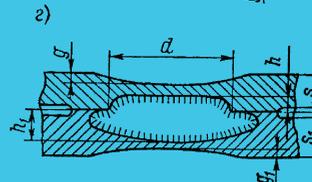
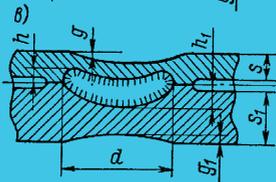
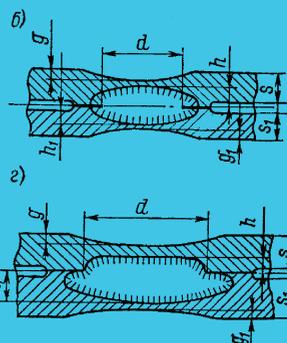
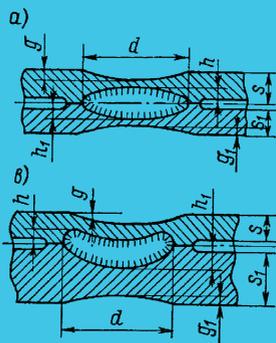
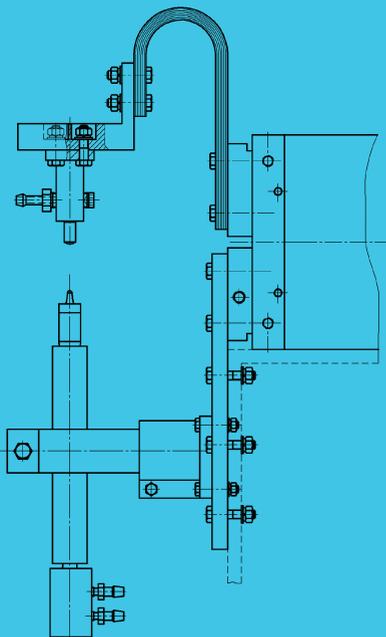
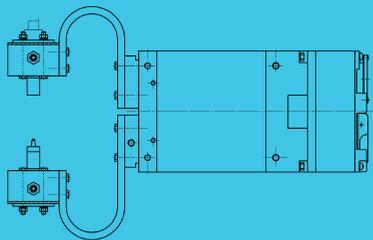
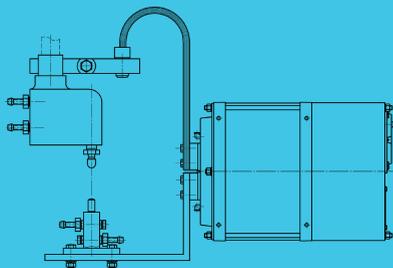


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Институт машиностроения  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением  
и родственные процессы»

А.С. Климов, И.В. Смирнов

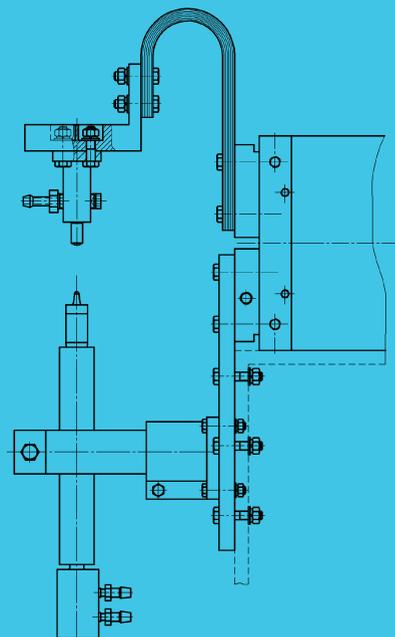
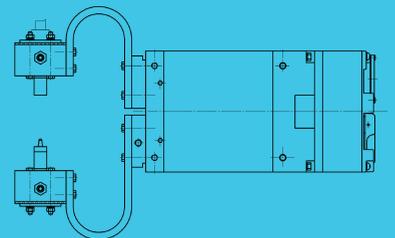
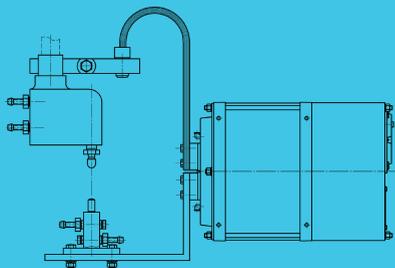
# ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Электронное учебно-методическое пособие  
по выполнению курсовой работы



© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2017

ISBN 978-5-8259-1003-1



УДК 621.791.76  
ББК 34.641

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Тольяттинского государственного университета *А.В. Щипанов*.

Научный редактор

д-р техн. наук, профессор *В.П. Сидоров*.

Климов, А.С. Технология контактной сварки : электрон. учеб.-метод. пособие по выполнению курсовой работы / А.С. Климов, И.В. Смирнов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2017. – 1 оптический диск.

Представлены требования к написанию курсовой работы по дисциплине «Технология контактной сварки», даны справочные материалы, изложены методики выбора параметров режима контактной точечной сварки, расчёта вторичного контура, выбора сварочного трансформатора при проектировании контактных сварочных машин.

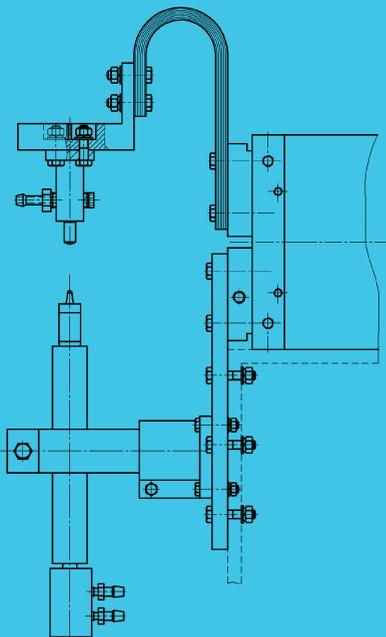
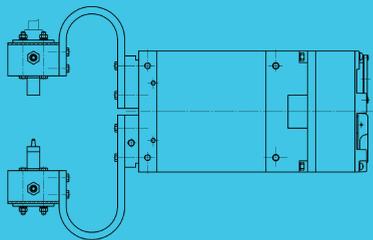
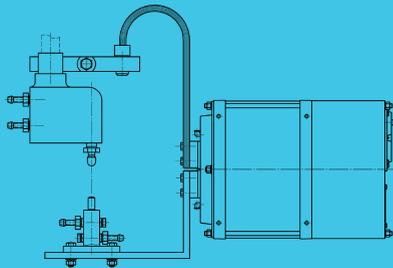
Для студентов очной и заочной форм обучения.

Деривативное текстовое электронное издание; в основе использовано печатное издание: Климов, А.С. Технология и оборудование контактной сварки : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовой работы / А.С. Климов, И.В. Смирнов. – Тольятти : ТГУ, 2008. – 48 с.

Рекомендовано к изданию методической комиссией института машиностроения Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: ВМ PC-совместимый компьютер: Windows /Vista/7/8; ПИИ 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», 2017



Редактор *Г.В. Данилова*  
Технический редактор *Н.П. Крюкова*  
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*  
Художественное оформление,  
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 25.04.2017.

Объем издания 10,3 Мб.

Комплектация издания:

компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-99-15.

Издательство Тольяттинского  
государственного университета  
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,  
тел. 8 (8482) 53-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	5
1.1. Порядок выполнения курсовой работы .....	5
1.2. Требования к пояснительной записке и графической части .....	6
2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ .....	7
2.1. Задание геометрических параметров точечных сварных соединений по ГОСТ 15878–79 .....	7
2.2. Расчёт параметров режима контактной точечной сварки ....	9
2.3. Проектирование сварочных электродов .....	15
2.4. Проектирование вторичного контура контактной сварочной машины .....	20
2.5. Проектирование и выбор сварочного трансформатора .....	24
2.6. Условное обозначение спроектированной контактной сварочной машины по ГОСТ 297–80 .....	33
Библиографический список .....	35
Приложение 1 .....	36
Приложение 2 .....	37
Приложение 3 .....	39
Приложение 4 .....	41
Приложение 5 .....	42
Приложение 6.....	43
Приложение 7 .....	48
Приложение 8 .....	50

## **1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**Цель** курсовой работы по дисциплине «Технология контактной сварки» — обучение студента разработке элементов оборудования и основам технологии контактной точечной сварки конкретной детали. В данной работе рассматриваются следующие вопросы: расчёт параметров режима контактной точечной сварки, проектирование сварочных электродов, проектирование вторичного контура контактной машины, расчёт электрических параметров контактной сварочной машины, выбор стандартного трансформатора для контактной сварки.

### **1.1. Порядок выполнения курсовой работы**

1. Получить у преподавателя задание, содержащее эскиз свариваемой детали, количество и расположение сварных точек, материал и толщину свариваемых деталей.
2. Выполнить чертёж детали. Если в задании не указаны некоторые размеры, то их студент должен определить конструктивно или согласовать с преподавателем.
3. Определить геометрические параметры точечных сварных соединений и выполнить эскиз сварной точки по ГОСТ 15878–79.
4. Спроектировать сварочные электроды.
5. Выполнить чертёж сварочных электродов. При этом если верхний сварочный электрод отличается от нижнего, то необходимо выполнять два отдельных чертежа электродов.
6. Рассчитать параметры режима контактной точечной сварки в зависимости от материала и толщины свариваемых деталей, шага между сварными точками.
7. Спроектировать элементы вторичного контура контактной сварочной машины.
8. Выполнить сборочный чертёж вторичного контура с указанием основных размеров, обозначить его составляющие элементы.
9. Выполнить сборочные чертежи верхнего и нижнего электродных узлов, при этом показать их водяное охлаждение.

10. Подобрать стандартный сварочный трансформатор.
11. Обозначить спроектированную контактную машину по ГОСТ 297–80.

## **1.2. Требования к пояснительной записке и графической части**

Пояснительная записка выполняется на листах формата А4. Общий её объём не лимитирован, однако она должна соответствовать требованиям п. 1.1. Оформление пояснительной записки должно соответствовать правилам и требованиям, действующим в вузе.

Графическая часть выполняется на листах формата А4 или А3 и включает:

- чертёж свариваемой детали (формат А3 или А4);
- чертёж сварочных электродов (формат А4);
- сборочный чертёж вторичного контура (формат А3);
- сборочные чертежи верхнего и нижнего электродных узлов (формат А4 или А3).

