

Электротермические установки

ПУЭ гл. 7.5

7.5.3. Электротермическая установка (ЭТУ) - комплекс функционально связанных элементов: специализированного электротермического и другого электротехнического, а также механического оборудования, средств управления, автоматики и КИП, обеспечивающих проведение соответствующего технологического процесса.

В состав ЭТУ в зависимости от ее назначения и конструктивного исполнения оборудования входят: кабельные линии, электропроводки и токопроводы между элементами установки, а также трубопроводы систем водоохлаждения и гидравлического привода; трубопроводы линий сжатого воздуха, азота, аргона, гелия, водорода, углекислого газа и других газов, водяного пара или вакуума, системы вентиляции и очистки газов, а также элементы строительных конструкций (фундаменты, рабочие площадки и т.п.).

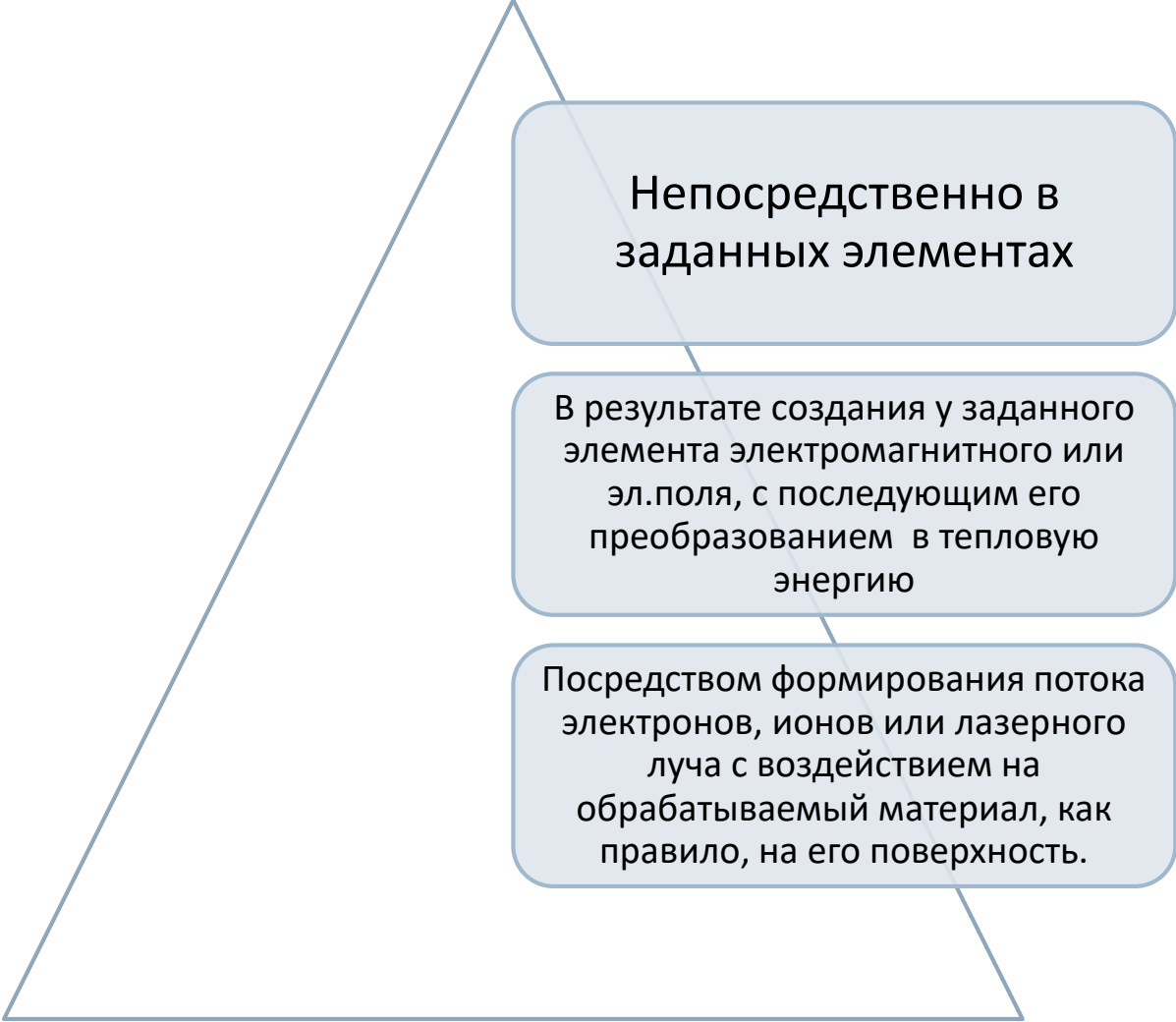


ПУЭ гл. 7.5

7.5.4. Электротермическое оборудование (ЭТО) - электротехнологическое оборудование, предназначенное для преобразования электрической энергии в тепловую с целью нагревания (расплавления) материалов.



ПУЭ гл. 7.5 Способы преобразования электрической энергии в тепловую:



Непосредственно в заданных элементах

В результате создания у заданного элемента электромагнитного или эл.поля, с последующим его преобразованием в тепловую энергию

Посредством формирования потока электронов, ионов или лазерного луча с воздействием на обрабатываемый материал, как правило, на его поверхность.



ПУЭ гл. 7.5

Классификация рабочего напряжения ЭТУ

- ▶ до 50 В переменного или 110 В постоянного тока;
- ▶ более указанного выше напряжения до 1600 В переменного или постоянного тока;
- ▶ более 1600 В переменного или постоянного тока.



