковым токоподводом: 1 — шамотный кирпич; 2 — угольные блоки; 3 — катодный стержень; 4 — чугунная заливка; 5 — угольная плита; 6 — рама анода; 7 — ребра жесткости обечайки; 8 — гибкие шины; 9 — серга; 10 — опорная конструкция анода; 11 — анод; 12 — токоподводящий стержень; 13 — медная шина; 14 — гарнисаж; 15 — жидкая анодная масса; 16 — тестообразная анодная масса; 17 — алюминиевая обечайка анода

В последнее время наибольшее распространение получили одноанодные электролизеры с самообжигающимся анодом в стальном неподвижном каркасе, имеющем верхний токоподвод (рис.96). Система верхнего токоподвода упрощает обслуживание аппарата. Такие электролизеры выпускаются на нагрузку 125—150 кА. Во всех электролизерах защиту стенок осуществляют при помощи гарнисажа.

Нормальная работа электролизера характеризуется следующими показателями: температура электролиза 940—960°C; рабочее напряжение 4—4,5 В; межэлектродное расстояние 4—5 см; выход по току 80—90%, расход на 1 тонну алюминия электроэнергии 16100—16200 кВт·ч.

Питание ванны глиноземом производят по мере его расходования. Глинозем предварительно подают на корку электролита, где он подсушивается. Кроме того, глиноземом предупреждают или ликвидируют анодные эффекты! Поэтому при приближении анодного эффекта около анода пробивают корку и погружают в расплав глинозем вместе с коркой.

Во время работы следят за состоянием анода. Раз в 7—10 дней подгружают анодную массу. Алюминий из ванны выбирают вакуум-ковшом раз в 3—4 суток.

Должна хорошо работать система отсоса из ванн, так как образующиеся анодные газы содержат окись углерода, фтористый водород и смолистые вещества.

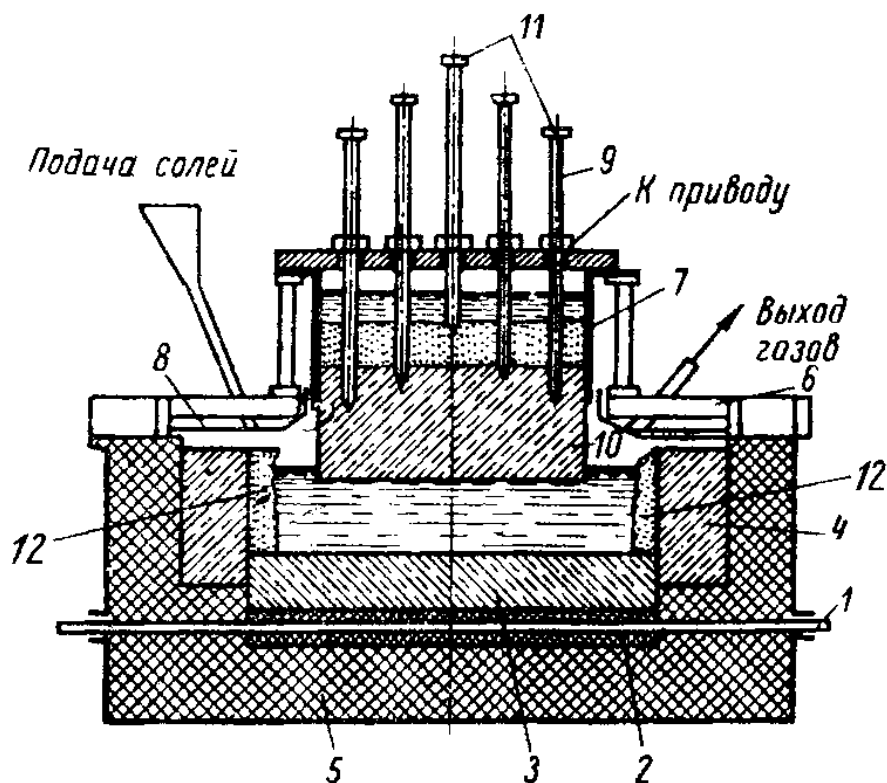


Рис.96. Схема электролизера с самообжигающимся анодом с верхним токоподводом: 1—катодный стержень; 2—чугунная заливка; 3—подовый блок; 4—угольная футеровка; 5—футеровка; 6—опорная конструкция анода; 7—короб из листовой стали; 8—крышка; 9—токоподводящие и несущие стержни анода; 10—анод; 11—анодные шины; 12—гарниз

Производство натрия из расплава едкого натра

Промышленное получение натрия электролизом расплавленного едкого натра было осуществлено в электролизе Кастнера. Отличительные признаки этого электролизера: ввод катода снизу через дно электролизера и разделение анодного и катодного пространств диафрагмой из металлической сетки (рис.97).

