

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор колледжа  
\_\_\_\_\_ С.Н.Козлов

## **ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА,  
ЗАДАНИЯ НА ДОМАШНЮЮ КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ  
ДЛЯ УЧАЩИХСЯ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 5-04-0714-07 «ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Автор: Козлова М.А., преподаватель второй квалификационной категории

Рецензент: Селиванова Ю.В., преподаватель высшей квалификационной категории

Разработано на основе учебной программы учреждения образования, реализующего программы среднего специального образования, по учебному предмету «Технология и техническая эксплуатация оборудования сварки давлением», утвержденной директором колледжа, 2024

Обсуждено и одобрено  
на заседании цикловой комиссии  
специальностей в области  
сварочного производства  
Протокол № 5 от 13.12.2024  
Председатель цикловой комиссии  
\_\_\_\_\_ Ю.В.Селиванова

## Пояснительная записка

Сварка давлением (контактная сварка) характеризуется высокой производительностью, степенью механизации и автоматизации, малыми сварочными деформациями конструкций и не требует вспомогательных материалов (флюсов, присадочной проволоки, защитных газов), в подавляющем большинстве случаев отсутствуют вредные выбросы и в связи с этим не требуется специальных вентиляционных устройств.

Современное состояние сварочной техники характеризуется широким внедрением сварки во все отрасли промышленности.

В настоящее время достигнуты значительные успехи при разработке новых высокопроизводительных способов сварки, созданы оригинальные сварные конструкции и новые сварочные материалы, выпускается большая номенклатура сварочного оборудования различного назначения. Повышается технический уровень контактных машин, что неразрывно связано с использованием последних достижений в области радиоэлектроники, электротехники и механики.

В развитии контактной сварки наблюдается два основных направления - механизация процессов и разработка новой технологии. Одним из основных путей повышения производительности контактной сварки является дальнейшее совершенствование сварочного оборудования, комплексная механизация и автоматизация производства изделий по всему циклу сборочно-сварочных операций с использованием современных автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Необходимым условием успешного существования данной области техники и ее прогресса является подготовка квалифицированных специалистов.

Программа учебного предмета «Технология и техническая эксплуатация оборудования сварки давлением», предусматривает такую последовательность изучения учебного материала:

- общие теоретические вопросы сварки давлением;
- источники питания и принципиальные схемы машин и аппаратуры управления;
- технологию и оборудование основных способов сварки давлением;
- организация рабочего места и техника безопасности.

Изучение учебной дисциплины основывается на знаниях полученных при изучении учебных дисциплин «Математика», «Физика», «Химия», «Инженерная графика», «Техническая механика»,

«Основы электротехники», «Контроль качества сварных соединений».

В результате изучения программного материала учащиеся должны знать:

- условия получения неразъемных сварных соединений при точечной, шовной, рельефной и стыковой сварке;
  - теоретические основы контактной сварки; технологические особенности сборки и сварки узлов на контактных машинах;
  - конструктивные особенности контактных машин точечной, рельефной и шовной сварки, созданных на базе унифицированных узлов;
  - назначение аппаратуры управления контактными машинами и принцип построения общей электрической схемы по элементам;
  - условия получения стыковых сварных соединений методом сопротивления и оплавления;
  - технологические особенности сборки и сварки узлов на контактных стыковых машинах;
  - конструктивные особенности контактных машин для стыковой сварки сопротивлением и оплавлением;
  - правила охраны труда, противопожарной защиты для каждого вида работ и мероприятия по охране окружающей среды;
- должны уметь:
- разрабатывать технологический процесс контактной сварки;
  - производить подбор аппаратуры управления для заданной конструкции контактной машины с учетом режима сварки;
  - производить наладку сварочных машин на рациональные режимы работы;
  - определять причины возникновения неисправностей машин, дефектов сварки и способы их устранения и предупреждения;
  - производить планировку участка сборки и сварки на контактных машинах;
  - управлять машинами контактной сварки.

Для этих целей по мере изучения теоретического материала программой предусмотрено проведение лабораторных работ в период лабораторно - экзаменационной сессии.

На обзорных занятиях освещаются наиболее сложные вопросы дисциплины, излагается материал, недостаточно полно отраженный в учебных пособиях, сообщаются сведения о новых достижениях науки и техники в области сварочного производства, в частности, сварки давлением.

На лабораторных занятиях учащиеся закрепляют теоретические знания, полученные в результате самостоятельного изучения учебного материала, и приобретают необходимые практические навыки.

Для контроля полученных знаний предусмотрен экзамен.

## **Общие методические рекомендации по выполнению домашней контрольной работы**

Приступив к изучению учебного предмета учащийся-заочник должен ознакомиться с методическими рекомендациями, а также с рекомендуемым списком используемых источников.

Учебный материал необходимо изучать систематически в той последовательности, которая дана в программе, переходить к изучению следующей темы можно только тогда, когда предшествующий материал полностью усвоен.

Рекомендуется следующая последовательность изучения учебного материала дисциплины:

- ознакомление с содержанием темы и методическими рекомендациями по ее изучению;
- усвоение программного материала по рекомендуемым источникам в соответствии с методическими рекомендациями. В процессе работы над учебным материалом рекомендуется вести конспект, в котором следует записывать основные положения изучаемого материала, а также делать ссылки на соответствующие источники;
- выполнение домашней контрольной работы.

Задания на домашнюю контрольную работу составлены в 100 вариантах. Вариант домашней контрольной работы определяется по двум последним цифрам шифра учащегося по таблице вариантов. Каждый вариант состоит из шести заданий (4 теоретических и 2 практических заданий).

Домашняя контрольная работа выполняется в отдельной тетради четким и разборчивым подчерком без исправлений и помарок. На обложке тетради указывается название учебной дисциплины, номер домашней контрольной работы, фамилия и инициалы учащегося, его группа и шифр.

В конце тетради необходимо оставлять 2-3 страницы для рецензии преподавателя.

На первой странице следует указать номер варианта и перечислить номера вопросов. Содержание каждого вопроса нужно переписывать полностью из задания непосредственно перед ответом.

В конце работы указывается список используемых источников, оформленных в соответствии с СТУ СМК 4.04-2011, ставится дата окончания работы и подпись учащегося.

Ответы на вопросы должны быть полными, конкретными, по

существо заданного вопроса, иметь необходимые иллюстрации (графики, эскизы, схемы и т.д.). Все иллюстрации необходимо выполнять аккуратно в тетради или на отдельных листах, с соблюдением стандартов ЕСКД (разрешается их ксерокопия и вклеивание в тетрадь).

При использовании литературных источников в виде правил, положений, нормативных документов, инструкций т.п., состоящих из пунктов и параграфов, ответ должен излагаться в повествовательной форме.

Особенно ценно, если ответы на вопросы будут подкреплены материалами из опыта работы вашего предприятия материалами, публикуемыми в периодической печати.

Работа предоставляется на заочное отделение в срок, установленный учебным графиком.

## Критерии оценки домашней контрольной работы

Домашняя контрольная работа оцениваются «зачтено», если правильно выполнено 75% задания, но имеются недоработки, а именно:

- не по существу дан ответ на один теоретический вопрос или на три вопроса даны ответы по существу, но раскрыты не в полном объеме (с существенными замечаниями);

- ход решения задач верный, но имеется математическая ошибка в одной задаче или отсутствует ее логическое завершение;

- есть замечания по оформлению ответов и работы в целом.

Домашняя контрольная работа оцениваются «не зачтено», если:

- выполнена не в соответствии с вариантом;

- неправильно решены обе задачи;

- ответы на теоретические вопросы даны не по существу;

- на один теоретический вопрос ответ дан не по существу (или он неполный) и неверно решена одна задача.

## **Программа учебного предмета и методические рекомендации по ее изучению**

### **Введение**

Цель и задачи учебной дисциплины ее взаимосвязь с другими изучаемыми учебными дисциплинами. Сущность контактной сварки. Классификация способов контактной сварки. Область ее применения. Краткая история и перспективы развития контактной сварки.

Литература: [1, с. 12]; [2, с. 10-39]

### **Методические рекомендации**

Контактная сварка представляет собой процесс образования неразъемного соединения, возникающего в результате нагрева металла протекающим через детали электрическим током и пластической деформацией зоны соединения

Приступая к изучению учебной дисциплины, следует уделить внимание основным тенденциям и направлениям развития сварочного производства в нашей стране.

Необходимо оценить значение контактной сварки как одного из наиболее прогрессивных высокопроизводительных технологических процессов, применяемых при изготовлении металлических конструкций, повышающих производительность труда и качество продукции.

Учащиеся должны знать сущность процессов контактной сварки, разбираться в технологии образования сварных соединений. Следует обратить внимание на то, что современные процессы сварки давлением - это и есть одна из разновидностей импульсивных технологий.

Точечная сварка, на долю которой приходится более 80% всех соединений, построена на принципах синхронного сочетания импульсных режимов механической и электрической энергии.

Необходимо знать перспективы развития контактной сварки, учитывая тот факт, что она успешно заменяет электродуговые способы сварки.

Основные методы и формы изучения учебной дисциплины изложены в общих методических рекомендациях.

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Изложите задачи учебного предмета и основные пути развития сварочного оборудования

2 Каковы область применения и технико-экономические преимущества сварки давлением?