## 2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

### 2.1. Задание геометрических параметров точечных сварных соединений по ГОСТ 15878–79

Контактная точечная сварка применяется преимущественно для соединения деталей внахлёстку. При точечной сварке обязательно получение литого ядра, диаметр которого  $d$  является основным параметром соединения. Другими параметрами, характеризующими соединение, являются согласно ГОСТ 15878–79 величины проплавления  $h$  и  $h_1$ , глубины вмятины  $g$  и  $g_1$  (рис. 1).

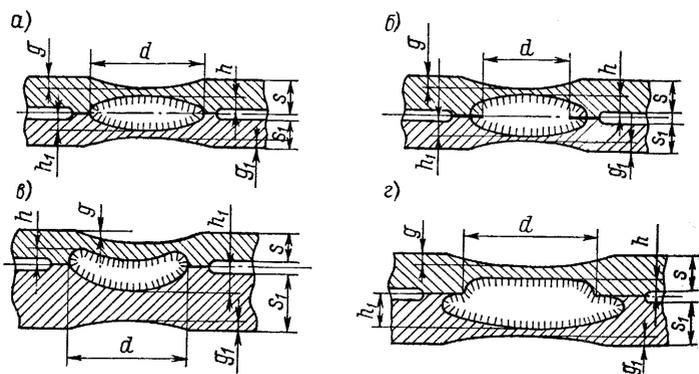


Рис. 1. Конструктивные элементы сварных соединений, выполненных точечной сваркой: а) неплакированные металлы; б) плакированные металлы; в) детали неравной толщины; г) разноимённые металлы

ГОСТ 15878–79 регламентирует две группы точечных соединений: группа А и группа Б (табл. 1). Соединения группы А имеют литую зону большего диаметра по сравнению с соединениями группы Б, обладают более высокой прочностью, но требуют большей нахлёстки. Группа соединения должна устанавливаться при проектировании в зависимости от требований к сварной конструкции и особенностей процесса сварки.

Таблица 1

Геометрические параметры точечных сварных соединений  
по ГОСТ 15878–79

Толщина деталей, мм	Параметры соединений, мм											
	Группа А					Группа Б						
	<i>d</i> , не менее	В, не менее			<i>t</i> , не менее	<i>c</i> , не менее	<i>d</i> , не менее	В, не менее			<i>t</i> , не менее	<i>c</i> , не менее
		чёрные метал- лы и сплавы	цветные ме- таллы и сплавы	10				чёрные метал- лы и сплавы	цветные ме- таллы и сплавы			
0,3...0,4	2,7	7	10	8	9	1,7	5	7	7	8,5		
0,4...0,5 0,5...0,6	3	8		10	12	2 2,2	6 7	8 9	8	10		
0,6...0,7 0,7...0,8	3,3 3,5	9 10	12	11 13	13 15,5	2,5	8	10	10	12		
0,8...1,0	4	11	14	15	18	3	9	12	12	15		
1,0...1,3	5	13	16	17	20,5	3,5	10	13	14	16		
1,3...1,6	6	14	18	20	24	4	11	14	16	18		
1,6...1,8	6,5	15	19	22	26	4,5	12	15	18	19,5		
1,8...2,2	7	17	20	25	30	5	13	16	20	24		
2,2...2,7	8	19	22	30	36	6	15	18	23	27		
2,7...3,2	9	21	26	35	42	7	17	20	26	31		
3,2...3,7	10,5	24	28	40	48							
3,7...4,2	12	28	32	45	54							
4,2...4,7	13	31	36	50	60							
4,7...5,2	14	34	40	55	66	—	—	—	—	—		
5,2...5,7	15	38	46	60	72							
5,7...6,0	16	42	50	65	78							

Прочность отдельной сваренной точки определяется маркой сплава, толщиной свариваемых деталей *s* и диаметром литого ядра. Высота литого ядра (величина проплавления) на прочность практически не влияет и может изменяться в широких пределах. Допустимая величина проплавления для магниевых сплавов составляет 20...70 %, для титановых – 20...95 % и для остальных металлов и сплавов – 20...80 % толщины деталей. При меньшем проплавлении трудно обеспечить стабильность размеров и прочность соединений, большее проплавление приводит к перегреву поверхности деталей, снижению их коррозионной стойкости и повышенному износу электродов.

Диаметр наружного отпечатка (вмятины) от электрода не связан однозначно с диаметром ядра и не характеризует прочности сварного соединения. Глубина отпечатка не должна превышать 20 % толщины при сварке деталей одинаковой толщины и 30 % при сварке деталей разной толщины.

В пояснительной записке должны быть представлены:

- 1) описание материала изделия, его свариваемость, основные теплофизические и механические свойства (желательно в виде таблицы);
- 2) геометрические размеры точечных сварных соединений по ГОСТ 15878–79 и их эскиз, выполненный в масштабе.

## 2.2. Расчёт параметров режима контактной точечной сварки

Исходными данными для расчета значений параметров режима контактной точечной сварки являются:

- 1) материал изделия и его теплофизические свойства;
- 2) толщина соединяемых деталей;
- 3) требуемая производительность сварки (определяет жёсткость режима сварки).

Основные параметры режима контактной точечной сварки:

- 1) диаметр рабочей части электродов  $d_э$ , мм;
- 2) сила сварочного тока  $I_{св}$ , кА;
- 3) время сварки  $t_{св}$ , сек;
- 4) усилие электродов  $F_{св}$ , кН.

Дополнительные параметры режима контактной точечной сварки:

- 1) усилия проковки  $F_{ков}$ , Н;
- 2) сила тока термообработки  $I_{доп}$ , кА;
- 3) длительность импульса термообработки  $t_{доп}$ , сек.

Современные контактные машины обладают широкими возможностями не только обеспечивать точно определённое количество тепла для сваривания и термообработки точки, но и выделять это тепло в течение различных промежутков времени. Отсюда установились понятия **жёсткого** и **мягкого** режимов в зависимости от времени сварки  $t_{св}$ .

**Жесткий** режим — это импульсное, кратковременное тепловыделение посредством различных мощностей. При жёстких режимах скорости нагрева и охлаждения большие, структурные слои ядра и зона термического влияния (ЗТВ) имеют резкие границы, протяженность ЗТВ мала. Потери тепла в основной металл и электроды минимальны, температура точки растёт по линейной зависимости.

**Мягкий** режим — снижается мощность машины и увеличивается время нагрева деталей, при этом тепловые потери значительны, ЗТВ очень широка, кривая температуры сварной точки является экспоненциальной зависимостью.

Наиболее производительные жёсткие режимы, на них сваривают низкоуглеродистые и легированные стали, алюминиевые и магниевые сплавы.

### *Выбор циклограммы сварки*

Низкоуглеродистые стали имеют относительно высокое электрическое сопротивление, низкую теплопроводность и невысокую прочность. Эти стали можно сваривать в широком диапазоне режимов по простейшей циклограмме (рис. 2, а).

Низколегированные и углеродистые стали склонны к образованию закалочных структур, повышающих хрупкость и снижающих пластичность сварных соединений. Для повышения пластичности и прочности соединения их подвергают термообработке с помощью второго импульса тока. Пауза между импульсами тока сварки и термообработки  $t_n$  задается как  $(1,1...1,4) t_{св}$ ; длительность импульса термообработки  $t_{под}$  задаётся как  $(2,5...3,0) t_{св}$ ; ток термообработки  $I_{под}$  задаётся как  $(0,7...0,85) I_{св}$  (рис. 2, б).

Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали обладают высоким электрическим сопротивлением (в 5...6 раз большим, чем у низкоуглеродистой стали), прочностью и коэффициентом линейного расширения. Сварка этих сталей выполняется на повышенных  $F_{св}$ , пониженных  $I_{св}$ , при относительно малых значениях  $t_{св}$ , по простой циклограмме (рис. 2, а).

Магниевые и алюминиевые сплавы обладают повышенной склонностью к образованию усадочных дефектов, поэтому они свариваются с обязательным приложением ковочного усилия  $F_k$  (рис. 2, а).

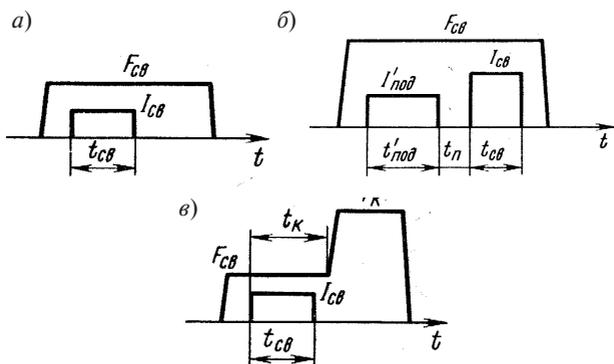


Рис. 2. Циклограммы точечной сварки: а) низкоуглеродистых сталей; б) углеродистых и низколегированных сталей; в) алюминиевых сплавов

### Расчёт параметров режима сварки

1. Определяют сварочное усилие на электродах в зависимости от материала и толщины свариваемого металла  $s$  по табл. 2.

Таблица 2

Сварочное усилие на электродах  $F_{св}$ , Н в зависимости от материала и толщины деталей  $s$ , мм

Ст3 и низколегированные стали	Высоколегированные стали	Алюминиевые сплавы типа АМГ	Титан и его сплавы	Магниевые сплавы
$(2000...3000)s$	$(3000...5000)s$	$(2000...3000)s$	$(3500...5000)s$	$(2500...3500)s$

2. Рассчитывают действующее значение сварочного тока, А:

$$I_{св} = d \sqrt{\frac{C \cdot \lambda \cdot T_{пл}}{\rho_T}},$$

где  $\rho_T$  — значение удельного сопротивления при  $T_{пл}$ , Ом·см (табл. 3);  $T_{пл}$  — температура плавления материала изделия, °С (табл. 3);  $d$  — диаметр сварной точки, см;  $I_{св}$  — сварочный ток, А;  $C$  — значение критерия М.В. Кирпичёва **при жёстких режимах**  $C$  принимают равным 80...85 для низкоуглеродистых сталей, 85...90 для коррозионно-стойких сталей, 20...25 для алюминиевых сплавов, **при мягких режимах**  $C$  принимают равным 35...40 для низкоуглеродистых сталей, 60...75 для хромоникелевых сталей, 10...15 для алюминиевых спла-

вов;  $\lambda$  – среднее значение коэффициента теплопроводности материала изделия  $\frac{\text{Вт}}{\text{см} \cdot ^\circ\text{C}}$  (табл. 3).