Электролизеры Кастнера при нагрузке 1250 а вмещали 120—150 кг электролита; напряжение 5 В при катодной плотности тока 2 А/см², анодной плотности 1,5 А/см² и расстоянии между электродами 20—30 мм. Температура в электролизерах 310—320° С. Создавалась она за счет джоулева тепла, выделяемого током. При работе на чистом едком натре средний выход по току был 38—40%, расход энергии — 15 кВт·ч на 1 кг натрия.

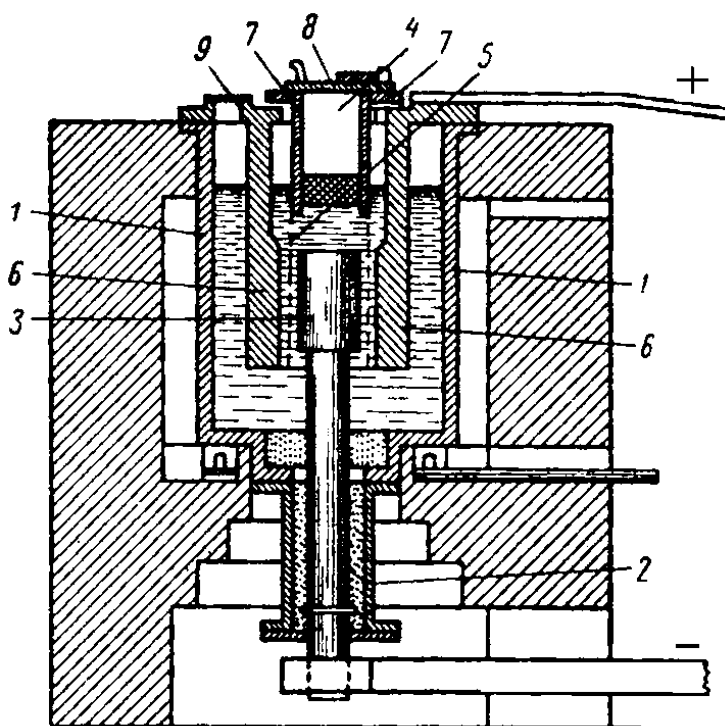


Рис.97. Электролизер для получения натрия из расплава едкого натра (Кастнера): 1 — котел; 2 — трубус; 3 — катод; 4 — сборник натрия; 5 — сетка-диафрагма; 6 — анод; 7 — прокладка; 8 — крышка сборника; 9 — выход газов

Была разработана оригинальная отечественная конструкция электролиза на 4200 а (рис.98). Прямоугольный корпус 1 из котельной листовой стали толщиной 8—10 мм имеет размеры 1000X1000x500 мм. В днище корпуса приварены две прямоугольные катодные трубки 2, через которые пропускают катододержатели 3. В верхней части к ним прикреплены катоды в виде гребенки 11, изготовленные из полосовой меди. В нижней части при выходе из дна электролизера они соединяются с ошиновкой серии. Катододержатели в катодных трубках заливают чистым едким натром, имеющим температуру плавления выше, чем применяемый в качестве электролита содовый расплав. Застывший едкий натр удерживает катоды в нужном вертикальном положении.

Катодная гребенка состоит из 12 медных полосок размером 3X20X210 мм, приваренных к горизонтальной медной шине зубцами вниз. В каждом электролизере четыре катода. Сверху в электролизер погружают два сборника 4 — по одному на каждую пару катодов. Сборники снабжены чугушной крышкой для выбора натрия, а также трубками 6 для ввода и вывода азота.

С двух длинных противоположных сторон сборника приваривают анодные карманы 5. Они отделены от внутреннего катодного пространства сборника плотными стальными или никелевыми сетками-диафрагмами репсового плетения. Аноды 7 изготовлены из никелевых листов размером 200X700 мм и толщиной 2—3 мм в виде жалюзи. Они прикрепляются к никелевым толстым стойкам, соединенным с общей стальной анодной штангой. Сетки диафрагмы 9 укрепляют на одной из сторон каждого анодного кармана, обращенной к катоду.

Охлаждают католит, просасывая воздух через продухи 8. Выше уровня электролита создается корка 12. Между нею и уровнем электролита создают буферное газовое пространство.