3 Назовите классификацию способов контактной сварки. Укажите область применения

4 В чем заключается преимущества и недостатки контактной сварки по сравнению с другими способами сварки?

5 Расскажите о перспективах развития контактной сварки

## **Раздел 1 Теоретические основы контактной сварки**

### **Тема 1.1 Общие сведения о контактной сварке**

Этапы образования сварной точки при точечной, рельефной и шовной сварке. Этапы образования сварного соединения при двух способах стыковой сварке

Литература: [1, с. 12]; [2, с. 10-39]

### **Методические рекомендации**

При изучении данной темы следует обратить внимание на условия получения сварных соединений при точечной рельефной и шовной контактной сварке. Учащиеся должны знать, что необходимым условием получения качественного сварного соединения при указанных способах сварки является образование общей зоны расплавленного металла или ядра заданных размеров и формы. Следует рассмотреть единую схему формирования соединений и обратить внимание на особенности этапов для каждого способа сварки.

Необходимо помнить, что образование соединений при стыковой сварке происходит в процессе совместной пластической деформации нагретых электрическим током торцов деталей при осадке. Стыковая сварка сопротивлением и оплавлением происходит, практически, по единой схеме и состоит из двух этапов - нагрева торцов деталей и осадки.

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Охарактеризуйте этапы образования сварной точки и сварного соединения при различных способах контактной сварки

2 Назовите особенности формирования соединений при точечной

и шовной контактной сварке

3 Раскройте сущность образования сварных соединений при стыковой сварке оплавлением

4 Укажите причины, оказывающие значительное влияние на образование сварного соединения при стыковой сварке сопротивлением

## Тема 1.2 Источники теплоты при сварке

Общие закономерности нагрева металла сварочным током.

Электрическое сопротивление контактов.

Понятие об электрическом и температурных полях.

Распределение и баланс тепла при контактной сварке различными способами.

Литература: [1, с. 14]; [2, с. 12]

## Методические рекомендации

При изучении данной темы следует обратить внимание на то, что нагрев при контактной сварке является ведущим процессом в формировании температурного поля и образовании соединения, так как скорость нагрева иногда достигает  $1000000^\circ \text{C}/\text{с}$ . Температурное поле в зоне сварки зависит от распределения источников тепла, т.е. от распределения сопротивлений зоны сварочного контакта.

Теплота, выделяющаяся при прохождении тока через участок электрод-электрод с сопротивлением  $R_{\text{ээ}}$ , в соответствии с законом Джоуля-Ленца за время  $t_{\text{св}}$  может быть определена по формуле

$$Q_{\text{ээ}} = 0,24 I^2(t) R_{\text{ээ}}(t) dt, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{ээ}}$  - теплота, выделяемая на участке электрод-электрод,  
Дж/ккал;

$I$  - сварочный ток, А;

$R_{\text{ээ}}$  - общее сопротивление на участке электрод-электрод,  
мк Ом.

$$R_{\text{ээ}} = R_{\text{дд}} + R_{\text{эд}} + R_{\text{д}}, \quad (2)$$

где  $R_{\text{дд}}$  - контактное сопротивление деталь-деталь, мк Ом;

$R_{\text{эд}}$  - контактное сопротивление электрод-деталь, мк Ом;

$R_{\text{д}}$  - собственное сопротивление материала деталей, мк Ом.

Следует обратить внимание, что при стыковой сварке контактное

сопротивление  $R_{эд}$  отсутствует (его величина слишком мала из-за значительного удаления от места контакта) и в общем сопротивлении не учитывается.

Необходимо иметь четкое представление об электрическом и температурном полях, возникающих при контактной сварке во время нагрева, а также знать, что включает в себя понятие «тепловой баланс» при контактной сварке. Следует помнить, что теплота, выделяющаяся на участке между электродами, является основным показателем и ее используют для приближенного расчета силы сварочного тока. Вся теплота  $Q_{эз}$ , расходуется на нагрев металла в зоне сварки ( $Q_1$ ) вследствие теплопроводности в окружающий металл ( $Q_2$ ) и электроды ( $Q_3$ ).

$$Q_{эз} = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (3)$$

где  $Q_{эз}$  - общее количество теплоты, выделенной в зоне нагрева;

$Q_1$  - полезная теплота, расходуемая на нагрев металла в зоне сварки;

$Q_2$  - потеря теплоты в окружающий металл, вследствие теплопроводности;

$Q_3$  - потери теплоты на электроды и атмосферу.

### Вопросы для самоконтроля

1 Сформулируйте закон Джоуля-Ленца. Назовите факторы, определяющие количество выделяющегося тепла

2 Объясните, как влияют теплофизические свойства металла на степень нагрева

3 Проанализируйте, происходит ли изменение сопротивления контакта в зависимости от материала, давления, состояния поверхности

4 Дайте понятие электрического и температурного поля

5 Расскажите о распределении и балансе тепла при различных способах контактной сварки

### Тема 1.3 Электротермические процессы

Нагрев металла при всех способах контактной сварки. Особенности формирования соединений. Структура литой зоны.

Пластическая деформация в зоне стыковой, точечной, шовной и рельефной сварки.

Литература: [1, с. 32-37]; [2, с. 23]

## Методические рекомендации

Необходимо знать, что пластическая деформация металла - один из основных процессов, способствующих формированию соединений. Они вызываются внешними и внутренними факторами и имеют место на протяжении всего процесса сварки: от формирования холодного контакта до проковки соединения.

Характер кристаллизации зависит от режима сварки. В связи с этим необходимо иметь понятие о мягком и жестком режимах сварки и уметь их применять для конкретного случая.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Объясните как увеличивается объем металла в зоне нагрева?
- 2 Расскажите об условиях нагрева и расчете тепла при точечной сварке
- 3 Покажите, как рассчитывается тепло при стыковой сварке сопротивлением и оплавлением
- 4 Расскажите о шунтировании тока при стыковой, точечной и шовной сварке
- 5 Охарактеризуйте термопластические деформации при точечной, рельефной и шовной сварке
- 6 Дайте характеристику процессу оплавления при стыковой сварке и его особенностям
- 7 Опишите околошовную зону при стыковой сварке
- 8 Охарактеризуйте термопластические деформации при стыковой сварке

## Тема 1.4 Пластическая деформация металлов

Основные условия свариваемости металлов.

Физико-химические свойства материалов, влияющие на свариваемость.

Основные требования к параметрам режима сварки в зависимости от свойств свариваемых материалов.

Особенности свариваемости разнородных материалов. Изменение структуры и свойств металла в околошовной зоне.

Литература: [1, с. 38]; [2, с. 34]

## **Методические рекомендации**

Необходимо точно знать, что понимают под технологической свариваемостью металла и учитывать, что она неотрывно связана с технологическим процессом изготовления деталей. При выборе параметров режима сварки нужно знать физические и механические свойства наиболее распространенных конструкционных материалов и учитывать их особенности.

Необходимо ознакомиться с основными требованиями, предъявляемыми к параметрам режима сварки и разъяснить особенности свариваемости разнородных материалов, изменение структуры и свойств металла в околошовной зоне.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Дайте понятие технологической свариваемости
- 2 Охарактеризуйте условия образования сварного соединения
- 3 Дайте характеристику различным конструкционным материалам с учетом их свариваемости
- 4 Перечислите основные процессы, протекающие в зоне сварки и в околошовной зоне
- 5 Опишите влияние поверхностных пленок оксидов на качество сварного соединения
- 6 Проанализируйте как изменяется структура и свойства металла в околошовной зоне

## **Тема 1.5 Технологическая свариваемость различных конструкционных материалов**

Основные условия свариваемости металлов.

Физико-химические свойства материалов, влияющие на свариваемость.

Основные требования к параметрам режима сварки в зависимости от свойств свариваемых материалов.

Особенности свариваемости разнородных материалов. Изменение структуры и свойств металла в околошовной зоне.

Литература: [1, с. 38]; [2, с. 34]

## **Методические рекомендации**

Необходимо точно знать, что понимают под технологической свариваемостью металла и учитывать, что она неотрывно связана с технологическим процессом изготовления деталей. При выборе параметров режима сварки нужно знать физические и механические свойства наиболее распространенных конструкционных материалов и учитывать их особенности.

Необходимо ознакомиться с основными требованиями, предъявляемыми к параметрам режима сварки и разъяснить особенности свариваемости разнородных материалов, изменение структуры и свойств металла в околошовной зоне.

## **Раздел 2 Оборудование для контактной сварки**

### **Тема 2.1 Общие сведения о контактной сварке**

Основные требования стандартов к электросварочным контактными машинам. Их маркировка конструктивная компоновка.

Назначение основных узлов контактных машин.

Литература: [1, с. 146]; [2, с. 39]; [4, с. 5, 37-61]

## **Методические рекомендации**

При изучении оборудования для контактной сварки следует обратить внимание, что современные контактные машины представляют собой сложные автоматические, электромеханические агрегаты, имеющие электронное управление процессом сварки. Необходимо разобраться, что входит в понятие «машина для контактной сварки» - это собственно машина, электронная аппаратура управления, встроенная в корпус машины, или в виде отдельного шкафа, и другие шкафы с электроаппаратурой.

## **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Назовите основные параметры контактных машин
- 2 Расскажите о системе обозначения контактных машин
- 3 Перечислите основные требования стандартов к электросварочным контактными машинам

4 Перечислите основные узлы контактных машин. Дайте характеристику условиям их работы

### **Тема 2.2 Устройство основных элементов контактных машин**

Электрическая характеристика источника сварочного тока контактных машин.