Таблица 3

Физические свойства материалов

	Температура плавления	Плотность	Средние значения от 0 ° до $T_{\text{пл}}$			Предел текучести	Удельное сопротивление при $T_{\text{пл}}/20\text{ }^\circ\text{C}$
			Коэффициент аккумуляции тепла	Температуропроводность	Коэффициент теплопроводности		
Обозначение	$T_{\text{пл}}$	$\gamma$	$\sqrt{\lambda\gamma c}$	$a$	$\lambda$	$\sigma_m$	$\rho_m$
Размерность	$^\circ\text{C}$	$\text{г/см}^3$	$\frac{\text{Вт}}{\text{см}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$	$\text{см}^2/\text{с}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{см} \cdot ^\circ\text{C}}$	$\text{кг/см}^2$ (МПа)	$\text{мКОм}\cdot\text{см}$
Алюминиевый сплав АМгб	620	2,8	2,35	0,7	1,9	1700 (170)	10/7,5
Сталь 08кп	1500	7,8	1,47	0,08	0,41	2200 (220)	140/13
12Х18Н10Т	1440	7,9	1,05	0,053	0,244	4000 (400)	130/75
Титан ОТ-4	1660	4,6	0,775	0,072	0,20	4500 (450)	165/160

3. Рассчитывают продолжительность импульса сварки:

$$t_{\text{св}} = \frac{K^2 \cdot T_{\text{пл}}^2 \cdot F_{\text{св}}^2 \cdot d^2 \cdot (\sqrt{\lambda\gamma c})^2 \cdot h^2}{\rho_{\text{T}}^2 \cdot \sigma_{\text{T}}^2 \cdot I_{\text{св}}^4 \cdot s^2},$$

где  $t_{\text{св}}$  – продолжительность импульса сварки, с;  $s$  – толщина свариваемой детали (тонкой при сварке деталей разных толщин), см;  $\sigma_m$  – предел текучести металла в холодном состоянии, кг/см<sup>2</sup>;  $d$  – диаметр сварной точки, см;  $h$  – высота сварной точки, см;  $T_{\text{пл}}$  – температура плавления металла, °C;  $F_{\text{св}}$  – сварочное усилие на электродах, кг;  $K$  – критерий технологического подобия, для процесса точечной сварки  $K = 50$ ;  $\sqrt{\lambda\gamma c}$  – коэффициент аккумуляции тепла, где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $\frac{\text{Вт}}{\text{см} \cdot ^\circ\text{C}}$ ,  $\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>;  $c$  – средняя теплоёмкость металла,  $\frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

Расчётные значения параметров режима сопоставляют с рекомендуемыми режимами сварки, приведёнными в табл. 4. Если расчётный параметр режима отклоняется от табличного более чем на 20 %, то производят корректировку размеров сварной точки (глубину проплавления  $h$  и диаметр точки  $d$ ) в необходимую сторону и пересчёт параметров режима сварки.

Таблица 4

Рекомендуемые режимы точечной сварки  
(без учёта шунтирования) деталей из различного материала

	Жёсткий режим				Средний режим		
	$d_z$ , мм	$F_{св}$ , кгс	$I_{св}$ , кА	$t_{св}$ , сек	$F_{св}$ , кгс	$I_{св}$ , кА	$t_{св}$ , сек
Низкоуглеродистая сталь							
1+1	5	300	9	0,12	200	6	0,34
2+2	7	600	13	0,22	450	9	0,48
3+3	9	900	16,5	0,30	700	11	0,64
Нержавеющая сталь 12Х18Н9Т							
1+1	5	400	8	0,09	350	7	0,18
2+2	7	800	10	0,18	700	9,5	0,32
3+3	9	1100	14	0,26	1000	12	0,38
Алюминиевый сплав АМг6							
1+1	5	300	27	0,12	250	17	0,22
2+2	7	600	38	0,18	500	28	0,44
3+3	9	900	50	0,24	700	38	0,58

4. Рассчитывают дополнительные параметры режима сварки:

– пауза между импульсами тока сварки и термообработки

$$t_{п} = (1,1...1,4)t_{св};$$

– длительность импульса термообработки

$$t_{доп} = (2,5...3,0)t_{св};$$

– ток термообработки

$$I_{доп} = (0,7...0,85)I_{св};$$

– ковочное усилие

$$F_{ков} = 1,5F_{св}.$$

### Расчёт тока шунтирования и вторичного тока

1. Определяют ширину эквивалентной ветви шунтирования  $h_3$  по рис. 3, где  $t$  – шаг между точками, см;  $d$  – диаметр ядра сварной точки, см. Если реальная ширина полосы  $h < h_3$ , то принимают  $h_3 = h$ .

2. Рассчитывают активное сопротивление горячей точки  $r_m$ , Ом:

$$r_T = \frac{4 \cdot \rho_T \cdot S}{\pi \cdot d^2},$$

где  $\rho_m$  – удельное сопротивление металла в момент его перехода из твёрдого состояния в жидкое, Ом·см;  $s$  – толщина свариваемых деталей, см;  $d$  – диаметр сварной точки, см.

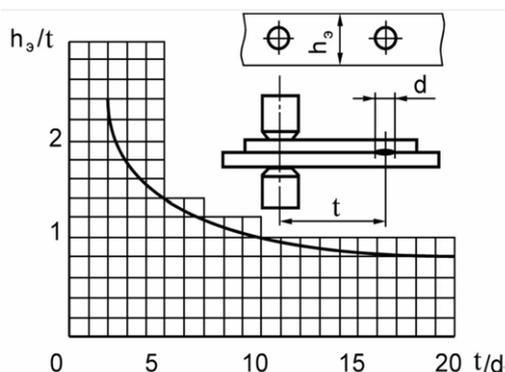


Рис. 3. График изменения эквивалентной ширины ветви шунтирования тока при точечной сварке

3. Рассчитывают падение напряжения на сопротивлении горячей точки, В:

$$U_{ш} = r_m \cdot I_{св}.$$

4. Определяют значение критерия Неймана  $\chi$ :

$$\chi = \frac{2 \cdot l \cdot S \cdot h_3}{25 \cdot U_{ш}(S + h_3)}.$$

5. Находят электрическое сопротивление постоянному току обеих пластин, Ом:

$$R_{0ш} = \frac{2 \cdot \rho \cdot t}{h_3 \cdot S},$$

где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление свариваемого материала при температуре 20 °С.

6. Вычисляют активное, индуктивное и полное сопротивления ветви шунтирования, Ом:

$$R_{\text{ш}} = R_{0\text{ш}}(1 + 0,6\chi\sqrt{\chi}), \quad X_{\text{ш}} = R_{0\text{ш}}0,84\chi;$$

$$Z_{\text{ш}} = \sqrt{R_{\text{ш}}^2 + X_{\text{ш}}^2}.$$

7. Определяют ток шунтирования, А:

$$I_{\text{ш}} = \frac{U_{\text{ш}}}{Z_{\text{общ}}}.$$

8. Рассчитывают вторичный ток, А:

$$I_{2\text{р}} = I_{\text{св}} + I_{\text{ш}}.$$

**В пояснительной записке должны быть представлены:**

- 1) циклограмма сварки;
- 2) расчёт параметров режима сварки;
- 3) расчёт тока шунтирования и вторичного тока;
- 4) сводная таблица параметров режима сварки.

### 2.3. Проектирование сварочных электродов

Форма и размеры электродов для контактной точечной сварки определяются ГОСТ 14111–90 «Электроды прямые для контактной точечной сварки». Электроды для контактных точечных машин состоят из следующих частей: рабочей части, средней части и посадочной части. Каждая часть электрода в процессе работы выполняет определённые функции.

Рабочая часть обеспечивает непосредственный контакт (электрический и механический) электрода со свариваемым изделием и имеет рабочую поверхность  $l$  (рис. 5, *a*), форма и размеры которой являются важной технологической характеристикой электрода.

Средняя часть электродов 2 (рис. 4, *a*) соединяет рабочую и посадочную части, она определяется диаметром  $d_1$ . ГОСТ 14111–90 предусматривает следующие значения  $d_1$ : 10, 13, 16, 20, 25, 32 и 40 мм для максимальных усилий на электроде  $F_{\text{max}}$  соответственно: 2,5, 4, 6,3, 10, 16, 25 и 40 кН. Средняя часть обычно используется для закрепления соответствующих инструментов, применяемых при съёме электродов.

Части электродов, обеспечивающие их соединение с элементами вторичного контура машины, должны удовлетворять требованиям надёжной передачи сварочного тока и усилия сжатия. У электродов для контактной точечной сварки в подавляющем большинстве случаев эти функции выполняет конусная посадочная часть 3 (рис. 4, а), хотя не исключены и другие виды соединений (на резьбе, на резьбе с контргайкой, по цилиндрической поверхности и т. д.). Для хорошего электрического контакта и герметичного соединения конусная поверхность электрода должна быть обработана не ниже  $R_z 1,25$  и не иметь механических повреждений, следов окислов и других загрязнений. Для диаметров электродов  $d_1 = 10, 13, 16, 20$  и  $25$  мм принята конусность 1:10, а для диаметров  $d_1 = 32$  и  $40$  она принята 1:5. Указанные размеры конусов следует применять и при изготовлении не-прямых (фигурных) электродов, так как посадочные отверстия электрододержателей сварочных машин имеют аналогичные размеры.

Диаметр рабочей части электрода  $d_1$  ориентировочно вычисляют по формуле

$$d_3 = 2 \cdot s + 3,$$

где  $s$  — толщина свариваемой детали, мм.

После этого его приводят к стандартной величине (табл. 5). Если разность толщин свариваемых элементов составляет не более 30 % толщины тонкой детали, то  $d_3$  выбирают по меньшей толщине; если более 30 %, но менее 2:1, то размеры устанавливаются для каждой детали в отдельности. Если отношение толщин более 2:1, то со стороны тонкой детали устанавливают электрод с  $d_3$  меньшим на 25...30 %.

Внутренняя часть большинства электродов имеет канал 4 (рис. 5, а) для подачи охлаждающей воды. Внутри охлаждающего канала находится трубка, по которой поступает вода. Диаметр охлаждающего канала  $d_4$  определяется необходимым для охлаждения расходом воды и достаточной прочностью электрода.

В зависимости от конфигурации средней части электроды для точечной сварки подразделяются на прямые и фигурные. Прямые электроды в соответствии с ГОСТ 14111–90 выполняются с симметричным расположением рабочей поверхности и со смещённой или скошенной рабочей поверхностью.

При сварке большинства металлов можно использовать электроды с плоской (цилиндрической) или сферической рабочей поверхностью. Электроды со сферической поверхностью имеют большую стойкость и менее чувствительны к перекосам при установке, чем электроды с плоской поверхностью. Поэтому электроды со сферической поверхностью рекомендуется применять в машинах радиального типа и клещах. При сварке легких сплавов используются только электроды со сферической рабочей поверхностью, так как плоская поверхность в этом случае формирует вмятины и подрезы на поверхности точек.