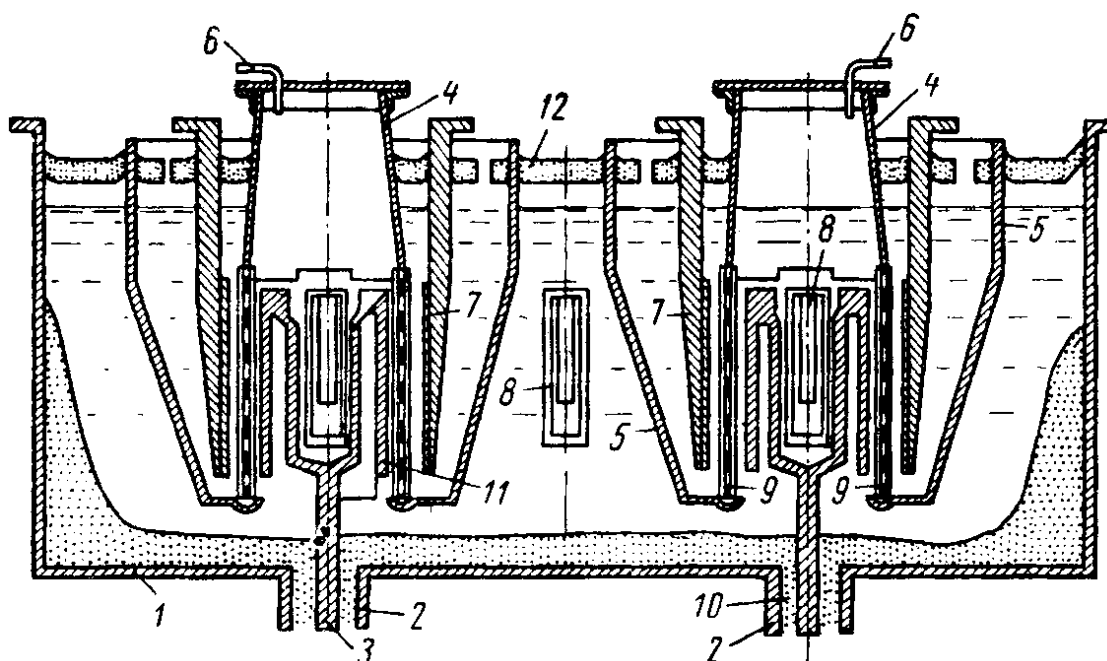


Рис.98. Электролизер для получения натрия из расплава едкого натра: 1 — корпус ванны; 2 — катодная трубка; 3 — катодная шина; 4 — сборник натрия; 5 — анодный карман; 6 — трубка для отвода азота; 7 — анод; 8 — продухи для охлаждения католита; 9 — сетка-диафрагма; 10 — изолятор катода от корпуса; 11 — катодная гребенка; 12 — корка электролита

Если хорошо обезвожен и очищен электролит и выдерживается технологический режим, то при катодной плотности тока $1,3\text{--}2,0\text{ А/см}^2$ и анодной плотности до 1 А/см^2 электролизер работает с выходом по току $50\text{--}54\%$ при напряжении $4,5\text{--}5,5\text{ В}$.

Необходимый для заливки электролизеров содовый расплав и для питания ванн во время работы несодовый расплав готовят в специальных котлах, где проводятся плавка, обезвоживание и очистка электролита.

Через $45\text{--}60$ дней, когда содержание кальцинированной соды в электролизерах достигнет 20% , их опорожняют и заливают свежим содовым расплавом с 12% соды. Слитый электролит продают как каустик пониженного качества.

Получаемый в электролизерах натрий периодически вычерпывают сетчатой металлической ложкой и передают на рафинирование, откуда его разливают в тару.

Шлам из рафинеров поступает в специальные электропечи для дополнительного извлечения из него натрия, после чего он поступает на уничтожение.

Получение натрия из расплава хлористого натрия

Первое промышленное получение натрия электролизом расплавленного хлористого натрия было осуществлено из фтористого электролита в электролизерах Даниэля— Лонца, а в СССР — в электролизерах Монастырского— Мурашкина. Сейчас они не эксплуатируются.

В настоящее время для получения натрия используются цилиндрические электролизеры с центральным анодом. Электролизеры этого типа могут работать на нагрузке до 50000 А .