Принципиальные электрические схемы силовой части однофазных, конденсаторных, трехфазных низкочастотных машин, машин с выпрямлением тока во вторичном контуре.

Литература: [1, с. 152]; [2, с. 40]; [4, с. 75]

### **Методические рекомендации**

Изучая данную тему, необходимо знать, что назначение электрического силового устройства контактной машины - это обеспечение заданного сварочного тока при подключении машины к низковольтной сети промышленной частоты. Электрическое устройство должно обеспечить включение машины в сеть, заданные диапазоны регулирования вторичного напряжения и сварочного тока, заданную форму импульса сварочного тока и совместно с аппаратурой управления цикла сварки - заданную циклограмму и длительность включения и выключения сварочного тока.

Следует рассмотреть и проанализировать работу электрических схем силовой части однофазных, конденсаторных, трехфазных низкочастотных машин, машин с выпрямлением тока во вторичном контуре. Обратите внимание на преимущества и недостатки схем контактных машин.

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Расскажите о работе электрической схемы силовой части однофазных машин переменного тока, трехфазных низкочастотных машин, трехфазных машин постоянного тока, конденсаторных машин

2 Назовите особенности работы контактных машин с выпрямлением тока во вторичном контуре

3 Опишите работу электрической схемы конденсаторных машин

4 Перечислите достоинства и недостатки однофазных машин переменного тока, трехфазных низкочастотных машин, трехфазных

машин постоянного тока, конденсаторных машин.

### **Тема 2.3 Электрические параметры и режимы работы контактных машин**

Основные электрические параметры контактной машины.

Номинальный и кратковременный ток, номинальная мощность. Понятие о режиме работы контактной машины. Кратковременный и длительный режимы. Нагрузочная характеристика контактной машины.

Литература: [1, с. 159]; [2, с. 46]; [4, с. 58]

#### **Методические рекомендации**

Рассматривая вопросы данной темы, необходимо знать основные параметры электрической части машины контактной сварки: максимальный ток короткого замыкания  $I_2 \text{ к.мах.}$  во вторичном контуре машины, номинальный длительный вторичный ток  $I_{2\text{длн.}}$ , и наибольшую длительность прохождения сварочного тока  $t_{\text{св}}$ .

Машины контактной сварки, как правило, работают в режиме с постоянными чередованиями включения и выключения сварочного тока, связанными с установкой деталей для сварки, сваркой, выдержкой их под давлением после сварки, съемом деталей и другими операциями.

Наглядное представление об изменении сварочного тока  $I_{\text{св}}$  машины в зависимости от электрического сопротивления деталей  $R_{\text{э}}$  дает нагрузочная характеристика, т.е.  $I_{\text{св}} = f(R_{\text{э}})$ .

#### **Вопросы для самоконтроля**

1 Перечислите и охарактеризуйте основные электрические параметры контактной машины

2 Дайте понятие номинальному кратковременному току. Выразите их протекание схематично

3 Объясните, что представляет собой продолжительность включения контактных машин (ПВ). Охарактеризуйте кратковременный и длительный режим

4 Дайте определение номинальной мощности. Перечислите известные Вам виды мощности

5 Объясните назначение коэффициента полезного действия контактных машин

6 Изобразите графически внешнюю характеристику контактной машины. Обоснуйте

7 Дайте понятие нагрузочной характеристики машины. Изобразите схематично

8 Перечислите исходные данные для расчета токоведущих элементов вторичного контура. Умейте их рассчитать

## **Тема 2.4 Элементы сварочного трансформатора**

Условия работы и параметры контактных машин.

Конструкция трансформаторов контактных машин.

Конструкция магнитопроводов, первичных и вторичных обмоток.

Схема охлаждения трансформаторов.

Способы регулирования вторичного напряжения.

Заземление трансформатора.

Схемы соединения первичных обмоток сварочных трансформаторов.

Конструкция переключателей ступеней.

Векторные диаграммы сварочного трансформатора в режиме холостого хода.

Литература: [1, с. 224]; [2, с. 54]; [4, с. 4]

## **Методические рекомендации**

При изучении данной темы необходимо помнить, что назначение сварочного трансформатора - это преобразование напряжения сети промышленной частоты в заданное напряжение и ток, необходимые для сварки. Кроме того, в низкочастотных и конденсаторных машинах, трансформаторы выполняют роль преобразователя частоты. В том случае, если частота и продолжительность включения импульсов постоянного тока или разрядов конденсаторной батареи подобраны так, что начало следующего импульса совпадает с концом предыдущего, то получается переменный ток низкой частоты.

Следует знать, что сварочные трансформаторы контактных машин состоят из трех основных узлов: магнитного сердечника (магнитопровода), первичной и вторичной обмоток. Регулирование вторичного регулирования производится посредством переключателей ступеней мощности сварочного трансформатора. Регулирование сварочного тока во всех случаях осуществляется: ступенчато-переключением числа витков первичной обмотки

трансформатора и плавно - изменением угла зажигания тиристора и игнитрона.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Назовите, при каких условиях работает сварочный трансформатор, перечислите основные его параметры
- 2 Назовите основные узлы сварочного трансформатора, охарактеризуйте их
- 3 Приведите схемы соединения первичных обмоток сварочных трансформаторов
- 4 Назовите разновидности переключателей ступеней сварочного трансформатора. Дайте характеристику их конструкции
- 5 Перечислите способы регулирования вторичного напряжения
- 6 Объясните назначение заземления трансформатора
- 7 Расскажите о векторных диаграммах сварочного трансформатора в режиме работы и холостого хода

## **Раздел 3 Аппаратура управления контактными машинами**

### **Тема 3.1 Структура аппаратуры управления**

Назначение аппаратуры управления контактной машины.  
Структурная схема аппаратуры управления

Элементы управления: сопротивления, конденсаторы, электронные, ионные, полупроводниковые элементы.

Литература: [1, с. 276]; [2, с. 63]; [4, с. 124]

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Перечислите функции, выполняемые аппаратурой управления контактной машины
- 2 Приведите структурную схему аппаратуры управления
- 3 Расскажите о дополнительной аппаратуре, используемой для автоматического регулирования
- 4 Расскажите об электронной аппаратуре различных поколений

### **Тема 3.2 Аппаратура управления циклом сварки**

Механические, электромагнитные, ионные и тиристорные контакторы. Устройства для плавного регулирования сварочного тока. Синхронные прерыватели. Электромеханические и электронные регуляторы времени.

Регуляторы цикла сварки на типовых транзисторных элементах и интегральных микросхемах в иерархических системах управления.

Литература: [1, с. 276]; [2, с. 64]; [4, с. 142]

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Перечислите процессы, происходящие при включении и выключении тока электромагнитными и вентильными контакторами

2 Опишите конструкцию механических, электромагнитных и вентильных контакторов. Укажите их достоинства и недостатки

3 Расскажите, как влияет угол включения вентилей на параметры контактной машины

4 Опишите назначение и принцип действия регулятора времени (РВ)

5 Опишите назначения и принцип действия регулятора цикла сварки (РЦС-403)

6 Дайте характеристику синхронному прерывателю

7 Приведите структурную схему прерывателей типов ПК и ПКТ

8 Перечислите и расскажите о назначении блоков, входящих в структурную схему прерывателя

### **Тема 3.3 Автоматическое регулирование процесса контактной сварки**

Классификация систем автоматического регулирования при контактной сварке. Система регулирования по стабилизации: сварочного тока, напряжения на электродах, мощности и энергии, температуры нагрева зоны сварки.

Система регулирования с использованием акустических колебаний по тепловому расширению металла.

Литература: [1, с. 276]; [2, с. 77]; [4, с. 151]

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Приведите структурную схему системы автоматического

регулирования (САР)

2 Перечислите параметры регулирования САР процесса контактной сварки

3 Дайте характеристику автоматической аппаратуре управления, опишите ее назначение.

4 Регуляторы сварочного тока:

- по стабилизации напряжения на электродах (регуляторы напряжения на электродах);

- регуляторы температуры околоэлектродной зоны и инфракрасного излучения;

- регуляторы перемещения электродов под действием теплового расширения металла.

### **Тема 3.4 Аппаратура управления контактными машинами для сварки постоянным током**

Аппаратура управления и типовые элементно-принципиальные схемы конденсаторных, низкочастотных машин и машин для сварки постоянным током.

Литература: [1, с. 296]; [2, с. 66]; [4, с.157]

#### **Вопросы для самоконтроля**

1 Расскажите о классификации и применении импульсных схем

2 Опишите особенности оборудования для контактной сварки легких сплавов и цветных металлов

3 Приведите силовые схемы конденсаторных машин

4 Расскажите о сварке энергией, накопленной в магнитном поле

### **Тема 3.5 Приводы сжатия точечных машин**

Назначение и устройство электропневматических клапанов, воздушных редукторов, дросселирующего клапана, маслораспределителя,

Назначение и устройство электрогидравлических разгрузочных клапанов, золотников, дросселирующей аппаратуры.

Литература: [1, с. 179]; [2, с. 74]; [4, с. 44]

## Методические рекомендации

При изучении данного раздела необходимо знать, что основной задачей аппаратуры управления при контактной сварке является воспроизведение в реальном времени заданной программы путем подачи в аналоговой или дискретной форме управляющих сигналов на функциональные узлы аппаратуры, управляющие соответствующими приводами машины.