Фигурные электроды обычно применяют при сварке небольших деталей сложной формы (рис. 4, а). При больших размерах деталей с ограниченным доступом электродов целесообразно использовать сочетание специальных фигурных электрододержателей с простыми электродами (рис. 4, б). Фигурные электрододержатели изготавливаются из термоупрочняемых сплавов БрХ, БрНБТ.

Основной практически всех электродных сплавов является медь, легированная Cd, Cr, Ag, Co, Ni. Твёрдость и температуру рекристаллизации повышают добавками Ti, Be, Zr, Al, B, Si. С увеличением содержания легирующих элементов уменьшается электропроводность и теплопроводность меди. Поэтому суммарное количество легирующих элементов обычно не превышает 2 %.

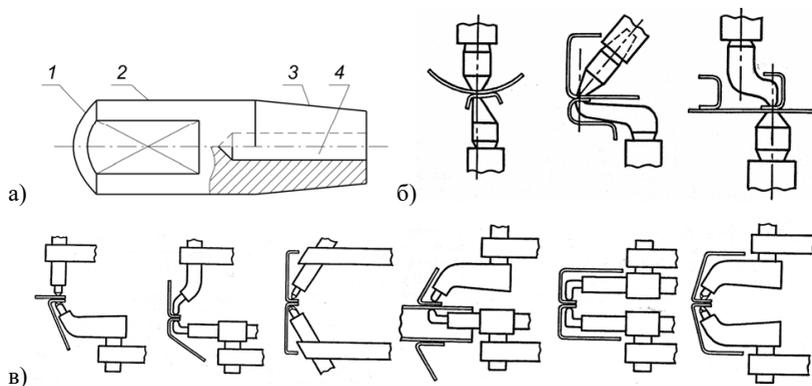


Рис. 4. Электроды для контактной точечной сварки

Таблица 5

Геометрические размеры электродов, мм, для контактной точечной сварки по ГОСТ 14111–90

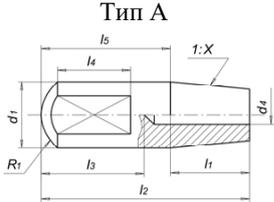
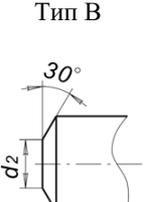
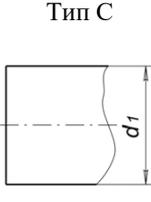
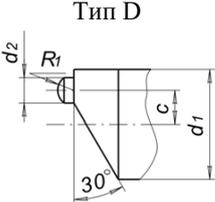
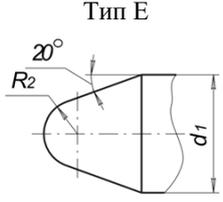
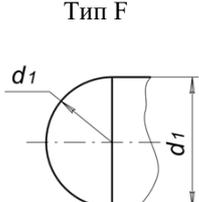
Тип А										Тип В				Тип С			
																	
Тип D					Тип E					Тип F							
																	
d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>4</sub>	1:X	c	l <sub>1</sub>	l <sub>3</sub> , max	l <sub>4</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	l <sub>2</sub> при l <sub>5</sub>						F <sub>max</sub> , кН	
										16	20	25	32	40	50		63
10	4	5,5	1:10	2	13	14	13	25	4	29	33	38	45	53	63	–	2,5
13	5	7,5		3	16	15	14	32	5	32	36	41	48	56	66	79	4
16	6	8,5		4	20	16	15	40	6	–	40	45	52	60	70	83	6,3
20	8	10,5		5	25	17	16	50	8	–	–	50	57	65	75	88	10
25	10	13,5		6,5	31,5	18	17	63	10	–	–	56,5	63,5	71,5	81,5	94,5	16
32	12,5	14	1:5	8,5	40	20	15	80	12,5	–	–	–	72	80	90	103	25
40	16	16		11	50	25	16	100	16	–	–	–	–	90	100	113	40

Таблица 6

## Применение медных сплавов при контактной точечной сварке

Наименование сплава	Содержание легирующих элементов, %	Твёрдость, МПа, не менее	Удельное сопротивление при 20 °С, мкОм · см	Основное назначение электродов из данного сплава
Медь М1	—	700	1,7	Сварка лёгких и медных сплавов
Кадмиевая бронза КМ	0,9...1,2 Cd	1000	2	
Серебряная бронза МС1	0,07...0,12 Ag	950	1,8	
Циркониевая бронза МЦ4	0,15 Zr	1000	2,1	
Хромистая бронза БрХ	0,4...1,0 Cr	1200	3	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей
Хромоциркониевая бронза БрХЦ	0,5...0,7 Cr 0,03...0,06 Zr	1250		
Никель-бериллиевая бронза БрНБТ	1,4...1,6 Ni 0,2...0,4 Be 0,05...0,15 Ti	1800	4	Сварка среднеуглеродистых и высоколегированных сталей, жаропрочных сплавов
Никель-кремниевая бронза БрНК	1,4...1,6 Ni 0,3...0,6 Si			

Для контактной точечной и шовной сварки металлов с высокой электропроводностью и малым сопротивлением деформации (алюминиевые, магниевые, медные сплавы) применяют электродные сплавы с уменьшенным количеством легирующих элементов (табл. 6). Для материалов с низкой электропроводностью и высокой твёрдостью — с большим содержанием легирующих элементов (табл. 6).

**В пояснительной записке должны быть представлены:**

- 1) выбор геометрических размеров сварочных электродов и эскиз электродов;
- 2) выбор материала для изготовления электрода и его свойства.

**Графическая часть должна содержать** чертёж верхнего и нижнего сварочного электрода (формат А4) (прил. 1).

## 2.4. Проектирование вторичного контура контактной сварочной машины

1. Конструктивно вычерчивают эскиз сварочного контура в масштабе с указанием всех его элементов (электроды, электрододержатели, хоботы, плиты, гибкие шины, вторичный виток сварочного трансформатора), а также их поперечные сечения. На эскизе необходимо показать ориентировочные габаритные размеры вторичного контура, сечения элементов, над каждым элементом записывается способ его охлаждения (воздух, вода). Примеры вторичных контуров специальных контактных сварочных машин приведены в прил. 2.

При выполнении эскиза вторичного контура необходимо соблюдать следующие требования:

- габаритные размеры вторичного контура должны максимально приближаться к размерам детали и иметь минимальную охватываемую площадь;
- размеры и расположение гибкой шины должны позволять рабочий ход электрода, достаточный для установки и извлечения свариваемых деталей;
- форма и размеры электродов, электрододержателей должны обеспечивать доступ электродов к сварной точке.

2. Рассчитывают поперечные сечения элементов вторичного контура:

$$F_{1...n} = \frac{I_{2p} \sqrt{\frac{ПВ}{100}}}{i},$$

где  $F_{1...n}$  – площадь поперечного сечения данного элемента контура;  $i$  – допустимая плотность тока, А/мм<sup>2</sup>, для данного сечения (табл. 6); ПВ – продолжительность включения сварочной машины (принять ПВ = 20...50 %).

3. Проектируют верхний и нижний электродные узлы контактной сварочной машины. При этом сечения электрододержателей и хоботов приводят к стандартным значениям (прил. 3 и 8). Линейные размеры сечений других элементов округляют в соответствии с ГОСТ 6636–90 (прил. 7). Выполняют эскизы верхнего и нижнего электродных узлов, которые включают электрод, электрододержатель или электродную плиту, штуцеры и трубки для подачи охлажда-

ющей воды. Размеры трубки для подачи охлаждающей воды должны быть такими, чтобы площадь поперечного сечения отверстия трубки была приблизительно равна площади кольца, образованного между наружным контуром трубки и поверхностью канала охлаждающего электрода. Ориентировочные размеры штуцеров для подачи воды приведены в прил. 4. После проектирования электродных узлов выполняют их сборочные чертежи. Примеры таких чертежей приведены в прил. 5. После проектирования вторичного контура целесообразно построить таблицу площадей элементов:

№	Элемент	Расчётная площадь, мм <sup>2</sup>	Действительная площадь, мм <sup>2</sup>	Площадь контакта между элементами, мм <sup>2</sup>
1				
2				

4. Определяют коэффициент поверхностного эффекта для каждого элемента вторичного контура в зависимости от площади его сечения по диаграмме (рис. 5).

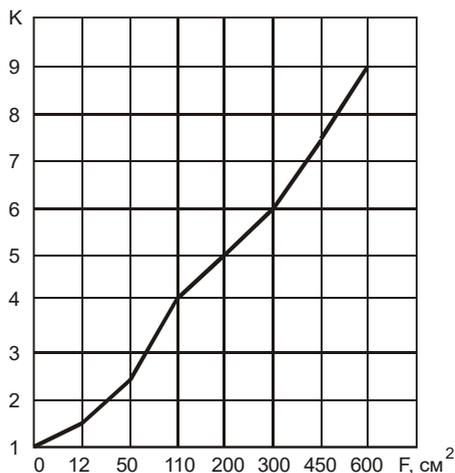


Рис. 5. Зависимость коэффициента поверхностного эффекта от площади поперечного сечения элемента вторичного контура при частоте тока 50 Гц

Таблица 6

## Допустимая плотность тока на элементах вторичного контура

Элемент вторичного контура	Материал или марка сплава	Удельное электросопротивление, мкОм·см	Условия охлаждения	Допускаемая плотность тока, А/мм <sup>2</sup>
Электроды	Бронза БрХ	3	Водяное интенсивное (внутреннее или наружное)	20...50
Электрододержатели	Бронза БрХ	3	Водяное	12...22
	Бронза БрНБТ Бронза БрНК	4,3	Водяное	10...18
Хоботы, консоли, плиты	Медь М1	1,7	Воздушное Водяное	1,0...2,0 3,0...5,0
	Медь М3	3,8	Воздушное Водяное	1,0...2,0 2,0...3,0
Шины жёсткие	Медь М1	1,7	Воздушное Водяное	1,0...2,0 2,5...4,0
Шины гибкие	Лента МГМ (фольга)	3,8	Воздушное	2,0...2,5
Неподвижные контактные поверхности	Медь, бронза	—	Одна поверхность контакта – водоохлаждаемая	0,5...1,0
Медное литьё с залитыми трубками охлаждения	Медь М3	3,8	Водяное	2,0...3,0
Вторичный виток трансформатора	Медь М3	3,8	Водяное	4,0...5,5

5. Рассчитывают активное сопротивление каждого элемента вторичного контура:

$$R_{1...n} = \rho_n K_n \frac{l_n}{F_n},$$

где  $\rho_n$  – удельное сопротивление материала, из которого выполнен элемент вторичного контура, Ом·см;  $l_n$  – длина токового пути по

данному элементу (из чертежа), см;  $F_n$  – сечение элемента, см<sup>2</sup>;  $K_n$  – коэффициент поверхностного эффекта.