На рис.99 представлена конструкция электролизера Даунса на 24000 А . Электролизер состоит из вертикального цилиндрического стального кожуха 1, футерованного изнутри огнеупорным и изолирующим кирпичом, а снаружи защищенного съемной теплоизоляцией 3. Кожух состоит из обечайки и днища с отверстиями для ввода анода. Днище футеровано огнеупорным кирпичом.

Катод 8 имеет цилиндрическую форму. Он снабжен токоподводами 9, проходящими

через кожух и соединенными с токоподводящими шинами. Внутри катода расположен анодный комплект 5, состоящий из восьми точно обработанных графитовых блоков. Они проходят через дно электролизера. В нижней, выступающей, части анодного блока расположены стальные плиты с трубками 6, служащими для охлаждения анодного контакта водой.

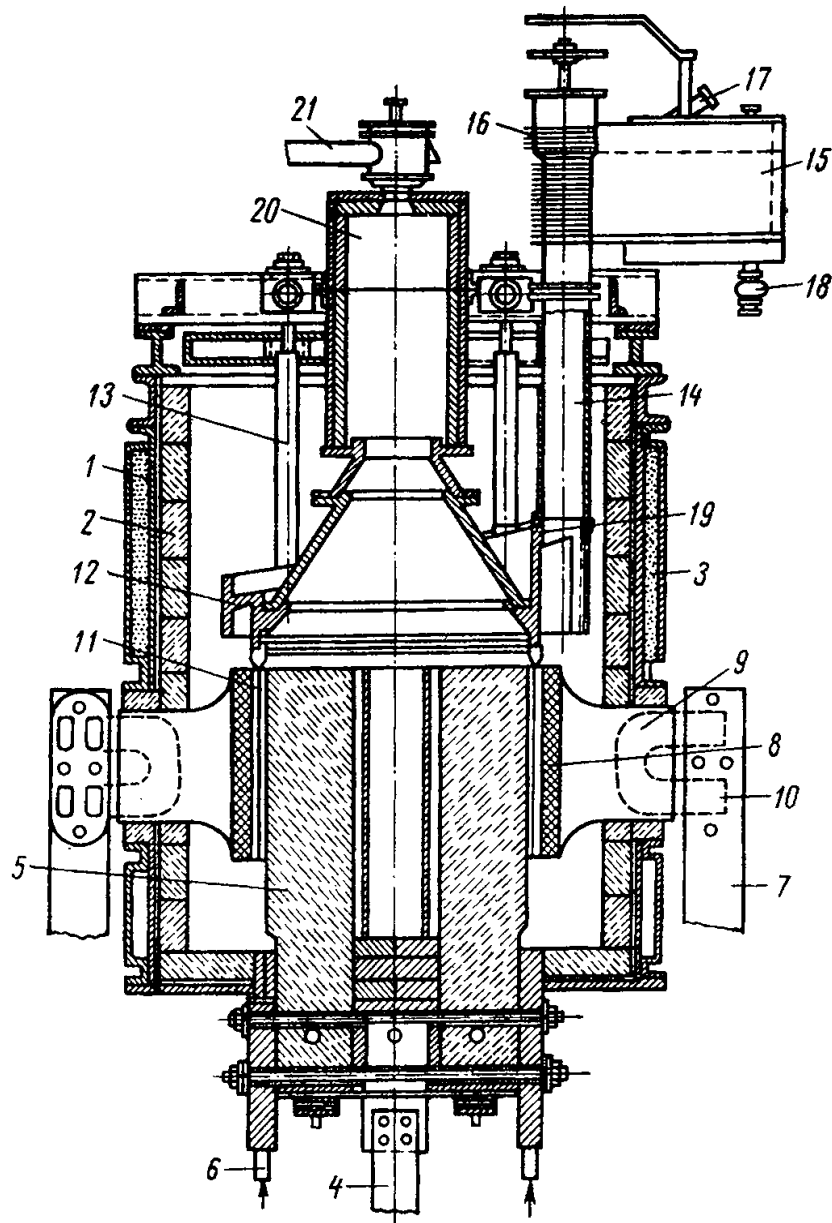


Рис.99. Электролизер для получения натрия из расплава поваренной соли (Даунса) на 24 000 А: 1 — кожух; 2 — футеровка; 3 — съемная теплоизоляция; 4 — анодная шина; 5 — анод; 6 — трубка для охлаждения анодного контакта; 7 — катодные шины; 8 — катод; 9 — катодные штанги; 10 — трубка для охлаждения катодного контакта; 11 — сетка-диафрагма; 12 — желоб для сбора натрия; 13 — стяжки; 14 — стояк; 15 — сборник натрия; 16 — охлаждающие ребра; 17 — отверстия для чистки; 18 — кран для слива натрия; 19 — конусы; 20 — хлоросборная камера; 21 — труба для отвода хлора

Сверху в электролизер опущены кольцевой желоб 12 для сбора натрия, сетка-диафрагма 11 и хлоросборная камера 20. Сетка-диафрагма наверху привинчена к стальному кольцу, которое, в свою очередь, прикреплено к колпаку для сбора натрия. Сборник прикреплен к фланцу натриевого стояка.