Схемы нагрева сопротивлением:

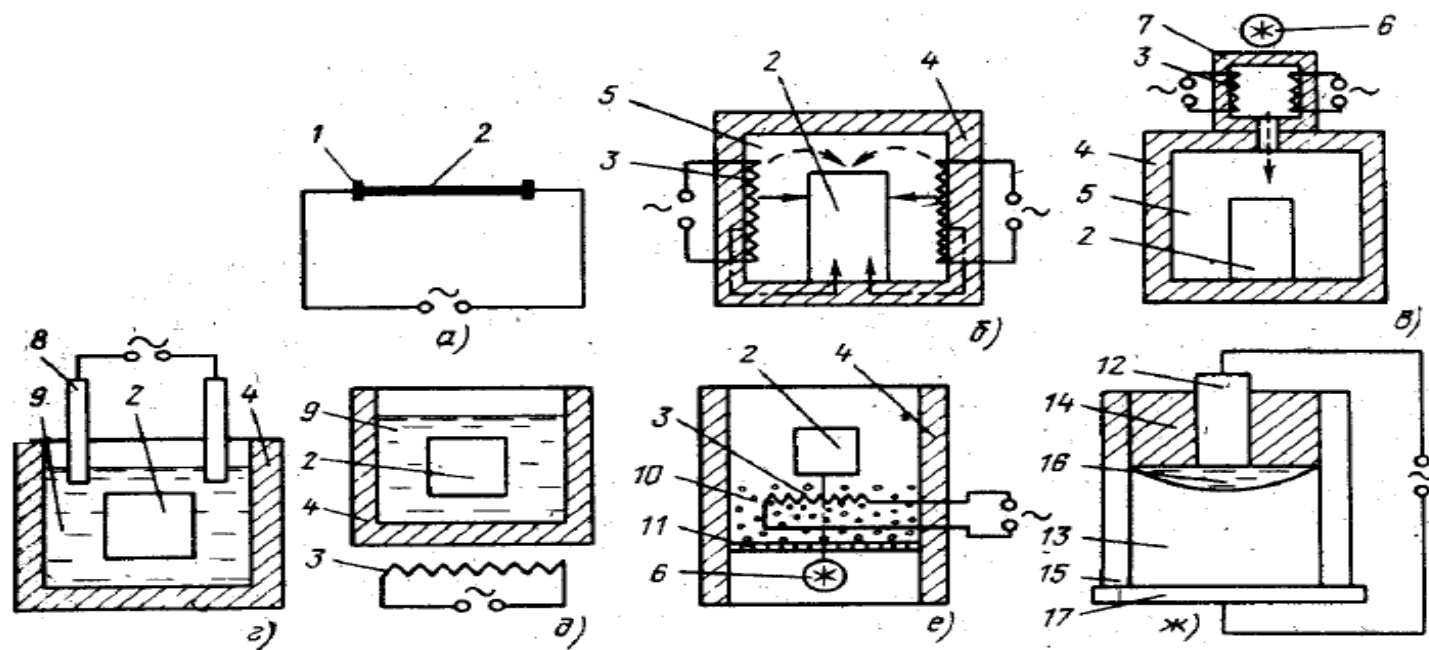


Рис. 2.12. Схемы нагрева сопротивлением:

а - прямой; б - косвенный; в - конвекцией с калорифером;
г - электродный в жидкой среде; д - в жидкой среде с внешним обогревом;
е - в псевдокипящем слое, ж - электрошлаковый:

1 - контактная система; 2 - нагреваемое тело; 3 - нагреватель; 4 - футеровка;
5 - рабочее пространство; 6 - вентилятор; 7 - калорифер; 8 - электрод; 9 - жидкая среда;
10 - мелкие частицы; 11 - решетка; 12 - расходуемый электрод; 13 - слиток;
14 - шлаковая ванна; 15 - водоохлаждаемый кристаллизатор; 16 - жидкая металлическая ванна; 17 - поддон

Схемы дугового нагрева:

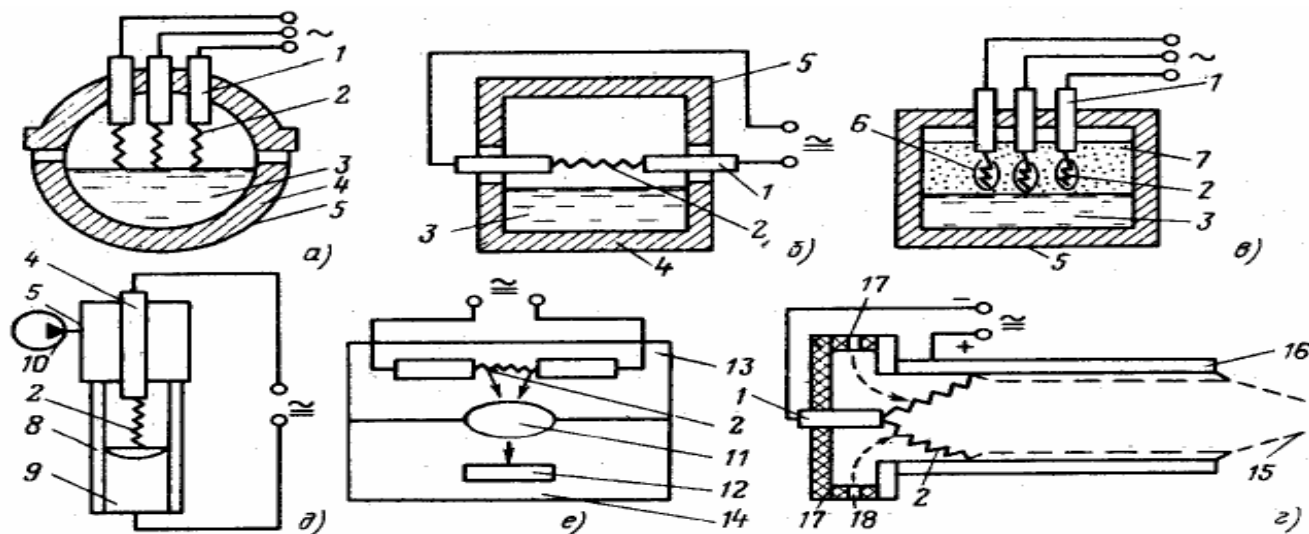


Рис. 2.14. Схемы дугового нагрева:

а - прямой; б - косвенный; в - смешанный; г - дуговой плазмотрон;
 д - вакуумно-дуговой; е - оптический дуговой:

1 - электрод; 2 - электрическая дуга; 3 - расплавленный металл; 4 - футеровка;
 5 - корпус печи; 6 - газовая полость; 7 - слой шихты; 8 - охлаждаемый кристаллизатор;
 9 - слиток металла; 10 - вакуумная система; 11 - оптическая система;
 12 - нагреваемое тело; 13 - дуговая камера; 14 - технологическая камера;
 15 - струя плазмы; 16 - корпус плазмотрона (анод); 17 - электронизоляционный узел;
 18 - подвод газа

Сплошными стрелками показана теплопередача излучением;
 пунктиром - поток газа.

Схемы индукционного нагрева:

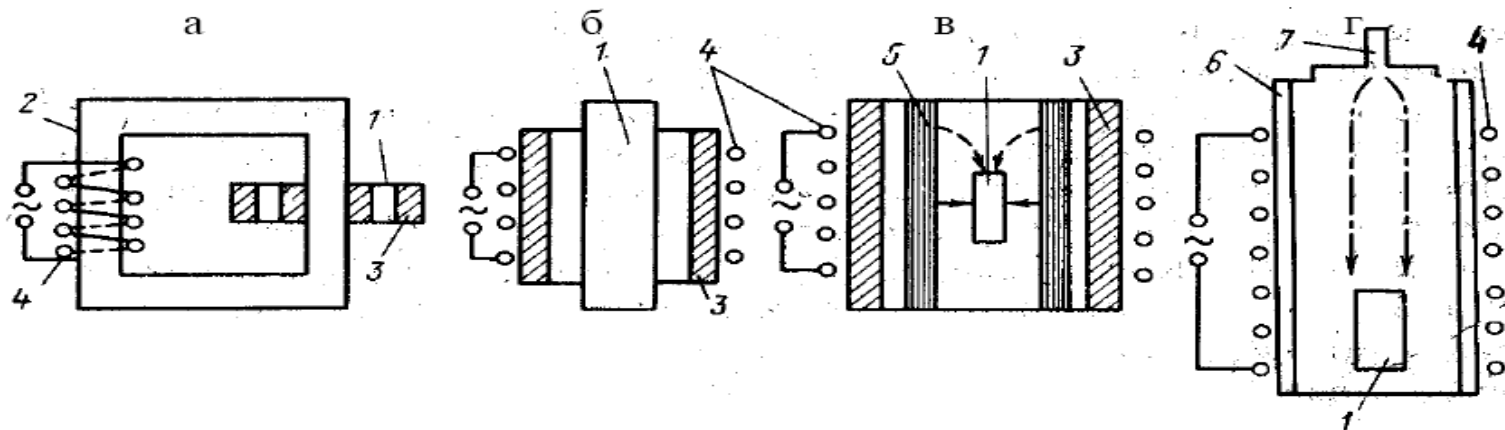


Рис. 2.15. Схемы индукционного нагрева:

а – с магнитопроводом; б – без магнитопровода;
в – косвенный нагрев с промежуточным нагревателем;
г – индукционно-плазменный:

1 – нагреваемое тело; 2 – магнитопровод; 3 – футеровка; 4 – индуктор;
5 – промежуточный нагреватель; 6 – кварцевая труба; 7 – подвод газа

Род теплопередачи: сплошные стрелки – излучением; пунктирные – конвекцией.

Штрих-пунктирными стрелками обозначен поток ионизированного газа.

Схемы диэлектрического нагрева:

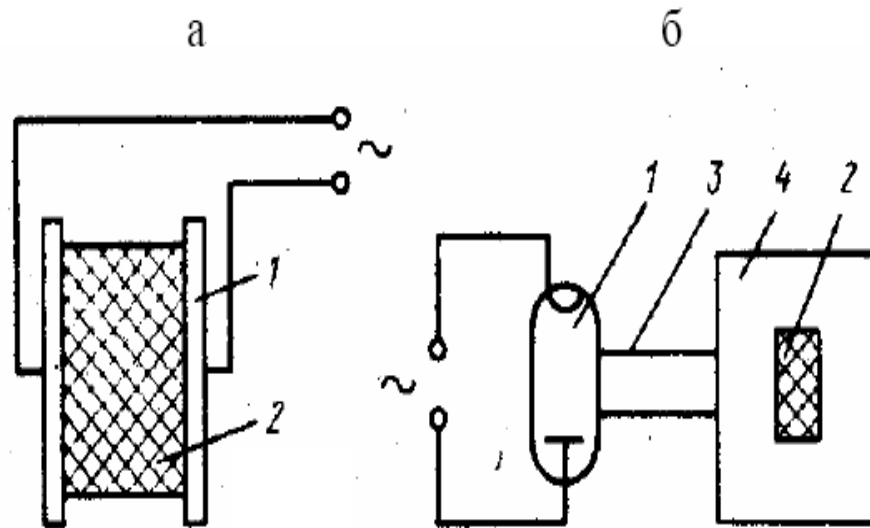


Рис. 2.16. Схемы диэлектрического нагрева:

а – в электрическом поле;

б – в электромагнитном поле (сверхвысокочастотном):