6. Находят активное сопротивление контактных соединений:

$$R_{\text{кон}} = n_{\text{п}} R_{\text{п.к}} + n_{\text{н}} R_{\text{н.к}},$$

где  $n_{\text{п}}$  – число подвижных контактов;  $n_{\text{н}}$  – число неподвижных контактов;  $R_{\text{п.к}}$  – сопротивление подвижного контакта;  $R_{\text{н.к}}$  – сопротивление неподвижного контакта.

На новых машинах сопротивление одного неподвижного контакта медь-медь, стянутого четырьмя болтами, составляет  $(1...2) \cdot 10^{-6}$  Ом, контакта медь-сталь  $(4...6) \cdot 10^{-6}$  Ом. Сопротивление подвижного контакта находится в пределах  $(10...20) \cdot 10^{-6}$  Ом. Величину накладки необходимо делать равной ширине соединяемой шины или больше её.

7. Рассчитывают активное сопротивление вторичного контура:

$$R_2 = \sum_{i=1}^n R_i + R_{\text{кон}}.$$

8. Рассчитывают индуктивное сопротивление вторичного контура, Ом:

$$X_2 = S^{0,73} \cdot 10^{-6},$$

где  $S$  – площадь, охватываемая средней линией контура, см<sup>2</sup> (определяется по чертежу).

**В пояснительной записке должны быть представлены:**

- 1) эскиз вторичного контура с указанием всех его элементов;
- 2) расчёт площадей поперечных сечений элементов вторичного контура;
- 3) подбор стандартных сечений для элементов вторичного контура (электрододержатели, хоботы и т. д.);
- 4) расчёт коэффициентов поверхностного эффекта для элементов вторичного контура;
- 5) расчёт активных сопротивлений элементов вторичного контура;
- 6) расчёт активного сопротивления вторичного контура вместе с деталью;
- 7) расчёт индуктивного сопротивления вторичного контура;
- 8) эскиз верхнего и нижнего электродных узлов с обозначением всех элементов.

**В графической части должны быть представлены:**

- 1) сборочный чертёж вторичного контура;
- 2) сборочные чертежи верхнего и нижнего электродных узлов.

## **2.5. Проектирование и выбор сварочного трансформатора**

### **2.5.1. Определение исходных данных для проектирования сварочного трансформатора**

1. Определяют номинальное первичное напряжение  $U_1$ , частоту питающей сети  $f$ . При этом принимают  $U_1 = 380$  В при использовании тиристорного контактора и  $U_1 = 320$  В при использовании игнитронного контактора. Частота питающей сети  $f = 50$  Гц.

2. Рассчитывают полное сопротивление сварочного контура, Ом:

$$Z_{св} = \sqrt{(R_2 + R_{3-3} + R_1'')^2 + (X_2 + X_1'')^2},$$

где  $R_1''$  – активное сопротивление первичной обмотки, приведенное ко вторичной, принять  $R_1'' = (10...40) \cdot 10^{-6}$  Ом;  $X_1''$  – индуктивное сопротивление первичной обмотки, приведенное ко вторичной, принять  $X_1'' = (10...40) \cdot 10^{-6}$  Ом;  $R_{3-3}$  – активное сопротивление участка электрод-электрод, принимается по табл. 7.

Таблица 7

Активное сопротивление участка электрод-электрод при контактной точечной сварке в зависимости от материала и толщины деталей  $R_{3-3}$ , мкОм

Материал	Толщина материала, мм				
	0,5	1	1,5	2	3
Низкоуглеродистая сталь	140	128	112	98	82
Нержавеющая сталь X18H8T	185	150	130	120	110
Особо жаропрочный сплав ВЖ98	200	165	140	125	115
Титановый сплав ОТ51-1	210	165	140	125	115
Латунь Л62	48	30	24	20	18
Медные сплавы БрБ2	63	40	32	27	23
Алюминиевый сплав Б 16 АТ	16	13	11	10	8

3. Рассчитывают вторичное напряжение при сварке, В:

$$U_2 = I_2 \cdot Z_{св}.$$

4. Находят напряжение холостого хода трансформатора на номинальной ступени, В:

$$U_{20} = 1,2 \cdot U_2.$$

5. Вычисляют номинальную мощность трансформатора, кВА:

$$N_{н} = 1,05 \cdot I_2 \cdot U_{20} \cdot 10^{-3}.$$

### 2.5.2. Расчёт числа витков и сечений обмоток трансформатора

1. Рассчитывают число витков в первичной обмотке:

$$w_1 = \frac{U_1}{U_{20}}.$$

2. Рассчитывают первичный ток на номинальной ступени трансформатора, А:

$$I_{1н} = \frac{I_2 \cdot U_{20}}{U_1}.$$

3. Рассчитывают первичный и вторичный длительный токи на номинальной ступени трансформатора, А:

$$I_{1дл.н} = I_{1н} \sqrt{\frac{ПВ}{100}}, \quad I_{2дл.н} = I_{2н} \sqrt{\frac{ПВ}{100}}.$$

4. Рассчитывают сечение первичной обмотки, мм<sup>2</sup>:

$$F_1 = w_1 \frac{I_{1дл.н}}{i_{н}},$$

где  $i_{н}$  — допускаемая плотность тока на первичной обмотке, для медной первичной обмотки, плотно прижатой к водоохлаждаемому витку, принять  $i_{н} = 2,8 \dots 3,2$  А/мм<sup>2</sup>.

5. Уточняют сечение вторичного витка, мм<sup>2</sup>:

$$F_2 = w_2 \frac{I_{2ЭКВ.н}}{i_{н}},$$

где  $i_{н}$  — допускаемая плотность тока на вторичном витке сварочного трансформатора, А/мм<sup>2</sup>.

### 2.5.3. Расчёт сердечника трансформатора

1. Определяют фактическое сечение сердечника магнитопровода (рис. 6), см<sup>2</sup>:

$$F_c = \frac{U_{2\max} \cdot 10^8}{4,44 f \cdot w_2 \cdot B \cdot K_c},$$

где  $B$  – магнитная индукция в Гс (10 000...14 000 Гс), зависит от выбранного материала магнитопровода, меньшие значения индукции принимаются для Э41, большие – для Э11;  $K_c$  – коэффициент, учитывающий неплотность сборки листов трансформаторного железа и слой изоляции на листе ( $K_c = 0,88$ – $0,9$  при оклейке листов бумагой и  $K_c = 0,92$ – $0,95$  при изоляции листов лаком).

2. Определяют геометрические размеры сердечника: в настоящее время наибольшее распространение получили трансформаторы броневое типа с дисковыми катушками. В таком трансформаторе средний стержень имеет сечение  $F_c$ , сечение остальных стержней равно  $F_c/2$ . С целью уменьшения габаритов всего трансформатора принято считать размеры исходя из следующих соотношений:  $h = 2b$  и  $c = 2a$  (рис. 6), отсюда размеры сердечника, см:

$$b = \sqrt{\frac{F_c}{2}}, \quad h = \frac{F_c}{b}.$$

3. Определяют геометрические размеры окна трансформатора.

Площадь окна трансформатора, см<sup>2</sup>:

$$F_0 = \frac{F_1 + F_2}{K_{3,0}},$$

где  $K_{3,0}$  – коэффициент заполнения окна (учитывает наличие изоляции на обмотках, наличие дистанционных прокладок и каналов охлаждения), необходимо принимать в зависимости от номинального длительного вторичного тока  $I_{2\text{дл.н}}$ .

Эквивалентный вторичный ток $I_{2\text{дл.н}}$ , А	Коэффициент заполнения окна $K_{3,0}$
3 000...6 000	0,25...0,35
6 000...10 000	0,30...0,35
10 000...15 000	0,35...0,45
15 000...20 000	0,40...0,45
20 000...30 000	0,45...0,55
30 000 и выше	0,50...0,65

Размеры окна, см:

$$a = \sqrt{\frac{F_0}{2}}, \quad c = \frac{F_0}{a}.$$

4. Определяют массу трансформатора:

$$G = G_{\text{ж}} + G_{\text{м}},$$

где  $G_{\text{ж}}$ ,  $G_{\text{м}}$  — масса трансформаторного железа и меди, кг:

$$G_{\text{ж}} = V \cdot \gamma_{\text{ж}}, \quad G_{\text{м}} = a \cdot c \cdot \gamma \cdot K_{3.0} (2h + 2b + \pi \cdot a),$$

где  $V$  — объем железа:  $V = 2hb(a + b + c)$ , см<sup>3</sup>;  $\gamma_{\text{ж}}$ ,  $\gamma_{\text{м}}$  — удельный вес железа и меди, г/см<sup>3</sup> (соответственно 7,8 и 8,9 г/см<sup>3</sup>).

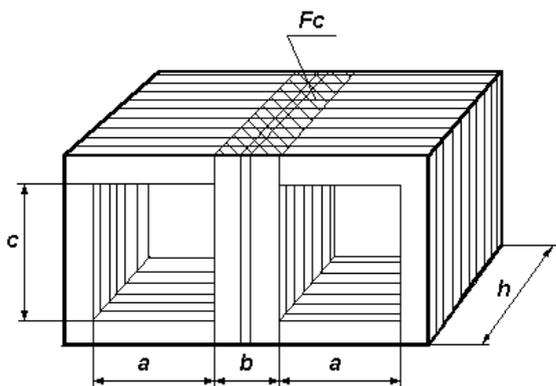


Рис. 6. Общий вид магнитопровода трансформатора для точечных машин

#### 2.5.4. Проверочный расчёт по току холостого хода и нагреву магнитопровода

С целью проверки правильности расчета магнитопровода проводится сравнение потерь на токи холостого хода и условий водяного охлаждения данного трансформатора с допустимыми по ГОСТ 297–80.

1. Рассчитывают потери холостого хода в железе трансформатора, Вт:

$$P_{\text{ж}} = q_{\text{ж}} \cdot G_{\text{ж}},$$

где  $q_{\text{ж}}$  — удельные потери в железе, Вт/кг, выбираются в зависимости от марки трансформаторной стали, толщины, качества сборки и индукции (рис. 7);  $G_{\text{ж}}$  — масса магнитопровода трансформатора, кг.