Более широкими возможностями (точностью, быстродействием, оперативностью) обладает аппаратура с использованием микро ЭВМ и микропроцессорной техники.

Аппаратура управления контактных машин выполнена в виде блочных конструкций, скомпонованных из отдельных унифицированных функциональных узлов, что облегчает ее обслуживание и ремонт.

Следует обратить внимание на наличие гидравлической и пневматической аппаратуры контактных машин.

Основное назначение пневматического устройства - совпадение необходимых усилий на свариваемых деталях. Она состоит из пневматических цилиндров, служащих для перемещения исполнительных органов, аппаратуры, управляющей движением поршня и исполнительных органов по заданной программе.

Все усилия, развиваемые пневмоприводом контактной машины, ограничены габаритами цилиндров и производительностью на уровне 20-30 кН. Для получения больших усилий, или по условию размещения электродов в многоэлектродных и в подвесных машинах, используется гидравлический привод.

Необходимо знать, из каких узлов состоит пневматический и гидравлический привод, в каком случае используется тот или другой и почему.

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Объясните назначение и устройство воздухораспределителей различных систем
- 2 Объясните, для чего применяются выхлопные клапаны и глушители
- 3 Объясните назначение и устройство гидропривода и насосной станции, гидроаккумуляторов

## **Раздел 4 Технология контактной сварки**

### **Тема 4.1 Сварные соединения и типовые узлы, выполняемые контактной сваркой**

Типы соединений, выполняемых точечной, рельефной и шовной сваркой, и выбор их размеров.

Конструктивные элементы сварных узлов.

Типовые узлы, свариваемые точечной, рельефной и шовной сваркой. Прочность соединений при статических и динамических нагрузках.

Литература: [1, с. 74]; [2, с. 82]; [4, с. 264]

#### **Методические рекомендации**

При изучении данной темы необходимо основываться на том, что высокое качество сварных изделий обеспечивается совокупностью всех конструктивных и технологических решений. Обязательным требованием современного производства является тщательная отработка технологичности спроектированного узла. Поэтому необходимо разобраться, что понимают под технологичностью.

Обратите также внимание на то, что в понятие «оптимальные размеры соединения» входит несколько измеряемых величин, называемых «конструктивными элементами соединения».

#### **Вопросы для самоконтроля**

1 Перечислите основные конструктивные элементы соединений и объясните их назначение

2 Объясните, что понимают под технологичностью сварного соединения?

3 Объясните, как статистические и динамические нагрузки влияют на прочность сварного соединения

### **Тема 4.2 Особенности технологии сборки и сварки при выполнении контактной сварки**

Технологическая схема сборки и сварки узлов с применением точечной, рельефной и шовной сварки.

Подготовка поверхности изделий. Сборка, прихватка и сварка узлов. Выбор типа машины для сварного узла. Деформации при сварке и методы борьбы с ними.

Литература: [1, с. 79]; [2, с. 84]

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Перечислите, из каких операций состоит типовой технологический процесс?

1 Объясните сущность операций изготовления деталей и подготовки поверхности

3 В чем заключается сущность подготовки поверхности для разных групп конструкционных материалов

4 Объясните, какое влияние оказывает сборка и прихватка на технологический процесс в целом

5 Объясните, что входит в понятие «режим сварки»?

6 Изложите, на основании чего производится выбор оборудования для сварки

7 Объясните, какое влияние оказывают возникшие при сварке деформации на качество сварного соединения. Перечислите методы борьбы с ними

### **Тема 4.3 Технология точечной сварки**

Параметры режима точечной, их влияние на качество сварного соединения.

Сварка материалов различной толщины и с различными физико-механическими свойствами.

Особенности сварки углеродистых, легированных сталей и цветных металлов.

Получение клеесварных конструкций.

Литература: [1, с. 84-102]; [2, с. 87-102]

### **Методические рекомендации**

При изучении данных тем необходимо обратить внимание, что технологический процесс производства сварных узлов состоит из ряда основных операций в определенной последовательности: изготовление деталей, подготовка свариваемых поверхностей, сборка, прихватка, сварка, правка и механическая обработка, антикоррозионная защита, контроль. Следует знать сущность и назначение каждой операции. Особое внимание обратите на технологию и технику сварки различных материалов.

Учащиеся должны знать, что в процессе термомеханического цикла сварки происходят неблагоприятные изменения структуры и свойства металла, образуются различные дефекты.

Необходимо разобраться, что понимают под технологической свариваемостью и как, управляя технологией, можно влиять на свойства металла в зоне сварки.

Одним из основных вопросов, имеющих практическое применение, является режим сварки. Для каждого металла, толщины деталей, можно найти оптимальный режим, который бы обеспечивал получение соединений необходимого качества. Следует обратить внимание на циклограммы сварки и научиться ими пользоваться.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Перечислите параметры режима сварки точечной, рельефной и шовной
- 2 Объясните технологию сварки материалов с различными физико-механическими свойствами
- 3 Существуют ли различия в технологии сварки углеродистых сталей и цветных металлов?
- 4 Укажите область применения и технические возможности клеесварных конструкций
- 5 Объясните сущность и особенности технологии материалов различной толщиной
- 6 Охарактеризуйте материалы с защитными покрытиями

### **Тема 4.4 Технология рельефной сварки**

Разновидности контактной рельефной сварки и типы применяемых рельефов.

Формирование соединений при рельефной сварке. Основные параметры режима сварки.

Литература: [1, с. 264]; [2, с. 106]

### **Методические рекомендации**

При изучении данной темы необходимо знать разновидности контактной рельефной сварки и типы применяемых рельефов.

Рассмотрите формирование соединений при рельефной сварке. Изучите основные параметры режима сварки.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Изложите разновидности контактной рельефной сварки
- 2 Назовите типы применяемых рельефов
- 3 Объясните, формирование соединений при рельефной сварке
- 4 Объясните влияние параметров на качество сварного соединения

### **Тема 4.5 Технология шовной сварки**

Разновидности шовной сварки. Циклограммы процесса шовной сварки. Особенности формирования соединений.

Литература: [1, с. 301]; [2, с. 214]

### **Методические рекомендации**

При изучении данной темы необходимо знать разновидности шовной сварки. Изучите принцип построения циклограммы процесса шовной сварки. Рассмотрите особенности формирования соединений при шовной сварке.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Изложите разновидности шовной сварки
- 2 Назовите циклограммы процесса шовной сварки.
- 3 Объясните, формирование соединений при шовной сварке
- 4 Объясните влияние параметров на качество сварного соединения

### **Тема 4.6 Дефекты и контроль качества сварных соединений, выполняемых точечной, шовной и рельефной сваркой**

Дефекты точечной, рельефной и шовной сварки, их причины. Методы контроля качества.

Приборы контроля и измерения основных параметров швов сварных соединений.

Литература: [1, с. 301]; [2, с. 214]

### **Методические рекомендации**

При изучении данной темы необходимо знать основные виды дефектов, возникающих при точечной, рельефной и шовной сварке: непровар, трещины, раковины, поры, вмятины, выплески, хрупкость и нарушение герметичности. Обратите внимание на причины возникновения дефектов и способы их устранения.

Следует знать, что качество сварных соединений контролируют различными способам на образцах и деталях. Существующий и неразрушающий методы контроля.

В результате изучения данной темы следует уметь выбирать конкретный метод контроля при разработке технологического процесса производства сварных узлов.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Перечислите дефекты точечной, рельефной и шовной сварки. Обоснуйте их причины
- 2 Выявите, какой дефект является наиболее опасным и почему?
- 3 Объясните, что понимают под наружным и внутренним выплесками
- 4 Объясните, в результате чего возникает негерметичность сварного соединения
- 5 Охарактеризуйте дефекты, возникающие при стыковой сварке
- 6 Объясните как исправить дефекты контактной сварки
- 7 Назовите известные Вам способы неразрушающего контроля
- 8 Объясните, в каких случаях применим разрушающий метод контроля

## **Раздел 5 Эксплуатация машин для точечной, рельефной и шовной сварки**

### **Тема 5.1 Классификация и основные узлы машин для точечной, рельефной и шовной сварки**

Классификация машин для точечной, рельефной и шовной сварки.

Основные узлы машин: станина, механизм создания усилий на электродах, сварочный контур, электрическая часть и аппаратура управления, система охлаждения, их назначение и устройство.

Привод вращения электродов шовных машин.

Литература: [1, с. 146]; [2, с. 120]; [4, с. 23]

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Изложите классификацию машин для точечной, рельефной и шовной сварки
- 2 Назовите и объясните назначение и принцип действия основных узлов машин
- 3 Объясните взаимосвязь между механизмом сжатия и включением тока в контактных точечных машинах
- 4 Обоснуйте: существует ли различие в приводах сжатия точечных и рельефных машин
- 5 Назовите, что включает в себя электрическая и механическая часть контактных машин

### **Тема 5.2 Элементы вторичного контура**

Консоли, электродержатели и электроды. Их назначение и конструктивные особенности.

Состав и свойства сплавов, применяемых для изготовления электродов.