1 – электроды; 2 – нагреваемое тело; 3 – волновод; 4 – резонатор



Схемы электронно-лучевого нагрева:

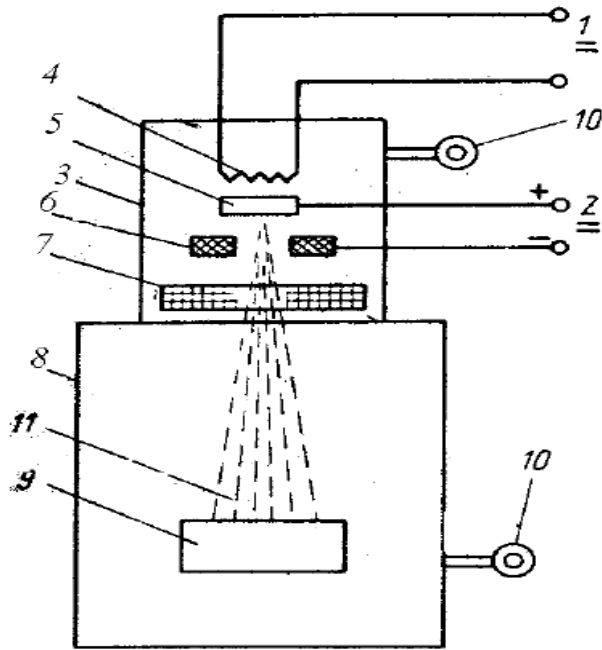


Рис. 2.17. Схема электронно-лучевого нагрева с аксиальной электронной пушкой:

1 – выводы к источнику питания подогревом;
2 – выводы к основному источнику питания;
3 – электронная пушка; 4 – катод подогрева;
5 – катод; 6 – анод; 7 – система проведения пучка; 8 – герметичный корпус печи;
9 – нагреваемое тело; 10 – вакуумная система; 11 – пучок электронов

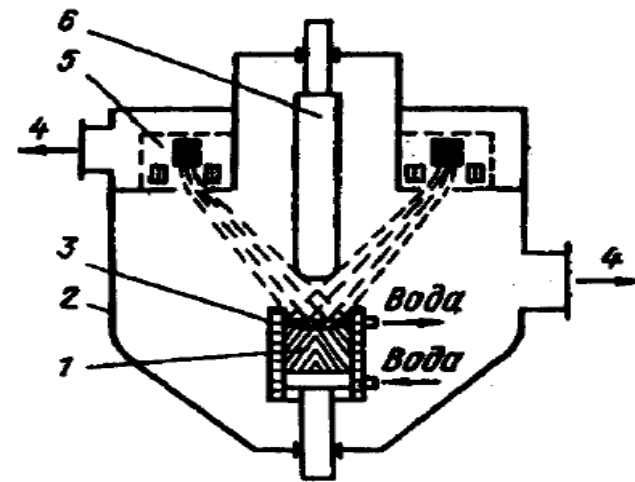


Рис. 2.18. Схема электронно-лучевой печи:

1 – слиток, 2 – плавильная камера. 3 – кристаллизатор; 4 – присоединение к вакуумным насосам; 5 – электронная пушка; 6 – переплавляемый электрод

Схемы ионного нагрева:

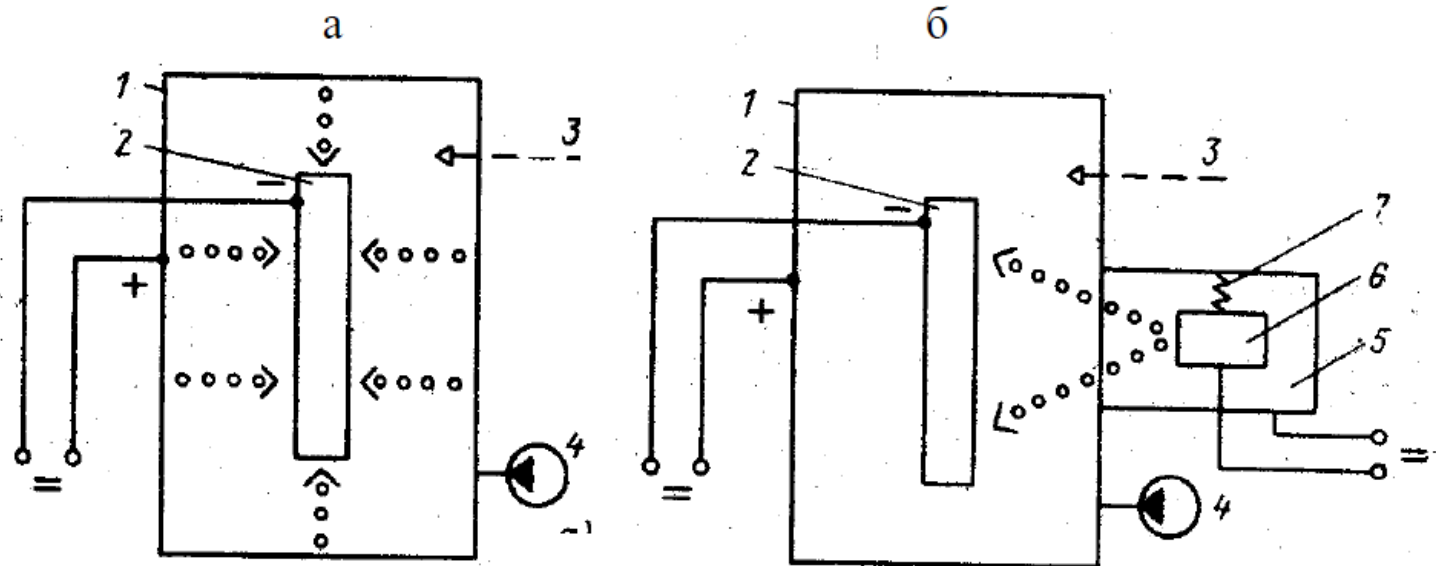


Рис. 2.19. Схемы ионного нагрева:

а – диффузионный нагрев; б – ионное осаждение:

- 1 – герметичный корпус; 2 – обрабатываемое тело; 3 – подача газов;
- 4 – вакуумная система; 5 – испарительная камера; 6 – испаряемый материал;
- 7 – электрическая дуга

Стрелками с кружками показан поток ионов.