2. Рассчитывают активную составляющую тока холостого хода, А:

$$I_a = P_{\text{ж}} / U_1.$$

3. Определяют реактивную составляющую тока холостого хода, А:

$$I_p = \frac{a\omega \cdot l_{\text{cp}} + 0,8n_3\Delta_3 \cdot B}{K\sqrt{2} \cdot w_1},$$

где  $B$  – магнитная индукция, Гс;  $a\omega$  – удельные ампер-витки на 1 см длины участка при данном  $B$  (рис. 8);  $K$  – коэффициент, учитывающий уменьшение тока холостого хода из-за наличия в переменном токе высших гармоник ( $K = 1,25 \dots 1,5$  в зависимости от глубины фазной регулировки);  $n_3, \Delta_3$  – число и величина зазоров в магнитной цепи (рис. 9),  $n_3 = 0 \dots 4$ ;  $\Delta_3 = 0,005$  см;  $l_{\text{cp}}$  – средняя длина магнитного потока (рис. 9), см:  $l_{\text{cp}} = 2(c + a + b)$ .

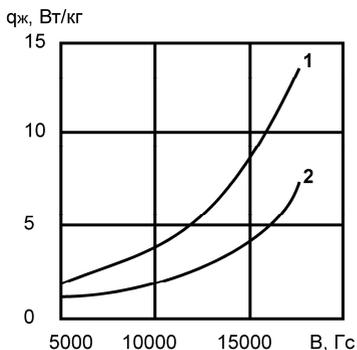


Рис. 7. Зависимость удельных потерь в стали  $q_{\text{ж}}$  от индукции В: 1 – сталь Э11; 2 – сталь Э41, толщина листов 0,5 мм

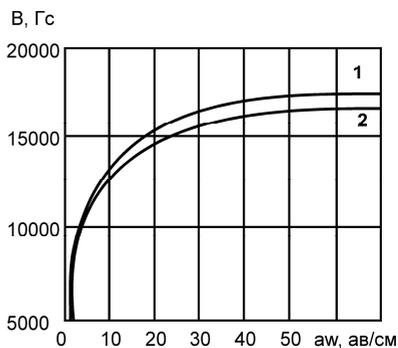


Рис. 8. Зависимость индукции от ампер-витков для электротехнических сталей: 1 – сталь Э41; 2 – сталь Э11, толщина листов 0,5 мм

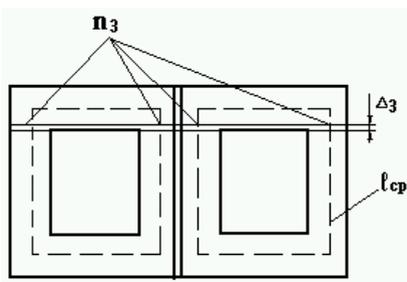


Рис. 9. К определению средней длины магнитного потока

4. Определяют полный ток холостого хода, А:

$$I_0 = \sqrt{I_a^2 + I_p^2}.$$

5. Сравнивают полученное значение тока холостого хода с допустимым. По ГОСТ 297–80 относительное значение тока холостого хода в процентах от номинального первичного тока  $I_0/I_{1н} \cdot 100\%$  не должно быть более указанного:

- 50 % при  $I_{2н} \leq 2500$  А;
- 32 % при  $I_{2н} \leq 5000$  А;
- 20 % при  $I_{2н} \leq 10000$  А;
- 10 % при  $I_{2н} > 10000$  А.

Если ток холостого хода трансформатора больше допустимого, то делают перерасчет трансформатора в сторону уменьшения значения параметров  $q_{ж}$ ,  $G_{ж}$ ,  $a\omega$ ,  $l_{ср}$ ,  $\Delta_3$ ,  $B$ , определяющих ток холостого хода.

6. Определяют поверхность магнитопровода, омываемую воздухом, т. е. не закрытую обмотками, см<sup>2</sup>:

$$S_M = 2b(2a + c + 2b) + 2h(c + 2a + 3b) + 4ac.$$

7. Определяют удельную тепловую нагрузку сердечника, Вт/см<sup>2</sup>:

$$q_a = \frac{P_{ж} \sqrt{\frac{\Pi B}{100}}}{S_M}.$$

8. Удельная тепловая нагрузка при условии воздушного охлаждения магнитопровода не должна превышать  $7,5 \cdot 10^{-2}$  Вт/см<sup>2</sup>. Если не выполняется это условие, необходимо пересчитать магнитопровод в сторону увеличения его поверхности.

### 2.5.5. Расчёт охлаждения обмоток трансформатора

В трансформаторах с дисковыми обмотками и вторичными витками, охлаждаемыми водой, тепло, развиваемое обмотками, отводится водой. Отдачей тепла в воздух при расчёте можно пренебречь, так как она незначительна. Кроме того, пренебрежение потерями в воздух даёт некоторый запас на различные производственные отклонения при изготовлении трансформаторов.

Расчёт производится в следующей последовательности.

1. Рассчитывают среднюю длину витка первичной и вторичной обмоток, см:

$$l_b = 2(2a + h + b).$$

2. Рассчитывают активное сопротивление первичной обмотки, Ом:

$$R_1 = \frac{\rho \cdot l_b \cdot w_1^2}{F_1},$$

для медного обмоточного провода принять  $\rho = 1,7$  мкОм·см.

3. Рассчитывают активное сопротивление вторичного витка, Ом:

$$R_2 = \frac{\rho \cdot l_b}{F_2}.$$

4. Рассчитывают потери мощности на нагрев меди в первичной и вторичной обмотках при эквивалентных (длительных) токах, Вт:

$$P_1 = I_{1\text{дл.н}}^2 R_1, \quad P_2 = I_{2\text{дл.н}}^2 R_2.$$

5. Рассчитывают полные потери в меди при длительном токе, Вт:

$$P_{\text{м.э}} = P_1 + P_2.$$

6. Определяют расход воды для охлаждения трансформатора, см<sup>3</sup>/сек:

$$Q_b = \frac{0,24 P_{\text{м.э}}}{\Delta T_b \cdot C_v},$$

где  $\Delta T_b$  – разогрев охлаждающей воды  $\Delta T_b = T_{\text{нагр}} - T_{\text{окр. среды}} = 12 \dots 15$  °С;  $C_v$  – объемная теплоемкость воды ( $C_v = 1$  кал/см<sup>3</sup>·°С).

7. Определяют расчетный диаметр трубы для охлаждения трансформатора, см:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_b}{\pi \cdot v_b}},$$

где  $Q_b$  – расход воды, см<sup>3</sup>/сек;  $v_b$  – скорость истечения воды, см/сек (задаётся равной 40...50 см/сек).

## 2.5.6. Сводный отчёт о расчёте трансформатора

После того как выполнены электрический и тепловой расчёты сварочного трансформатора, заполняется формуляр (табл. 8), содержащий основные характеристики трансформатора.

Сводная таблица основных характеристик трансформатора

Величины, задаваемые техническим заданием на расчёт трансформатора						
Номинальное первичное напряжение $U_1$ , В	Частота тока $f$ , Гц	Номинальный вторичный ток $I_{2н}$ , кА	Тип трансформатора (стержневой или броневой)	Вторичное напряжение холостого хода на номинальной ступени $U_{20}$ , В	Номинальная мощность трансформатора $N_n$ , кВ·А	Продолжительность включения ПВ, %
Данные сердечника						
Геометрические размеры, мм			Электрические параметры			
Длина $2a+2b$	Глубина $h$	Высота $c+2b$	Ток холостого хода $I_0$ , А	Потери в сердечнике $P_{ж}$ , Вт		
Масса активных материалов, кг						
Медь		Сталь		Общая масса		
Параметры обмоток						
Активное сопротивление первичной обмотки	Активное сопротивление вторичного витка	Потери мощности, Вт				
		в I обмотке, $P_1$	во II витке, $P_2$	полная в обмотках, $P_{м.э}$		

### 2.5.7. Выбор стандартного трансформатора по рассчитанным значениям

После того как рассчитаны предварительные значения трансформатора для контактной сварки данной в задании детали, необходимо произвести подбор стандартного трансформатора по табл. 9.

При выборе трансформатора необходимо следить, чтобы его электрические характеристики (мощность  $N$ , вторичный ток  $I_2$ , вторичное напряжение  $U_2$ , ПВ) лежали в пределах 100...120 % от расчётных. После выбора стандартного трансформатора выписывают его полные характеристики согласно табл. 9.

Таблица 9

## Характеристики трансформаторов для контактной сварки

Тип трансформатора	Ступени		ПВ, %	Мощность на номинальной ступени $N_n$ , кВт·А	Токи, А		Напряжение, В		Сопротивление первичной обмотки, мкОм	
	число	номинальная			$I_{1н}$	$I_{2н}$	$(U_{20})_н$	$(U_{20})_{\min}^{мин} - (U_{20})_{\max}^{max}$	$R_1''$	$X_1''$
К-6.02-3	8	7	20	14,5	38,2	6300	2,2	1,25 ... 2,5	18,5	41,0
К-8.02-5	8	7	20	21,0	55,0	8000	2,5	1,42 ... 2,84	25,3	18,8
ТК-12.04-К-1	8	7	20	51,0	141,0	12500	3,8	2,2 ... 4,4	20,8	17,2
К-12.04-2	8	7	20	57,0	158,0	12500	4,28	2,43 ... 4,86	17,8	18,8
ТК-12.04-К-6	8	7	20	51,0	149,0	12500	3,9	2,2 ... 4,4	20,5	17,0
ТК-12.04-К-5	8	7	20	51,0	156,0	12500	3,8	2,2 ... 4,4	19,8	16,7
ТК-13.04-2-ЭП	6	6	50	60,0	158,0	13000	4,48	2,97 ... 4,48	20,2	21,0
К-12.04-11	8	7	32	52,0	160,0	12500	4,0	2,29 ... 4,58	16,0	17,0
К-16.05-4	8	7	20	80,0	222,0	10000	4,74	2,7 ... 5,4	23,0	20,0
К-16.05-2	8	7	20	88,0	230,0	16000	5,26	3 ... 6	17,0	25,0
К-16.05	8	7	20	88,0	241,0	16000	5,22	3 ... 6	17,0	25,0
ТК-21.05-3-ЭП	6	6	50	123,0	325,0	21500	5,56	3,58 ... 5,56	10,0	21,4
ТК-16.07-4	8	7	20	128,0	392,0	16000	7,55	4,28 ... 8,56	11,0	11,0
ТК-25.04	8	7	12,5	98,0	300,0	25000	3,78	2,14 ... 4,28	16,5	18,0
ТК-32.08	16	15	8	265,0	815,0	32000	8,12	2,32 ... 9,3	14,0	10,0

**В пояснительной записке должны быть представлены:**

- 1) расчёт исходных данных для проектирования сварочного трансформатора;
- 2) расчёт числа витков и сечений обмоток сварочного трансформатора;
- 3) расчёт сердечника сварочного трансформатора;
- 4) проверочный расчёт по току холостого хода и нагреву магнитопровода сварочного трансформатора;
- 5) расчёт охлаждения обмоток сварочного трансформатора;
- 6) таблица сводного отчёта о расчёте сварочного трансформатора (табл. 8);
- 7) выбор стандартного сварочного трансформатора и таблица с его характеристиками.