Выделяющийся на катоде натрий через наклонный сборный желоб направляется в сто-

як 14, из которого перетекает в сборник 15. В стояке, как и в сборнике, в который вводится азот, имеются вращающиеся скребки для очистки стенок. Из сборника натрий выпускается через сливной кран 18.

Хлор, выделяющийся на аноде, попадает в хлоросборную камеру через конусы 19. Металлическая хлоросборная камера, изнутри футерованная кирпичом, проходит через крышку электролизера и с помощью трубы 21 соединяется с хлорным коллектором. Крышка электролизера состоит из двух половин с прорезями для хлоросборной камеры, натриевого стояка, стяжек и отверстием для загрузки сухой соли.

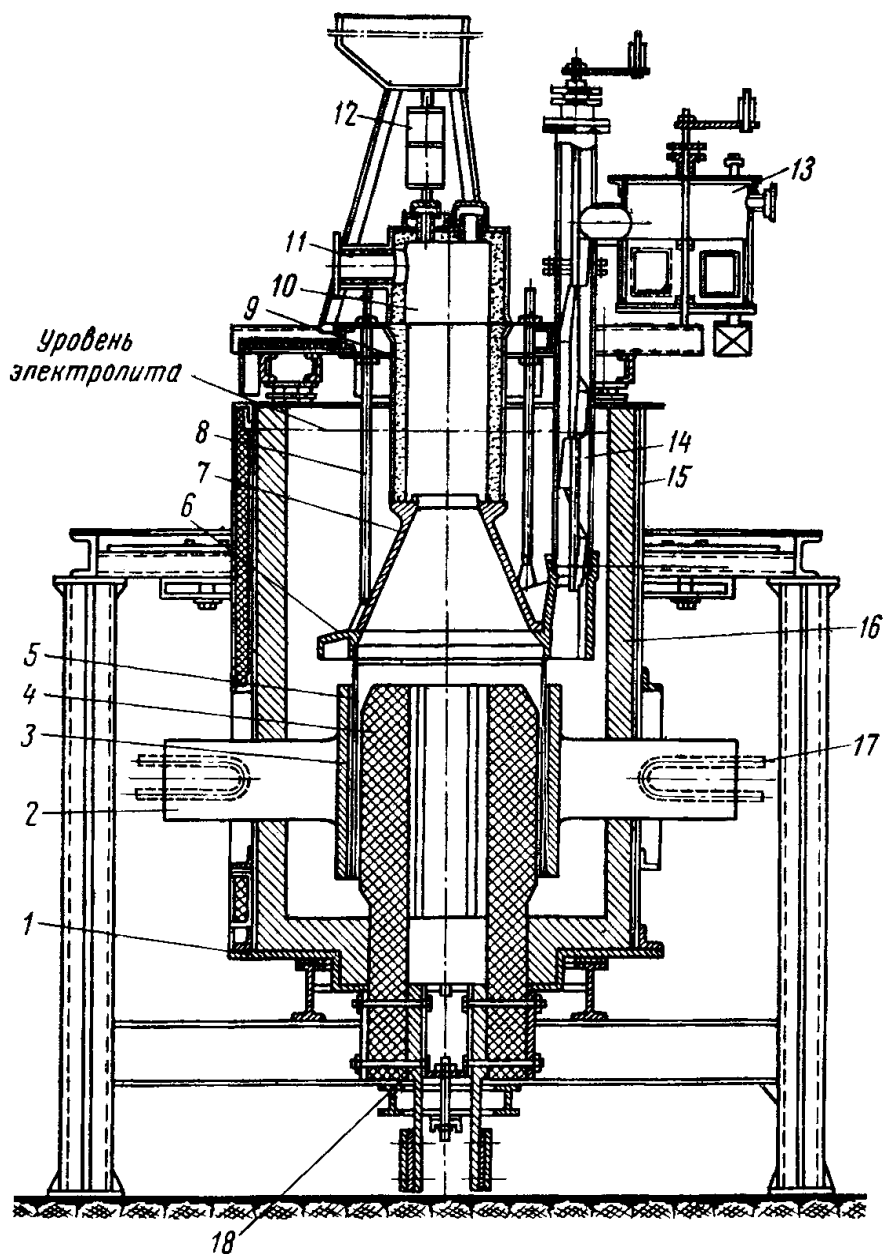


Рис.100. Электролизер для получения натрия из расплава поваренной соли на 18 кА: 1 — плита; 2 — катодный токоподвод; 3 — катод; 4 — анод; 5 — сетка диафрагма; 6 — катодный колпак; 7 — конус (диффузор); 8 — стяжной болт- 9 — футеровка камеры; 10 — хлоросборная камера; 11 — труба для отвода хлора; 12 — питатель; 13-сборник; 14 — стояк; 15 - кожух; 16 — кладка; 17 и 18 — трубы для подачи охлаждающей воды

Основные характеристики электролизера на 24000 А:

– выход по току (приблизительно) - 78 %

- напряжение (начало работы электролизера) - 5,7 В
- температура в электролизере - 585÷595 °С
- длительность работы электролизера и анода - 300÷350 сутки
- длительность работы диафрагмы - 20÷30 сутки
- катодная плотность тока - 9700 А/м²

Разработаны и испытаны оригинальные конструкции цилиндрических электролизеров на 18000, 30000 и 50000 А.

На рис. 100 приведена конструкция электролизера на 18 кА.

Литература

1. Варыпаев В.И. Введение в проектирование электролизеров. Учебное пособие. – Л.: ЛТИ, 1991.
2. Варыпаев В.Н., Максимова И.Н. Электролиты в прикладной электрохимии. – Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1990.