Схема лазерного нагрева:

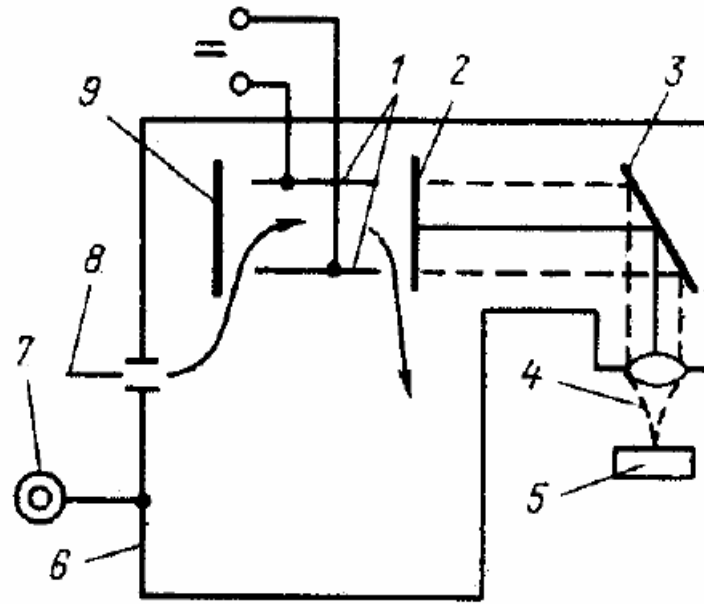


Рис. 2.20. Схема лазерного нагрева:

- 1 – электроды; 2 – резонатор (полупрозрачное зеркало); 3 – система фокусирования и транспортирования луча; 4 – лазерное излучение; 5 – нагреваемое тело; 6 – герметичный корпус; 7 – вакуумная система; 8 – подвод газов; 9 – резонатор (непрозрачное зеркало)



Схемы плазменного нагрева:

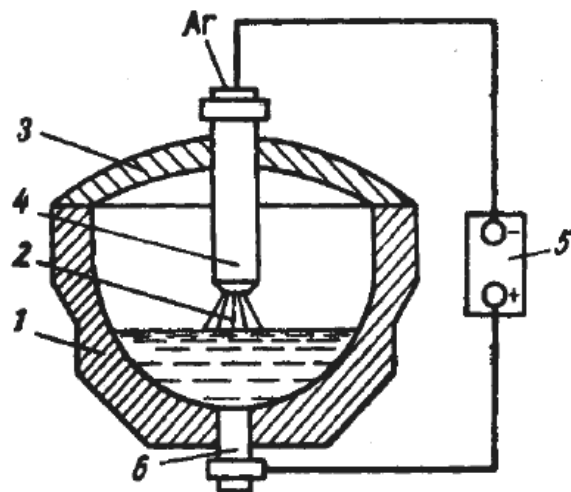


Рис. 2.21. Схема плазменной печи с керамической футеровкой:

1 – корпус печи; 2 – плазменная дуга;
3 – свод; 4 – плазматрон; 5 – источник питания; 6 – подовый водоохлаждаемый электрод