## 2.6. Условное обозначение спроектированной контактной сварочной машины по ГОСТ 297–80

На основании расчётов вторичного контура и характеристик стандартного сварочного трансформатора производят расчёт электрических характеристик спроектированной контактной сварочной машины и зашифровывают их в условном обозначении по ГОСТ 297–80.

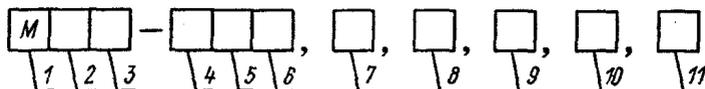


Рис. 11. Структура условного обозначения машины для контактной сварки общего назначения

ГОСТ 297–80 «Машины контактные. Общие технические условия» регламентирует условные обозначения контактных машин (рис. 11), которые позволяют извлечь полную информацию о типе и назначении машины. Обозначения состоят из одиннадцати символов-позиций:

- 1 – обозначение вида изделия (машина контактная);
- 2 – обозначение машины по видам соединения, получаемого при сварке (Т – точечная, Ш – шовная, Р – рельефная, С – стыковая);
- 3 – обозначение машины по конструктивному исполнению и(или) типу источника сварочного тока (В – с выпрямлением тока во вторичном контуре, К – конденсаторная, Н – низкочастотная; если буквы нет, то источник переменного тока промышленной частоты, Р – радиальная, П – подвесная, С – стыковая сварка сопротивлением, О – стыковая сварка оплавлением);
- 4 – для точечных, рельефных и шовных машин указывается наибольший вторичный ток (в кА). Для стыковых машин отмечается максимальное усилие осадки (в кН);
- 5 – номер модификации машины;
- 6 – вид климатического исполнения по ГОСТ 15150–69 – УХЛ4 для средних широт или Т4 для тропических широт;
- 7 – группа А или Б в зависимости от нормируемых технических требований;

- 8 – напряжение питающей сети;
- 9 – частота питающей сети;
- 10 – слово «экспорт» (для экспортного варианта);
- 11 – обозначение технических условий на конкретную машину.

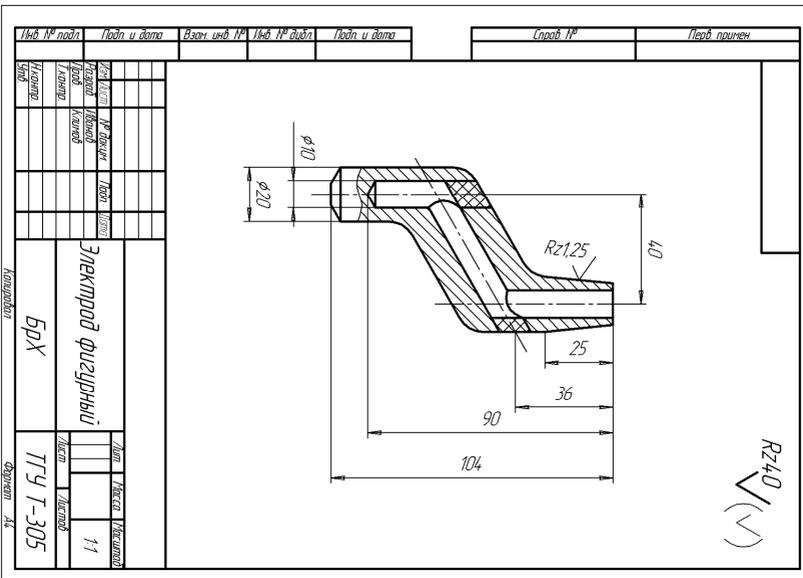
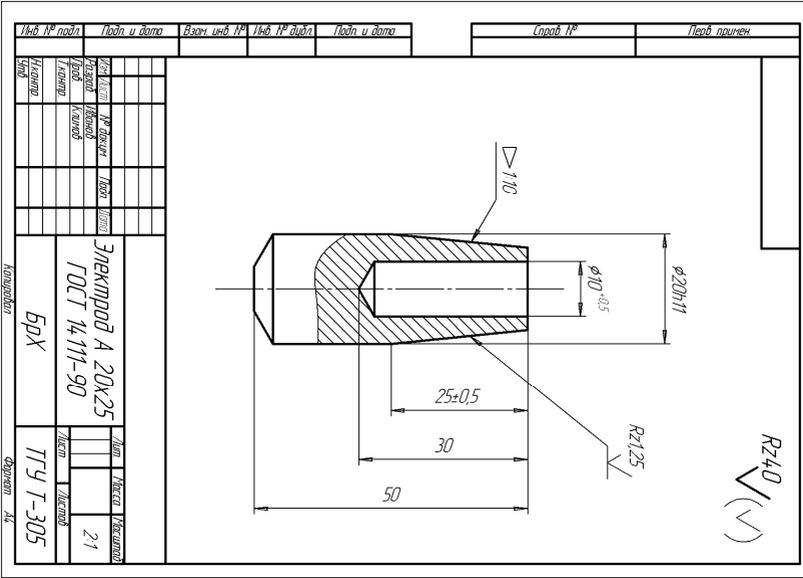
**В пояснительной записке должны быть представлены:**

- 1) условное обозначение спроектированной контактной сварочной машины по ГОСТ 297–80;
- 2) расшифровка приведённого условного обозначения.

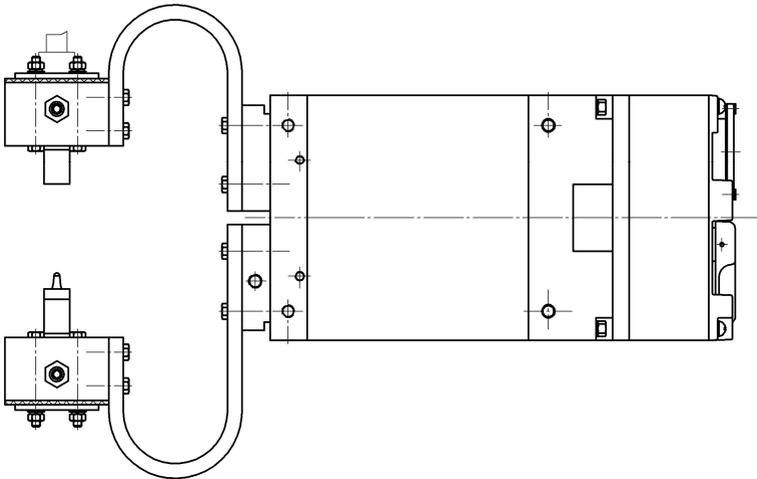
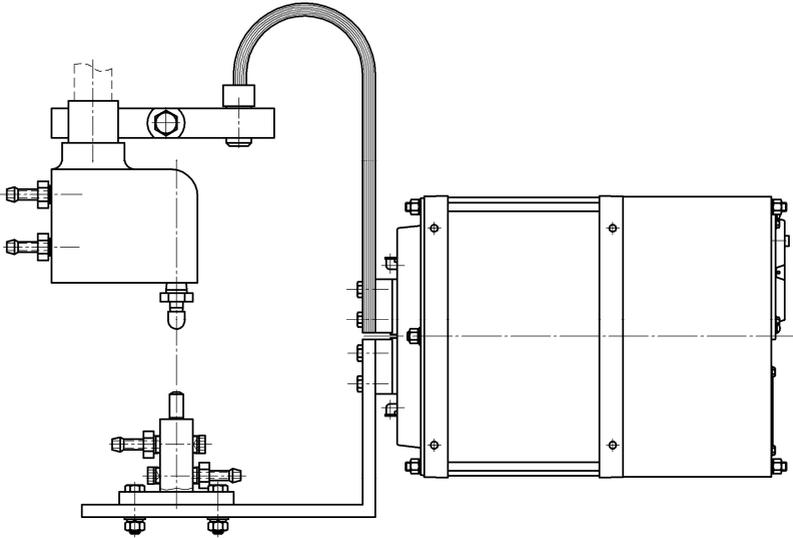
## Библиографический список