3. Виноградов С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчет производства, нормирование. – М.: Глобус, 2002.
4. Дасоян М.А., Пальмская И.Я. Оборудование цехов электрохимических покрытий. – Л.: Машиностроение, 1979.
5. Зарецкий С.А. и др. Электрохимическая технология неорганических веществ и химические источники тока. – М.: Высш. школа, 1980.
6. Корята И. Ионы, электроды, мембраны. – М.: Мир, 1983.
7. Кривобоков Ю.И. Электрохимические производства. – Ангарск: АТИ, 1995.
8. Оборудование цехов электрохимических покрытий: Справочник. /Под ред. Вячеславова П.М. – Л.: Машиностроение, 1987.
9. Практикум по прикладной электрохимии. /Под ред. Варыпаева В.Н. и Кудрявцева В.Н. – Л.: Химия, 1990.
10. Прикладная электрохимия. /Под ред. Томилова А.П. – М.: Химия, 1984.
11. Прикладная электрохимия. /Под ред. Федотьева Н.П. – Л.: Химия, 1967.
12. Флеров В.Н. Сборник задач по прикладной электрохимии. – М.: Высш. школа, 1987.

Основные параметры гальванических линий

Модель линии	Назначение	Производительность, м ² /ч	Длина х ширина х высота подвесок или ванн, мм	Толщина покрытия, мкм	Загрузка изделий на подвеску или в барабан, м ²	Длина х ширина х высота линии, м	Масса комплекта, т
АЛГ-128	Цинкование (кадмирование) стальных изделий в барабанах и на подвесках	Б25; 18,5; 15; П6,25; 4,7; 3,75	1600 х 800 х 1250	9-12; 15-24; 27-30	Б5; П1,25	19,4 х 3,4 х 4,7	17,1
АЛГ-35М	Цинкование изделий в барабанах и на подвесках	Б20; П4,35	1120 х 800 х 1250	9-12; 15-18	Б4; П0,87	18,7 х 2,4 х 4,6	12,2
АЛГ-76М	Никелирование и хромирование латунных и стальных изделий на подвесках	3,8; 6,7; 8	1600 х 800 х 1250	Н9-12; Х0,5-1	1,32	18,1 х 2,9 х 4,6	16,0
АЛГ-82М	Анодное окисление изделий из алюминиевых сплавов на подвесках	22	1600 х 800 х 1250	6	4,15	18,9 х 2,8 х 4,6	21,1
Г1166.053. М	Меднение на подвесках	4,6	1500 х 700 х 1200	6	0,2	21,4 х 4 х 5,4	31,9
КГ1211.038	Меднение и никелирование в барабанах	2,5	1120 х 710 х 900	М3; Н6	-	23,5 х 4,6 х 4,7	22,0