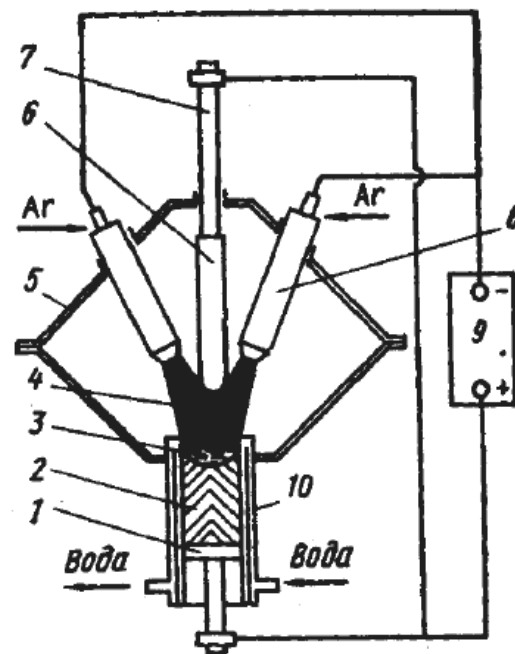
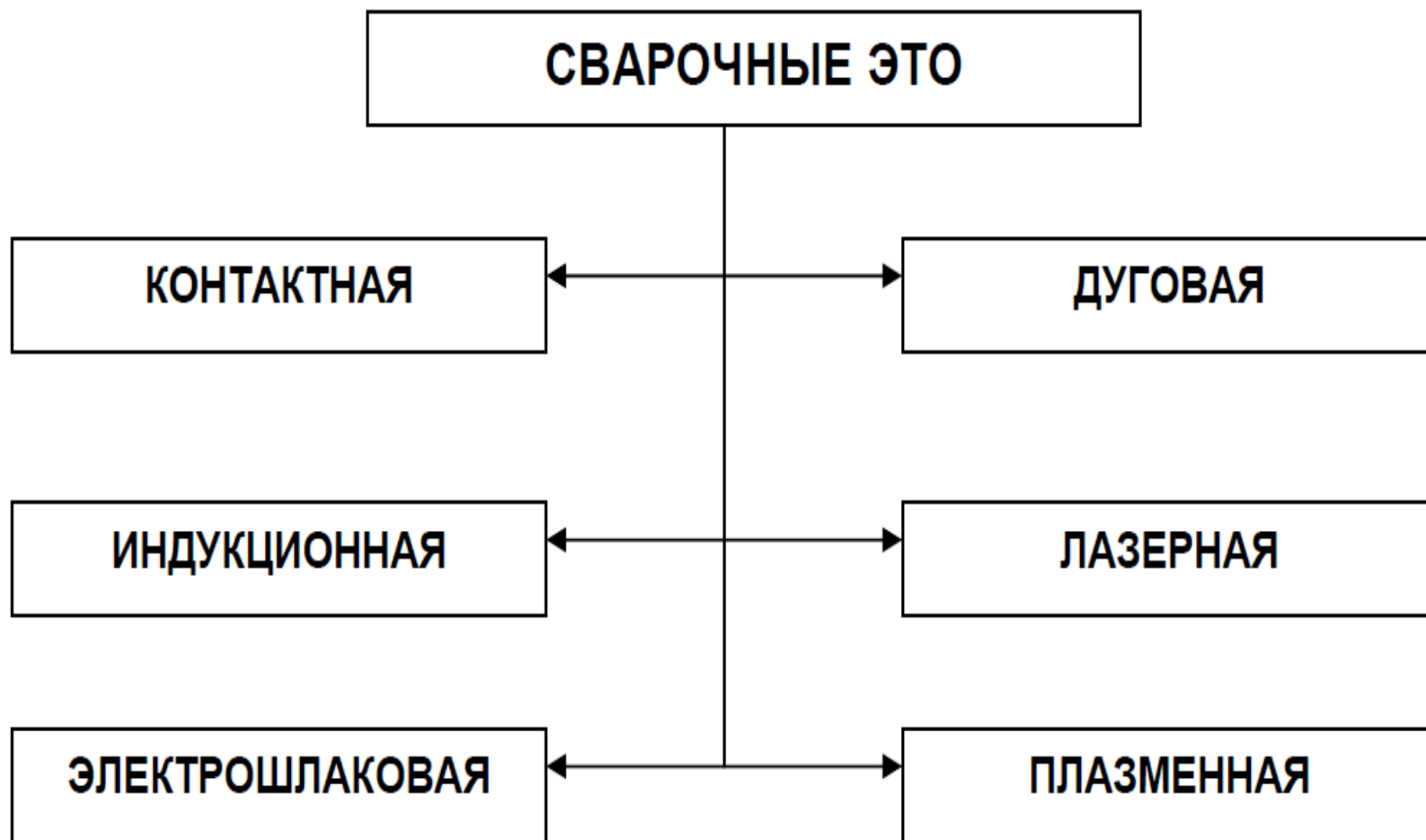


Рис. 2.22. Схема плазменно-дуговой печи с водоохлаждаемым тиглем:

1 – поддон; 2 – слиток; 3 – жидкий металл;
4 – плазменная дуга; 5 – корпус печи;
6 – переплавляемый электрод;
7 – электрододержатель; 8 – плазматрон;
9 – источник питания; 10 – кристаллизатор

Сварочное ЭТО



ПУЭ гл.7.5 *Общие требования*

Электротермические установки в отношении обеспечения надежности электроснабжения, как правило, следует относить к электроприемникам II и III категории и соответствию с 1.2.17.

7.5.8. Категории электроприемников основного оборудования и вспомогательных механизмов, а также объем резервирования электрической части должны определяться с учетом особенностей конструкции оборудования электротермических установок и предъявляемых действующими стандартами, нормами и правилами требований к такому оборудованию, системам снабжения его водой, газами, сжатым воздухом, создания и поддержания в рабочих камерах давления или разрежения.

К III категории, как правило, следует относить электроприемники электротермических установок цехов и участков несерийного производства кузнечных, штамповочных, прессовых, механических, механосборочных и окрасочных; цехов и участков (отделений и мастерских) инструментальных, сварочных, сборного железобетона, деревообрабатывающих и деревообделочных, экспериментальных, ремонтных, а также лабораторий, испытательных станций, гаражей, депо, административных зданий.



7.5.10. Первичная цепь каждой ЭТУ, как правило, должна содержать следующие коммутационные и защитные аппараты в зависимости от напряжения питающей электросети промышленной частоты:

Выше 1
кВ

- разъединитель (отделитель, разъемное контактное соединение КРУ) на вводе и выключатель оперативно-защитного назначения или разъединитель (отделитель, разъемное контактное соединение КРУ) и два выключателя - оперативный и защитный.

До 1 кВ

- выключатель (рубильник с дугогасящими контактами, пакетный выключатель) на вводе и предохранители, или блок выключатель-предохранитель или автоматический выключатель с электромагнитными и тепловыми расцепителями;

В первичных цепях ЭТУ напряжением до 1 кВ

- ▶ допускается в качестве вводимых коммутационных аппаратов использовать рубильники без дугогасящих контактов при условии, что коммутация ими выполняется без нагрузки.

Выключатели напряжением выше 1 кВ

- ▶ оперативно-защитного назначения в ЭТУ, как правило, должны выполнять операции включения и отключения электротермического оборудования (печей или устройств), обусловленные эксплуатационными особенностями его работы, и защиту от КЗ и ненормальных режимов работы.