Литература: [1, с. 224]; [2, с. 129]; [4, с. 37]

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Перечислите и объясните назначение и конструктивные особенности элементов, входящих во вторичный контур
- 2 Укажите отличия вторичного контура контактных машин
- 3 Поясните, как увеличить жесткость консолей и кронштейнов
- 4 Охарактеризуйте состав и свойства сплавов, применяемых для изготовления электродов
- 5 Дайте характеристику условиям работы электродов
- 6 Обоснуйте, от чего зависит конструкция электродов контактных машин

### **Тема 5.3 Устройство и технические характеристики машин общего назначения**

Однофазные машины общего применения для точечной, рельефной и шовной сварки. Их устройство и технические характеристики.

Подвесные точечные и шовные машины.

Трехфазные машины низкочастотные и с выпрямлением тока во вторичном контуре.

Конденсаторные машины.

Требования безопасности труда при эксплуатации машин общего применения.

Литература: [2, с. 146-155]

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Объясните, исходя из каких условий выбирается машина для сварки конкретных деталей

2 Объясните устройство и принцип действия подвесной точечной машины

3 Объясните устройство и принцип действия шовной машины

3 Приведите техническую характеристику однофазной машины для рельефной сварки

4 Охарактеризуйте трехфазные низкочастотные машины

5 Перечислите технику безопасности при эксплуатации машин общего применения

### **Тема 5.4 Эксплуатация специальных машин**

Классификация многоэлектродных машин для точечной сварки. Их основные узлы.

Многоэлектродные машины для сварки штамповочно-сварочных конструкций и арматурных сеток.

Многошовные машины.

Литература: [1, с. 214]; [2, с. 147]

### **Методические рекомендации**

При изучении данного раздела необходимо знать, что машины контактной сварки состоят из двух взаимосвязанных частей: механической и электрической.

Механическая часть - это комплекс конструктивных элементов, создающих жесткость и прочность машины, воспринимающих усилия, а также механизмов, предназначенных для закрепления, сжатия и перемещения свариваемых деталей.

Электрическая часть - состоит из источника питания, преобразующего энергию сети промышленной частоты для получения

сварочного тока и вторичного контура для непосредственной передачи тока к детали.

Необходимо знать, что сварочный контур машин контактной сварки обеспечивает подвод тока от вторичного витка трансформатора к свариваемым деталям. Размеры и конструкция элементов сварочного контура зависит от типа машин, сварочного тока и усилия сжатия, кроме того, учитывается рабочее пространство машины.

Следует знать, что непосредственно подвод сварочного тока к деталям и усилие сжатия осуществляется электродами, которые в зависимости от выполняемых функций подразделяются на прямые, фигурные и специальные.

Так как точечной, рельефной и шовной сваркой соединяют детали толщиной от 2 до 30 мм для этого необходимо использовать определенный тип контактных машин.

Наибольшее распространение получили машины переменного тока из-за простоты конструкции и универсальности. Разработаны и выпускаются машины, выполняющие сварку соединения одним импульсом униполярного тока. К ним относятся конденсаторные машины, машины постоянного тока и низкочастотные.

Конденсаторные машины отличаются невысокой средней установленной мощностью (не более 70 кВА при наибольшем вторичном токе 85 кА) и особой стабильностью импульсов тока, так как их параметры определяются энергией, запасенной в конденсаторах, и не зависят от колебаний напряжений питающей сети.

К разряду специальных машин относят многоэлектродные контактные машины, применяемые в серийном и массовом производстве. Необходимо разобраться в конструктивной компоновке многоэлектродных машин и знать, как они изменяются в зависимости от выполняемых работ.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Объясните, в чем состоит отличие конструкций многоэлектродных машин для односторонней и двухсторонней сварки?
- 2 Опишите принцип работы многоэлектродной машины прессового типа
- 3 Перечислите особенности конструкции многошовных контактных машин

## **Раздел 6 Технология контактной стыковой сварки**

## **Тема 6.1 Сварные соединения и типовые детали, получаемые стыковой сваркой**

Типы сварных соединений, выполняемых стыковой сваркой сопротивлением и оплавлением.

Типовые узлы, свариваемые стыковой сваркой сопротивлением и оплавлением.

Литература: [1, с. 132]; [2, с. 166]

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Назовите, исходя из каких соображений, зависит выбор способа стыковой сварки
- 2 Объясните, что понимают под рациональной конструкцией торцов деталей, подлежащих стыковой сварке
- 3 Перечислите способы подготовки деталей и сварке
- 4 Охарактеризуйте типы сварных соединений, выполненных стыковой сваркой
- 5 Опишите типовые узлы, свариваемые стыковой сваркой
- 6 Охарактеризуйте стыковую сварку сопротивлением. Перечислите ее основные параметры. Укажите ее достоинства и недостатки
- 7 Дайте характеристику стыковой сварке плавлением. Перечислите ее основные параметры. Укажите её достоинства и недостатки

## **Тема 6.2 Параметры режима стыковой сварки сопротивлением и оплавлением**

Параметры режима стыковой сварки сопротивлением и оплавлением. Выбор установочной длины, припуска на сварку, скорости оплавления и осадки, усилия осадки, силы сварочного тока.

Особенности стыковой сварки сталей, цветных металлов и сплавов.

Сварка сталей различного сечения.

Литература: [1, с. 135-140]; [2, с. 173]

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Перечислите параметры режима стыковой сварки

сопротивлением и оплавлением

- 2 Дайте понятие установочной длины, припуска на сварку
- 3 Объясните, как производится выбор скорости плавления, и осадки, усилия осадки, силы сварочного тока
- 4 Объясните, что понимают под технологическими особенностями процесса стыковой сварки
- 5 Изложите особенности стыковой сварки цветных металлов и сплавов
- 6 Опишите сварку сталей различного сечения
- 7 Опишите влияние остаточных деформаций при стыковой сварке на качество сварного соединения. Перечислите методы борьбы с ними

### **Тема 6.3 Дефекты и контроль качества сварных соединений, выполняемых стыковой сваркой**

Основные дефекты стыковой сварки, их признаки и причины появления. Контроль качества в процессе сварки и после ее завершения.  
Литература: [1, с. 305]; [2, с. 216]

#### **Методические рекомендации**

В результате изучения данного раздела нужно уметь выбирать способ сварки в зависимости от материала, размеров и формы поперечного сечения свариваемых деталей. При этом учитывают требования к качеству соединений и масштабам производства.

Необходимо разбираться в технологии стыковой сварки сопротивлением и оплавлением. Следует помнить, что основным недостатком стыковой сварки сопротивлением является окисление торцов во время нагрева.

Наиболее широко применяют сварку непрерывным оплавлением с подогревом. Она обеспечивает высокое качество соединений при меньших затратах электрической мощности и трудоемкости на досварочные операции.

Необходимо знать, от чего зависит выбор режима сварки и основные его параметры.

Существуют технологические особенности процесса стыковой

сварки нагретый металл контактирует с атмосферными газами, имеет место испарение легирующих элементов, детали длительное время находятся под воздействием высоких температур, происходит пластическая деформация и концентрация растягивающих напряжений на периферии соединения, что ведет к образованию различных дефектов.

Следует знать, что основными дефектами при стыковой сварке являются: непровар, перегрев, трещины, подгар поверхности в месте подвода тока. Необходимо рассмотреть способы, предупреждающие их образование и меры по устранению.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Перечислите дефекты, встречающиеся при стыковой сварке
- 2 Объясните, какие виды трещин могут быть при стыковой сварке и почему
- 3 Назовите метод, используемый для контроля качества стыковых соединений

## **Раздел 7 Машины для стыковой сварки**

### **Тема 7.1 Классификация машин и конструктивные особенности их основных узлов**

Классификация машин для стыковой сварки.

Основные узлы: станина, направляющие, плиты, механизм подачи и осадки, зажимные устройства и упорные приспособления, сварочный контур, контактор, преобразователь тока, аппаратура управления, система охлаждения, их назначение и устройство.

Литература: [1, с. 216]; [2, с. 175]

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Изложите классификацию машин для стыковой сварки
- 2 Перечислите и дайте характеристику основным узлам стыковой машины
- 3 Укажите требования, предъявляемые к станинам стыковых машин
- 4 Объясните назначение зажимных и упорных приспособлений
- 5 Опишите работу и конструктивное устройство механизма

подачи и осадки

6 Назовите, что включает в себя сварочный контур контактной машины

7 Опишите функции, выполняемые аппаратурой управления стыковой контактной машины

## **Тема 7.2 Стыковые машины общего применения**

Однофазные машины общего применения для стыковой сварки сопротивлением и оплавлением. Их устройство и технические характеристики. Требования безопасности труда при их эксплуатации.

Литература: [1, с. 216]; [2, с. 185]

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Объясните, существует ли различие в конструктивной компоновке стыковых контактных машин сопротивлением и оплавлением

2 Сравните и объясните устройство однофазных машин общего применения для стыковой сварки сопротивлением и оплавлением. Опишите их технические характеристики, область применения

3 Перечислите правила требования безопасности при эксплуатации стыковых машин

## **Тема 7.3 Специальные стыковые машины**

Конструкция и отличительные особенности стыковых машин для сварки ленты и листа, ободьев колес, рельсов, цепей, трубопроводов.

Литература: [1, с. 214]; [2, с. 187]

### **Методические рекомендации**

При изучении данного раздела необходимо обратить внимание, что машины стыковой сварки относят к разряду универсальных и подразделяют на три группы: неавтоматические малой мощности для стыковой сварки сопротивлением (ССС), неавтоматические средней мощности для стыковой сварки оплавлением и сопротивлением (ССО и ССС) и автоматические средней и большой мощности для СОО (оплавление с подогревом).