-
- ▶ **Допускается** устанавливать **один защитный выключатель для защиты группы электротермических установок.**
 - ▶ **7.5.11. В электрических цепях напряжением выше 1 кВ с числом коммутационных операций в среднем пять циклов включения-отключения в сутки и более должны применяться специальные выключатели повышенной механической и электрической износостойкости, соответствующие требованиям действующих стандартов.**
-



7.5.13. Электрическая нагрузка ЭТУ, как правило, не должна вызывать в электрических сетях общего назначения несинусоидальности кривой напряжения, при которой не соблюдается требование действующего стандарта. При необходимости рекомендуется снабжать печные понижающие или преобразовательные подстанции или питающие их цеховые (заводские) трансформаторные подстанции фильтрами высших и в некоторых случаях низших гармоник, либо принимать другие меры, уменьшающие искажение формы кривой напряжения электрической сети.

7.5.14. **cos φ ЭТУ**, присоединяемых к электрическим сетям общего назначения, **как правило, должен быть не ниже 0,98.**

ЭТУ единичной мощностью 0,4 МВт и более, естественный **cos φ** которых ниже указанного значения, рекомендуется снабжать индивидуальными компенсирующими устройствами, которые не следует включать в ЭТУ, если технико-экономическими расчетами выявлены явные преимущества групповой компенсации.



7.5.17. Под маслонаполненным оборудованием печных подстанций должны сооружаться:

при массе масла в
одном баке (полюсе)

до 60 кг

- порог или пандус для удержания полного объема;

при массе масла в
одном баке (полюсе)

от 60 до 600 кг

- приямок или маслоприемник для удержания полного объема масла;

при массе масла

более 600 кг

- маслоприемник на 20% объема масла с отводом в маслосборный бак

Маслоприемник должен перекрываться металлической решеткой, поверх которой следует насыпать слой промытого просеянного гравия или непористого щебня с частицами от 30 до 70 мм толщиной не менее 250 мм.

7.5.18. Под устройствами для приема масла не допускается располагать помещения с постоянным пребыванием людей. Ниже них пульт управления ЭТУ может находиться только в отдельном помещении, имеющем защитный гидроизолированный потолок, исключающий попадание масла в пультовое помещение даже при малой вероятности появления течи из любых устройств для приема масла. Должна быть обеспечена возможность систематического осмотра гидроизоляции потолка, предел его огнестойкости - не менее 0,75 ч.

7.5.21. Камеры (помещения) с маслонаполненным электрооборудованием следует снабжать автоматическими системами пожаротушения при суммарном количестве масла, превышающем 10 т - для камер (помещений), расположенных на отметке первого этажа и выше, и 0,6 т - для камер (помещений), расположенных ниже отметки первого этажа.

Эти системы пожаротушения должны иметь помимо автоматического также и ручные режимы пуска (местный - для опробования и дистанционный - с пульта управления ЭТУ).

При суммарном количестве масла в указанных камерах (помещениях) менее 10 и 0,6 т соответственно они должны оборудоваться пожарной сигнализацией.



7.5.23. Оборудование ЭТУ вне зависимости от его номинального напряжения допускается размещать непосредственно в производственных помещениях, если его исполнение соответствует условиям среды в данном помещении.

При этом во взрыво-, пожароопасных и наружных зонах помещений допускается размещать только такое оборудование ЭТУ, которое имеет нормируемые для данной среды уровни и виды взрывозащиты или соответствующую степень защиты оболочки.

Конструкция и расположение самого оборудования и ограждений должны обеспечивать безопасность персонала и исключать возможность механического повреждения оборудования и случайных прикосновений персонала к токоведущим и вращающимся частям.

Если длина электропечи, электронагревательного устройства или нагреваемого изделия такова, что выполнение ограждений токоведущих частей вызывает значительное усложнение конструкции или затрудняет обслуживание ЭТУ, допускается устанавливать вокруг печи или устройства в целом ограждение высотой не менее 2 м с блокированием, исключающим возможность открывания дверей до отключения установки.



ПТЭЭП гл. VI.

62. При эксплуатации электротермических установок должны соблюдаться требования глав VII - XI Правил к отдельным элементам, входящим в состав таких установок, а также положения нормативных правовых актов, устанавливающих требования надежности и безопасности в сфере электроэнергетики, относящиеся к эксплуатации трансформаторов, электродвигателей, преобразователей, распределительных устройств, конденсаторных установок, устройств релейной защиты и автоматики, измерительных приборов, и Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности процессов получения или применения металлов", утвержденных приказом Ростехнадзора от 9 декабря 2020 г. N 512 <29> (далее - приказ Ростехнадзора N 512).




ПТЭЭП гл. VI

63. Температура нагрева шин и контактных соединений, плотность тока в проводниках вторичных токопроводов электротермических установок должны периодически контролироваться в сроки, установленные производственными инструкциями, утвержденными потребителем, но **не реже одного раза в год**. Измерение температуры указанного нагрева должно осуществляться в период с июня по август.



64. Сопротивление изоляции вторичных токопроводов и рабочих токоведущих элементов электропечей и электротермических устройств, включая электронагреватели сопротивления, индукторы, должно измеряться при каждом включении электротермической установки после ремонта и в других случаях, предусмотренных производственными инструкциями, утвержденными потребителем.

65. Контроль качества охлаждающей воды должен осуществляться в соответствии с требованиями производственных инструкций, утвержденных потребителем, с соблюдением установленной ими периодичности контроля.



Сопротивление электрической изоляции изолирующих прокладок, предотвращающих соединение с землей через крюк или трос кранов и талей, обслуживающих установки электронагревательных устройств сопротивления прямого действия, а также ферросплавных печей с перепуском самоспекающихся электродов без отключения установок, должно проверяться в сроки, устанавливаемые ответственным за электрохозяйство, но не реже одного раза в год.

67. Приемка электротермической установки после ее монтажа должна осуществляться на основании результатов пробной эксплуатации и горячих испытаний, проводимых в соответствии с программой, входящей в техническую документацию электротермической установки.




ПТЭЭП гл. VI.

68. При эксплуатации электропечей сопротивления должны соблюдаться следующие требования:

температура наружной поверхности кожуха электропечи должна быть не выше значений, установленных инструкцией по эксплуатации электропечи организации-изготовителя;

состояние нагревательных элементов должно проверяться в соответствии с инструкцией по эксплуатации электропечи организации-изготовите



ПТЭЭП гл. IX. Индукционные плавильные и нагревательные приборы (установки)

87. Осмотр установок должен проводиться электротехническим персоналом **в соответствии с графиком, утвержденным руководителем** или иным уполномоченным должностным лицом потребителя. Результаты осмотра и принятые меры по ликвидации неисправностей должны быть занесены в журнал работы установки.



ПТЭЭП гл. IX.

В ходе осмотра должна быть выполнена проверка установки на предмет:

- ▶ а) безотказности работы всех блокирующих устройств, обеспечивающих безопасные условия труда персонала, и очередность включения всех технологических и электрических элементов установки;
- ▶ б) надежности экранирования и заземления отдельных блоков;
- ▶ в) чистоты контактов пускорегулирующей аппаратуры, имеющей наибольшее количество включений и отключений за предшествующий период, определенный руководителем или иным уполномоченным должностным лицом потребителя;
- ▶ г) правильности работы контактов с гашением дуги;
- ▶ д) отсутствия накипи на водоохлаждаемых поверхностях деталей установки;
- ▶ е) отсутствия пыли на частях установки.

ПТЭЭП гл. IX.

88. Осмотр индукционных установок и ремонтные работы на них должны проводиться после их отключения от источников питания.

89. Система охлаждения индуктора индукционных плавильных печей должна иметь блокировку, обеспечивающую снятие напряжения с индуктора при прекращении подачи воды.



92. При работе на нагревательном посту с открытыми нагревательными индукторами, включенными через понижающий согласующий высокочастотный трансформатор, должны быть предусмотрены следующие защитные мероприятия:

а) кнопки управления нагревом и отключением нагревательного поста должны быть размещены рядом с нагревательным индуктором в удобном для оператора-термиста месте;

б) одна точка вторичной обмотки согласующего высокочастотного трансформатора должна быть заземлена в любом месте;

в) оператор-термист должен иметь средства индивидуальной защиты;

г) должен быть вывешен плакат "Установка деталей и касание рукой индуктора при включенном напряжении не допускается".



ПТЭЭП гл. XI. Электродные котлы

98. При эксплуатации электродных водогрейных и паровых котлов и связанных с ними трубопроводов должны соблюдаться требования федеральных [норм и правил](#) в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением", утвержденных приказом Ростехнадзора от 15 декабря 2020 г. N 536 <30> (далее - приказ Ростехнадзора N 536).

99. В электрокотельной напряжением выше 1000 В должно быть предусмотрено отдельное помещение для электротехнического персонала. В этом же помещении могут устанавливаться пульт телеуправления и телеизмерения, а также устройства релейной защиты и автоматики.



101. Регулирование мощности электродных котлов под напряжением не допускается.

Электродный котел должен быть отключен электротехническим персоналом потребителя в срок, определенный в утвержденной потребителем производственной инструкции, при:

- ▶ несчастном случае;
- ▶ исчезновении напряжения на устройствах дистанционного и автоматического управления и на всех контрольно-измерительных приборах;
- ▶ повышении давления в котле выше разрешенного на 10% и продолжении его роста;
- ▶ прекращении или снижении расхода воды через водогрейный котел ниже минимально допустимого, а также в других случаях, предусмотренных производственной инструкцией.
- ▶ В производственной инструкции, утвержденной потребителем, должен быть также предусмотрен порядок устранения аварийного состояния и пуска электродных котлов.



103. Осмотр электродных котлов напряжением до 1000 В должен выполняться перед каждым отопительным сезоном, а напряжением выше 1000 В - с определенной периодичностью, устанавливаемой графиком, но не реже одного раза в месяц. Осмотр должен осуществляться в соответствии с производственной инструкцией, утвержденной потребителем.

Результаты осмотра и меры по устранению неисправностей должны заноситься в журнал, указанный в пункте 102 Правил, за подписью работника, проводившего осмотр.



ПТЭЭП гл. XI.

104. Планово-предупредительный ремонт электродных котлов напряжением выше 1000 В должен проводиться с периодичностью, устанавливаемой потребителем в графике ремонта таких электродных котлов, но не реже одного раза в 6 месяцев. Планово-предупредительный ремонт котлов напряжением до 1000 В должен проводиться по решению технического руководителя потребителя или иного уполномоченного им должностного лица.



Контрольные вопросы:

1. Кто должен обслуживать ЭТУ?

ОТВЕТ: электротехнологический персонал. Группа по электробезопасности электротехнологическому и электротехническому персоналу присваивается согласно правилам ((ПТЭЭП)

2. Нужно ли производить отключение индукционных установок во время проведения осмотра?

ОТВЕТ: осмотр индукционных установок и ремонтные работы на них производятся после их отключения от источников питания (ПТЭЭП)

3. Как часто должен проводиться осмотр электродных котлов напряжением выше 1000 В?

ОТВЕТ: по графику, но не реже 1 раза в мес. (ПТЭЭП)



4. Как часто должен проводиться осмотр электродных котлов напряжением ниже 1000 В?

Ответ: перед каждым отопительным сезоном (ПТЭЭП)

5. Как часто должен проводиться планово-предупредительный ремонт электродных котлов напряжением выше 1000 В?

Ответ: Не реже одного раза в 6 мес. (ПТЭЭП)