Для сварки деталей больших сечений методом непрерывного оплавления применяют машины с программным регулированием

напряжения при оплавлении. Они имеют значительно более высокие технические показатели по сравнению с машинами, предназначенными для сварки оплавлением с подогревом.

Необходимо знать назначение и принцип действия основных узлов контактных машин для стыковой сварки.

Следует обратить внимание на то, что существуют специальные стыковые машины, предназначенные для сварки конкретных изделий; звеньев цепей, ободьев автомобильных колес, фланцев, заготовок клапанов др. Их конструкция существенно отличается от конструкции обычных стыковых машин.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Перечислите особенности конструкции стыковых контактных машин для сварки магистральных трубопроводов
- 2 Опишите стыковые машины для сварки рельс
- 3 Назовите существенные различия в конструктивной компоновке стыковых машин для сварки ленты и ободьев колес

## **Раздел 8 Механизация и автоматизация контактной сварки**

### **Тема 8.1 Основные средства механизации и автоматизации**

Механизированные прижимы и зажимные устройства (механические, электромеханические, пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электромагнитные).

Быстродействующие пневморычажные зажимы и зажимы с самозаклиниванием для стыковой сварки.

Поддерживающие приспособления для точечной сварки.

Механизированные приспособления для шовной сварки.

Литература: [1, с. 263]; [2, с. 194]

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Объясните назначение и конструкцию поддерживающих и перемещающих устройств
- 2 Объясните назначение и конструкцию механизированных прижимов и зажимных устройств
- 3 Расскажите, где применяются поворотные столы
- 4 Объясните связь между механизированным приспособлением и транспортной системой

## **Тема 8.2 Механизированное специальное оборудование для контактной сварки. Промышленные роботы**

Комбинированные машины для точечной, рельефной и шовной сварки. Промышленные роботы, схемы их компоновки, технические характеристики, область применения.

Литература: [1, с. 263]; [2, с. 198]

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Назовите преимущества и недостатки применения комбинированных сварочных машин
- 2 Перечислите основные характеристики роботов
- 3 Охарактеризуйте роботов, применяемых на производстве
- 4 Опишите конструкцию и принцип работы машины для изготовления тормозных колодок автомобилей

## **Тема 8.3 Механизированные поточные и автоматические линии**

Компоновка механизированных и автоматических линий. Типовые механизмы загрузочных операций. Транспортные устройства. Примеры механизированных и автоматических линий из различных отраслей производства.

Литература: [1, с. 269]; [2, с. 205]

### **Методические рекомендации**

При изучении данного раздела необходимо знать, что общей тенденцией развития любого производства, в том числе и сварочного, является уменьшение затрат ручного труда. Достигнуть этого можно рациональным построением и организацией производственных процессов и заменой живого труда работой технических устройств.

Следует различать механизацию и автоматизацию основных и вспомогательных работ. К механизации основных работ при сварке относят механизацию подачи сварочных материалов в зону плавления и механизацию перемещения сварочного инструмента вдоль линии соединения во время сварки.

Автоматизация основных работ состоит в автоматическом

управлений различными функциями.

К механизации вспомогательных работ при сварке относят механизацию загрузки и закрепления заготовок и последующее раскрепление и нагрузку сваренного изделия, механизацию подвода сварочного инструмента на исходного положения в точку начала сварки, отвода его из точки окончания сварки в исходное положение, а также перемещение между точками.

Автоматизация вспомогательных работ состоит в автоматическом управлении перечисленными действиями с включением сварки после их выполнения.

На долю вспомогательных операций обычно приходится свыше 70-80% общей трудоемкости сварочного процесса. Процессы соответственно контактной сварки в настоящее время практически полностью автоматизированы, а уровень механизации вспомогательных операций составляет не более 10-16%.

С целью повышения уровня механизации сборочно-сварочных операций для шовной и точечной сварки применяют сборочные приспособления – шаблоны, кондукторы, стапели, сборочные станды. Необходимо разобраться, для каких именно сборочно-сварочных операций используются указанные приспособления, рассмотреть их конструктивные особенности.

Особое внимание следует обратить на новое научно-техническое направление - робототехнику. Полная автоматизация сварки требует чтобы сварочный автомат управлял одновременно как режимом, так и инструментом. К автоматам такого типа относится промышленный робот - это новое орудие в арсенале средств автоматизации современного производства.

Рассмотрите разновидности промышленных роботов, производящих контактной точечной сваркой соединение различных узлов, их технические характеристики и схемы компоновки. Широкое применение находят роботизированные автоматизированные комплексы. Следует учитывать, что промышленные роботы целесообразно использовать в массовом и крупносерийном производстве. При этом повышается производительность труда и улучшается качество продукции.

Необходимо знать, что понимают под автоматическими и механизированными линиями. Обратите особое внимание» что на механизированных поточных линиях большая часть операций основного производственного процесса выполняется с помощью машин и механизмов, частично механизированы вспомогательные операции.

При использовании автоматических линий основное, вспомогательное и транспортное оборудование выполняет определенную часть производственного процесса без непосредственного участия человека.

Рассмотрите разновидности автоматических и механизированных поточных линий, применяемых на производстве.

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Расскажите о комплексных механизированных поточных линиях

1 Объясните, какие автоматические линии применяются в автомобильном производстве?

2 Расскажите о транспортных устройствах

## **Раздел 9 Эксплуатация и монтаж сварочного оборудования**

### **Тема 9.1 Техничко-экономические показатели контактной сварки**

Трудоемкость и производительность работ при контактной сварке.  
Структура затрат.

Расход энергии при различных способах сварки.

Особенности условий труда на контактных машинах.

Литература: [1, с. 344]; [2, с. 237]; [4, с. 234-246]

### **Методические рекомендации**

Необходимо знать, что эффективность контактной сварки оценивается ее технико-экономическими показателями. К ним относятся: трудоемкость процесса, себестоимость изготовления сварных деталей, металлоемкость, затраты энергии и вспомогательных материалов, эксплуатационные расходы, надежность и др.

Удельное значение этих показателей зависит от многих причин и может изменяться в широких пределах.

Основным показателем является трудоемкость, определяемая затратами времени на сборочную операцию и характеризующая производительностью процесса.

Необходимо изучить, из чего состоит трудоемкость, как она определяется, какое влияние на ее численное значение оказывают

составляющие.

Так как контактная сварка является энергоемким процессом, то удельные затраты энергии велики и зависят от многих факторов. Рассмотрите подробно эти факты.

Изучите правила техники безопасности при работе на контактных машинах и используемые при этом средства защиты.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Перечислите основные технологические показатели при контактной сварке
- 2 Дайте характеристику трудоемкости к производительности работ при контактной сварке
- 3 Сравните расход энергии при различных способах сварки

## **Тема 9.2 Монтаж, наладка, настройка и эксплуатация**

### **контактных машин**

Средства защиты от ожогов при выплеске расплавленного металла, от поражения током, от загрязнения воздуха, от механических повреждений.

Меры по предупреждению пожаров и по охране окружающей среды.

Организация рабочего места.

Установка стационарных и подвесных машин, включение их в электросеть, подвод воздуха и воды.

Аттестация машин.

Наладка, настройка и эксплуатация машин.

Наладка сборочно-сварочных приспособлений, оснастки сварочных машин, их эксплуатация.

- 1 Сделайте сравнительный анализ особенностям условий труда при работе на контактных машинах
- 2 Перечислите средства индивидуальной и коллективной защиты
- 6 Изложите меры по предупреждению пожаров и по охране окружающей среды
- 7 Изложите последовательность организации рабочего места
- 8 Объясните, как производится установка стационарных и подвесных машин, включение их в электросеть, подвод воздуха и воды
- 9 Объясните назначение термина «аттестация машин»

10 Изложите последовательность наладки сборочно-сварочных приспособлений, оснастки сварочных машин, условия их эксплуатации

### **Вопросы для самоконтроля**

## **Раздел 10 Прогрессивные способы сварки**

### **Тема 10.1 Холодная, ультразвуковая сварка, сварка взрывом**

Холодная, ультразвуковая сварка, сварка взрывом, их сущность. Преимущества этих способов сварки, их технология, оборудование и область применения.

Литература: [2, с. 234]

### **Методические рекомендации**

Изучение данного раздела дает возможность ознакомиться со специальными способами сварки давлением, в которых заметную, а иногда решающую роль играет механическая энергия.

Необходимо знать, что понимают под сваркой давлением.

Это сварка, осуществляемая при температурах ниже точки плавления свариваемых металлов без использования припоя и с приложением давления, достаточного для создания необходимой пластической деформации соединяемых частей.

Следует отметить, что образование соединений при сварке давлением имеет свои особенности, т.е. происходит сближение поверхностей на межатомные расстояния, достигаемые в результате пластической деформации в зоне сварки. Образование равнопрочного основному металлу соединения обусловлено установлением физического контакта, связями между атомами соединяемых поверхностей и протеканием объемных процессов.

Любые технологические процессы сварки давлением управляются всеми или частью следующих пяти основных параметров: давление (деформация), температура, время, среда (состав газовой фазы), скорость взаимного перемещения (трения).

Рассмотрите область применения и особенности технологии способов сварки давлением. Обратите внимание на особенности применяемого оборудования.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Объясните сущность холодной сварки
- 1 Объясните сущность ультразвуковой сварки и особенности работы ультразвукового волновода
- 2 Назовите область применения и особенности технологии сварки взрывом
- 3 Назовите типы соединений, параметры режима сварки

## **Тема 10.2 Сварка трением и диффузионная сварка**

### **Методические рекомендации**

Изучение данного раздела дает возможность ознакомиться со специальными способами сварки давлением, в которых заметную, а иногда решающую роль играет механическая энергия.

Необходимо знать, что понимают под сваркой давлением.

Это сварка, осуществляемая при температурах ниже точки плавления свариваемых металлов без использования припоя и с приложением давления, достаточного для создания необходимой пластической деформации соединяемых частей.

Следует отметить, что образование соединений при сварке давлением имеет свои особенности, т.е. происходит сближение поверхностей на межатомные расстояния, достигаемые в результате пластической деформации в зоне сварки. Образование равнопрочного основному металлу соединения обусловлено установлением физического контакта, связями между атомами соединяемых поверхностей и протеканием объемных процессов.

Любые технологические процессы сварки давлением управляются всеми или частью следующих пяти основных параметров: давление (деформация), температура, время, среда (состав газовой фазы), скорость взаимного перемещения (трения).

Рассмотрите область применения и особенности технологии способов сварки давлением. Обратите внимание на особенности применяемого оборудования.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Объясните сущность сварки трением
- 2 Объясните сущность диффузионной сварки

- 3 Назовите типы соединений, свариваемых сваркой трением, параметры режима сварки
- 4 Объясните сущность диффузионной сварки, конструктивные особенности применяемого оборудования

### **Тема 10.3 Высокочастотная сварка и сварка вращающейся дугой**

Изучение данного раздела дает возможность ознакомиться со специальными способами сварки давлением, в которых заметную, а иногда решающую роль играет механическая энергия.

Необходимо знать, что понимают под сваркой давлением.

Это сварка, осуществляемая при температурах ниже точки плавления свариваемых металлов без использования припоя и с приложением давления, достаточного для создания необходимой пластической деформации соединяемых частей.

Следует отметить, что образование соединений при сварке давлением имеет свои особенности, т.е. происходит сближение поверхностей на межатомные расстояния, достигаемые в результате пластической деформации в зоне сварки. Образование равнопрочного основного металлу соединения обусловлено установлением физического контакта, связями между атомами соединяемых поверхностей и протеканием объемных процессов.

Любые технологические процессы сварки давлением управляются всеми или частью следующих пяти основных параметров: давление (деформация), температура, время, среда (состав газовой фазы), скорость взаимного перемещения (трения).

Рассмотрите область применения и особенности технологии способов сварки давлением. Обратите внимание на особенности применяемого оборудования.

#### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Назовите особенности технологии высокочастотной сварки - поперечной и продольной
- 2 Объясните, как производится подвод тока при высокочастотной сварке
- 3 Объясните технологию сварки вращающейся дугой

**Список используемых источников****Основной**

1 Глебов, Л.Ф. Устройство и эксплуатация контактных машин / Л.Ф.Глебов, Филиппов Ю.И., Чупошников Ю.Л. – Л.: Энергоатомиздат, ленинградское отделение, 1987

2 Гуляев, А.И. Технология и оборудование контактной сварки / А.И.Гуляев. – Москва: Машиностроение, 1985

3 Технология и оборудование контактной сварки / под.ред. Б.Д. Орлова.- Москва: Машиностроение, 1986

**Дополнительный**

4 Банов, М.Д. Технология и оборудование контактной сварки / М.Д.Банов. – 4-е изд. – Москва: машиностроение, 2009,

5 Березиенко, В.П. Технология сварки давлением / В.П.Березиенко, С.В. Мельников, С.М.Фурманов. – БРУ, 2009

**Задания на домашнюю контрольную работу**

- 1 Классификация способов контактной сварки, сущность и область применения
- 2 Преимущества и недостатки контактной сварки, перспективы дальнейшего развития
- 3 Этапы образования сварных соединений при точечной, шовной и рельефной сварке. Объясните их сущность, укажите особенности
- 4 Этапы образования соединений при стыковой контактной сварке сопротивлением и оплавлением
- 5 Электрическое сопротивление деталей. Объясните сущность этого явления
- 6 Величина электрического сопротивления контакта. Объясните сущность данного явления
- 7 Отличия электрического и температурного полей, их назначение и природа возникновения во время нагрева при контактной сварке
- 8 Различия при нагреве деталей стыковой сваркой сопротивлением и оплавлением. Как при этом распределяются температуры
- 9 Околошовная зона при контактной сварке
- 10 Тепловое расширение металла при контактной сварке
- 11 Каковы особенности оплавления при стыковой сварке
- 12 Различия термопластических деформаций при точечной и стыковой сварке
- 13 Что называют свариваемостью. Какие физические и механические свойства металлов необходимо знать при выборе параметров режима сварки
- 14 Особенности и технология сварки углеродистых сталей и титановых сплавов
- 15 Особенности и технология сварки коррозионно-стойких сталей, меди и сплавов
- 16 Основные требования, предъявляемые к контактным машинам, система их обозначения
- 17 Назначение основных узлов контактных машин
- 18 Электрическая силовая часть контактных машин
- 19 Однофазные машины переменного тока. Конструктивное устройство, преимущества и недостатки машин данного типа
- 20 Назначение, область применения и работа трехфазных

низкочастотных машин

21 Принципиальная схема силовой части трехфазной машины постоянного тока, принцип схемы, преимущества и недостатки

23 Конденсаторные машины. Принципиальная схема, преимущества и недостатки

24 Основные электрические параметры машины. Объясните назначение каждого из них

25 Номинальный и кратковременный ток, номинальная мощность

26 Понятие о режиме работы контактной машины. Кратковременный и длительный режимы

27 Внешняя характеристика контактной машины, способы ее построения

28 Нагрузочные характеристики контактных машин

29 Токоведущие элементы вторичного контура, назначение каждого из них

30 Основные типы сварочных трансформаторов контактных машин. Устройство, особенности работы

31 Материал и способы изготовления магнитопроводов первичных и вторичных обмоток

32 Переключатели ступеней мощности сварочного трансформатора

33 Способы регулирования вторичного напряжения

34 Векторные диаграммы сварочного трансформатора в режиме холостого хода

35 Назначение и структура аппаратуры управления

36 Структурная схема аппаратуры управления машинами контактной сварки

37 Схема и работа электронного реле времени. Назначение и область применения

38 Регулятор цикла сварки. Назначение, область применения, конструктивное устройство

39 Особенности конструкции и работа игнитронного и тиристорного контакторов

40 Синхронные прерыватели, их конструктивное отличие при использовании игнитронов и тиристоров

41 Автоматическое регулирование процессом контактной сварки.

42 Параметры системы автоматического регулирования процессом контактной сварки

- 43 Регуляторы сварочного тока и напряжение на электродах
- 44 Регуляторы температуры околоэлектродной зоны и инфракрасного излучения
- 45 Регуляторы перемещения электродов под действием теплового расширения металла
- 46 Акустическая аппаратура для управления процессом контактной сварки
- 47 Пневматическая и гидравлическая аппаратура контактных машин
- 48 Назначение гидравлического привода
- 49 Работа и особенности конструкции маслораспылителя и воздушного редуктора
- 50 Назначение, особенности работы электрогидравлических разгрузочных клапанов и золотников
- 51 Назначение и особенности работы регулируемого дросселя с обратным клапаном

### Задачи и методические рекомендации по их выполнению

**51-58 Задача.** На стыковой контактной машине при максимальной плотности тока  $j$  необходимо сварить встык сопротивлением стержни из низкоуглеродистой стали сечением  $F$ . Требуется определить максимально возможную производительность процесса при условии, что вспомогательное время сварки составляет  $t_n$ . Данные для решения задачи приведены в таблице 1.

Таблица 1- Исходные данные решения задач для вариантов 51-58

Номер задачи	Плотность тока, $J, \text{А/мм}^2$	Сечение стержня, $F, \text{мм}^2$	Вспомогательное время сварки, $t_m$
51	198	28	3
52	183	32	3
53	172	44	4
54	163	58	4
55	157	59	5
56	151	62	5
57	148	75	5
58	140	97	6

Порядок решения

а) определить время сварки,  $t_{св}$ , из соотношения

$$j = y + \frac{\hat{A}}{t_{с\hat{a}}}, \quad (4)$$

$$t_{\hat{n}\hat{a}} = \frac{\hat{A}}{j - \acute{o}}, \quad \hat{n}$$

Откуда

где  $y$  и  $B$  – эмпирические коэффициенты (для низкоуглеродистой стали).

$$y = 10 \text{ A/мм}^2, \quad B = 120 \frac{\text{A} \times \hat{n}}{\text{A}^2}$$

б) определить полную длительность одной сварочной операции

$$t_{\acute{o}} = t_{с\hat{a}} + t_{\hat{n}}, \quad \hat{n} \quad (5)$$

в) определить часовую производительность стыковой сварки

$$N = \frac{t_{\tau}}{t_y}, \quad \emptyset \quad (6)$$

где  $t_{\tau}$ - время одного часа в секундах.

г) определить силу сварочного тока  $I_{св}$ , зная плотность тока  $j$  и сечение стержня  $F$

$$I_{с\hat{a}} = F \times j, \quad \text{A} \quad (7)$$

д) определить полезную мощность машины при вторичном напряжении  $U_2 = 28$

$$W_{\text{полез}} = I_{св} \times U_2, \quad \text{кВА} \quad (8)$$

е) по результатам выполненных расчетов подберите контактную стыковую машину по таблице 19 и 20 [1] и запишите ее техническую характеристику.

**59-71 Задача.** Используя теорию подобия, определить режим точечной сварки деталей из малоуглеродистой стали толщиной  $S'$  (смотреть таблицу 2), если известен следующий режим сварки деталей из этой же стали толщиной  $S = 2+2$  мм; время сварки  $t_{св} = 0,4$  с;

$I_{св} = 12\ 000$  А; диаметр электрода  $d_e$ , 8мм (диаметр точки  $d_m \sim d_e$ ); усилие сжатия электродов  $P = 4\ 000$  Н (400кГ).

Таблица 2 - Исходные данные по решению задач для вариантов 59-71

Номер задачи	Толщина металла
59	2,7
60	3,0
61	3,2
62	3,8
63	4,0
64	4,3
65	4,7
66	5,0
67	5,2
68	5,8
69	6,0
70	6,2
71	6,7

Порядок решения

а) Определить диаметр электрода  $d'_m$  из условия геометрического подобия, мм

$$d'_m = d_m \frac{S'}{S}$$

(9)

б) Определить время сварки  $t'_{cb}$ , с

$$t'_{c\hat{a}} = t'_{c\hat{a}} \frac{S_1}{S} \quad (10)$$

в) Определить силу сварочного тока  $I'_{cb}$ , А

$$I'_{c\hat{a}} = I_{\hat{n}\hat{a}} \frac{S'}{S} \quad (11)$$

г) Определить усилие на электродах  $P'$ , Н

$$D = D \left( \frac{S'}{S} \right)^2 \quad (12)$$

д) По результатам расчетов подобрать марку контактной точечной машины по таблицам 11,12,13,14 [1] и записать ее техническую характеристику.

Примечание – Расчетные параметры ( $d'_m$ ,  $t'_{cb}$ ,  $I'_{cb}$ ,  $P'$ ) соответствуют режиму точечной контактной сварки деталей, заданных в таблице 2.

Например -  $S' = 3+3$  мм

72 Как производится выбор рациональной конструкции деталей.  
Конструктивные элементы сварных соединений

73 Общая схема технологического процесса изготовления сварных узлов. Сущность и назначение операций

74 Сущность операций изготовления деталей и подготовки поверхности

75 Влияние операций сборки и прихватки на технологический процесс в целом

76 Режимы сварки

77 На основании чего производится выбор оборудования для сварки

78 Влияние деформаций на качество сварного соединения

79 Методы борьбы со сварочными деформациями

80 Разновидности циклограмм усилия и тока при точечной контактной сварке. Их существенные отличия от циклограмм шовной

сварки

81 Как форма и размеры рабочей поверхности электродов и роликов влияют на параметры режима сварки. Технологические особенности форм рабочей поверхности

82 Режимы точечной и шовной контактной сварки

83 Особенности сварки углеродистых легированных сталей и цветных металлов

84 Сварка деталей неравной толщины

85 Сварка деталей из разноименных материалов

86 Технологические особенности сварки деталей большой толщины и сварки пакета из трех и более деталей

87 Сварка металлов с покрытием

88 Технология односторонней точечной сварки

89 Особенности формирования соединений при рельефной сварке

90 Классификация сборочно-сварочных приспособлений и требования к ним

91 Элементы конструкции приспособлений

92 Разновидности зажимных устройств приспособлений, особенности конструкции, их работа

93 Виды дефектов, возникающих при точечной, шовной и рельефной сварке, причины их образования и способы устранения

94 Методы контроля качества

95 Приборы контроля и измерения основных параметров швов сварных соединений

96 Разновидности приводов сжатия контактных машин (принципиальные схемы, работа схем)

97 Механическая и электрическая часть контактных машин. Назначение основных узлов

98 Конструктивные элементы вторичного контура контактных точечных и шовных машин

99 Разновидности консолей, применяемых в контактных машинах. Назначение, конструктивная компоновка

100 Разновидности конструкций электродов, применяемых для контактных точечных и рельефных машин

101 Разновидности конструкций электродов (роликов) для шовных контактных машин

102 Однородные машины общего применения

103 Подвесные точечные машины

104 Требования безопасности при эксплуатации контактных

машин

105 Область применения и особенности конструкции многоэлектродных контактных машин, их технические характеристики

106 Типы сварных соединений, выполненных стыковой сваркой

107 Стыковая сварка сопротивлением. Её параметры. Достоинства и недостатки

108 Стыковая сварка оплавлением. Её параметры. Достоинства и недостатки

109 Технологические особенности сварки углеродистых и легированных сталей непрерывным оплавлением

110 Технология стыковой сварки цветных металлов

111 Зажимные и упорные приспособления стыковых контактных машин

112 Конструктивное устройство и принцип действия привода подачи контактных стыковых машин

113 Промышленные роботы для контактной сварки (объяснить на примере робототехнического комплекса)

114 Примеры поточных механизированных и автоматических линий

115 Основные технико-экономические показатели контактной сварки, их влияние на эффективность процесса

116 Организация рабочего места сварщика на контактных машинах, эксплуатация оборудования и приспособлений

117 Технологические особенности и сущность холодной точечной и стыковой контактной сварки

118 Схема ультразвуковой сварки, её преимущества и недостатки. Сущность и особенности технологии процесса

119 Сварка взрывом. Область применения, особенности технологии

120 Типы соединений, выполняемых сваркой трением. Сущность процесса сварки, область применения

121 Сущность и особенности технологии высокочастотной сварки, схемы подвода тока

122 Сварка вращающейся дугой

Таблица 3 - Варианты заданий на домашнюю контрольную работу по учебной дисциплине «Технология и оборудование сварки давлением»

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	7,23 39,52, 64,97	3,19 35,52, 63,119	2,16 34,53, 61,118	5,21 37,56, 70,121	6,22 38,53, 62,122	4,20 36,57, 68,120	8,24 40,57, 69,98	9,25 41,54, 71,99	10,26 42,52, 63,100	11,27 43,57, 65,101
1	17,33 49,51, 63,107	13,29 45,51, 62,103	12,28 44,54, 62,102	15,31 47,55, 69,105	16,32 48,54, 63,106	14,30 46,58, 69,104	1,19 50,58, 70,108	2,20 41,53, 70,109	3,21 42,52, 64,110	4,22 43,58, 64,111
2	15,24 36,55, 59,90	11,20 47,56, 71,86	4,19 46,58, 66,85	13,22 49,51, 65,88	14,23 50,58, 67,89	12,21 48,54, 60,87	16,25 37,53, 61,91	17,26 38,57, 66,92	18,27 39,56, 68,93	19,28 40,56, 59,94
3	23,31 41,56, 60,80	19,27 37,56, 59,119	18,26 37,57, 65,118	21,29 39,52, 66,121	22,30 40,57, 66,122	20,28 38,53, 59,120	24,32 42,51, 59,81	1,33 43,58, 67,82	2,34 44,55, 67,83	3,35 45,54, 60,84
4	10,32 48,58, 62,117	6,26 38,58, 82,113	5,23 37,55, 63,112	8,29 40,54, 68,115	9,31 49,56, 64,116	7,27 39,51, 70,114	11,33 47,51, 71,89	12,34 46,52, 69,75	13,35 45,53, 65,80	14,36 44,52, 63,86
5	9,21 31,57, 61,98	16,52 32,37, 60,90	15,20 50,56, 64,89	18,30 34,53, 67,93	10,20 30,56, 65,96	17,28 33,52, 71,92	8,22 32,52, 60,99	7,23 33,51, 68,72	6,24 34,54, 66,73	5,25 35,53, 62,74

Продолжение таблицы 3

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	1,20 36,51, 59,72	2, 21 37,54, 65,73	3,22 38,55, 66,74	4, 23 39,58, 60,75	5,24 40,51, 59,76	6,25 41,54, 66,77	7,26 42,55, 67,78	8,27 43,56, 60,79	9,28 44,57, 61,80	10,29 45,55, 67,81
7	1,30 32,51, 67,95	2,31 33,54, 70,96	3,32 34,55, 61,97	4,33 35,58, 64,98	5,34 38,51, 68,99	6,35 39,54, 71,100	7,36 40,55, 62,101	8,37 42,56, 65,102	9,20 41,57, 69,103	10,21 43,55, 61,104
8	11,22 44,52, 68,105	12,23 45,53, 69,106	13,24 37,56, 62,107	14,25 46,57, 63,108	15,26 47,52, 69,109	16,27 48,53, 70,110	17,28 49,54, 63,111	18,29 50,55, 64,112	19,30 36,58, 70,113	20,31 39,51, 71,114
9	11,30 46,52, 60,82	12,31 47,53, 54,83	13,32 48,56, 67,84	14,33 49,57, 71,85	15,34 50,52, 61,86	16,35 40,53, 65,87	17,24 41,56, 68,88	18,25 42,55, 59,89	19,26 43,58, 62,90	20,27 44,56, 66,91