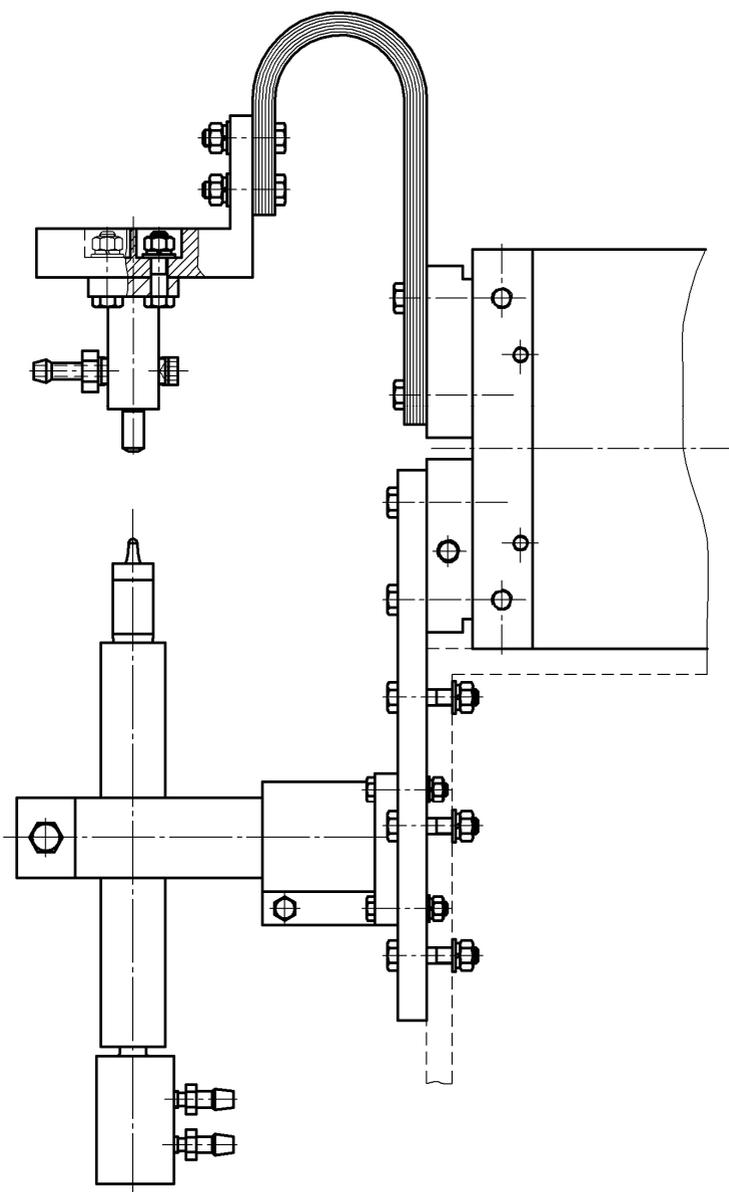
1. Глебов, Л.В. Устройство и эксплуатация контактных машин / Л.В. Глебов, Ю.И. Филиппов, П.Л. Чулошников. – Л. : Энергоатомиздат, 1987. – 312 с.
2. Технология и оборудование контактной сварки : учебник для вузов / Б.Д. Орлов [и др.]. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1986. – 352 с.
3. Манойлов, В.Е. Основы электробезопасности / В.Е. Манойлов. – Л. : Энергоатомиздат, 1991. – 480 с.
4. ГОСТ 297–80 Машины контактные. Общие технические условия. – Введ. 1983-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 27 с.
5. Рыськова, З.А. Трансформаторы для электрической контактной сварки / З.А. Рыськова, П.Д. Фёдоров, В.И. Жимереева. – Л. : Энергоатомиздат, 1990.
6. Оборудование для контактной сварки: справ. пособие / под ред. В.В. Смирнова. – СПб. : Энергоатомиздат, 2000. – 848 с.
7. ГОСТ 14111–90 Электроды прямые для контактной точечной сварки. Типы и размеры. – Введ. 1991-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 4 с.
8. ГОСТ 25444–90 Электроды прямые и электрододержатели для контактной точечной сварки. Посадки конические. – Введ. 1991-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 5 с.

Примеры чертежей электродов для контактной точечной сварки

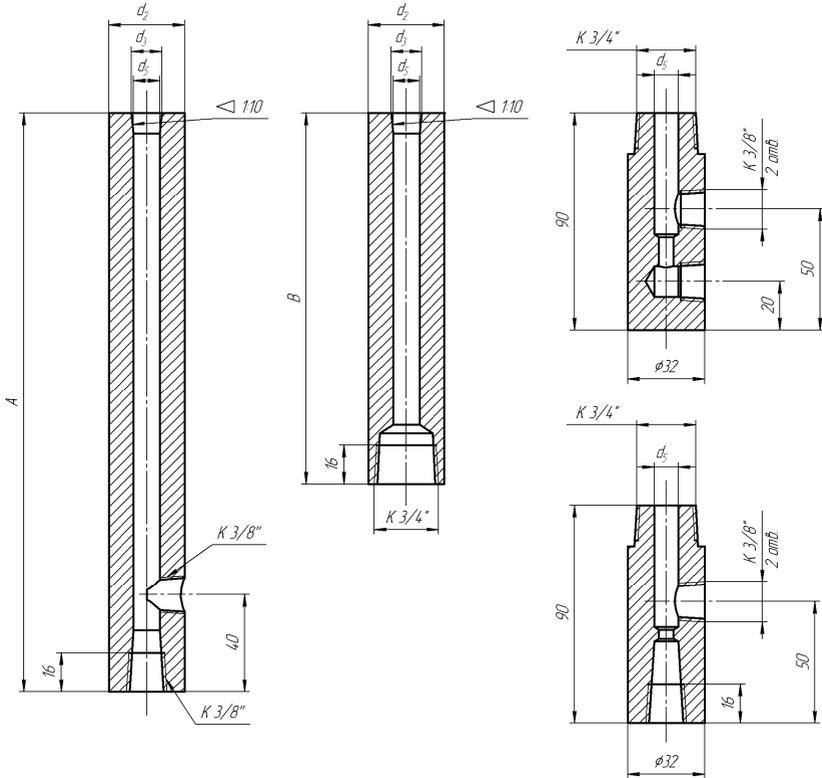


*Примеры эскизов вторичных контуров специальных  
контактных сварочных машин  
(сечения элементов не показаны)*





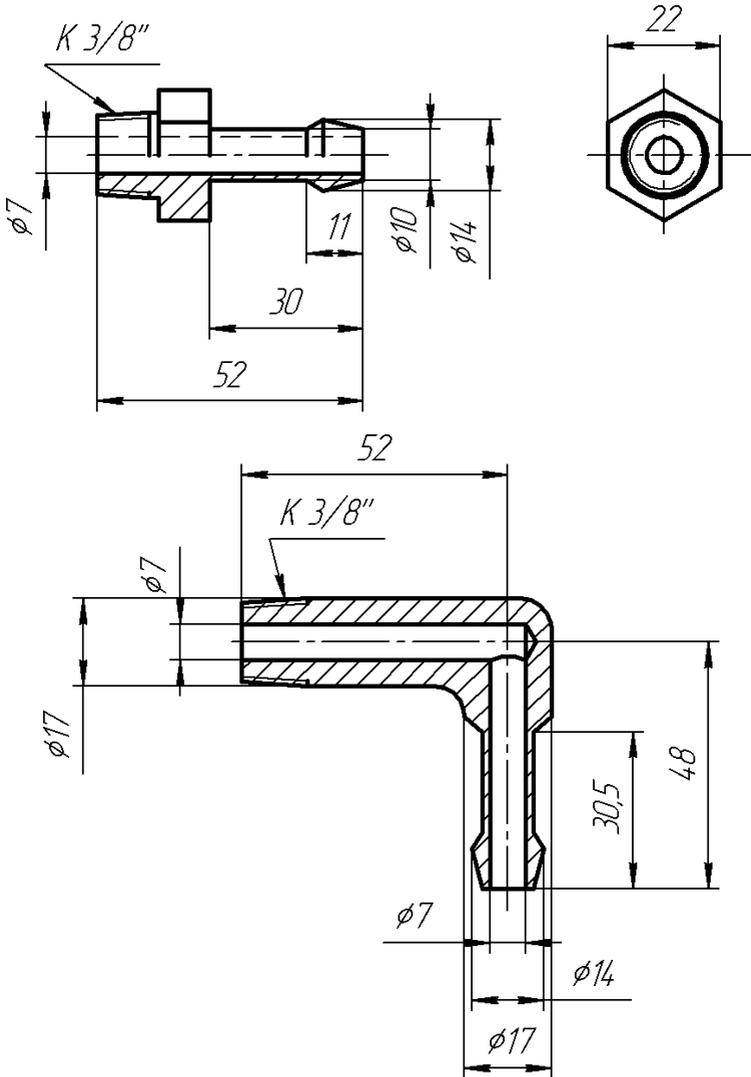
**Рекомендуемые размеры электрододержателей**



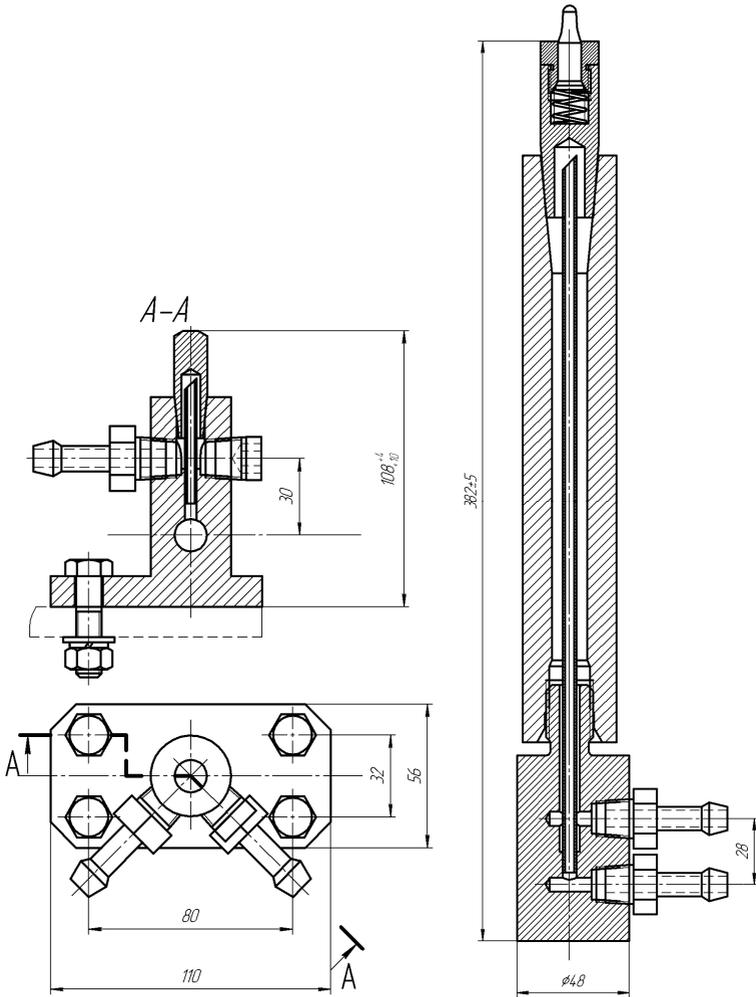
Вместо резьбы К 3/8' возможна К 1/4'

Электродная посадка	$d_2$ , мм	$d_3$ , мм	$d_5$ , мм	Усилие на электроде, кН	Условное обозначение		Длина электроодержателя, мм	
					Исп. 1	Исп. 2	А	В
A10	16	9,8	8,5	2,5	EH 01	—	100, 160, 250, 320, 400	63, 100, 160, 250, 320, 400
	20				EH 02	—		
	25				EH 03	—		
A13	20	12,7	11	4	EH 04	—		
	25				EH 05	—		
	31,5				EH 06	EH 11		
	40				—	EH 12		
A16	25	15,5	13,5	6,3	EH 07	—		
	31,5				EH 08	EH 13		
	40				—	EH 14		
A20	31,5	19	16,5	10	EH 09	EH 15		
	40				—	EH 16		
A25	40	24,5	21,5	16	—	EH 17		

Ориентировочные размеры штуцеров подачи воды



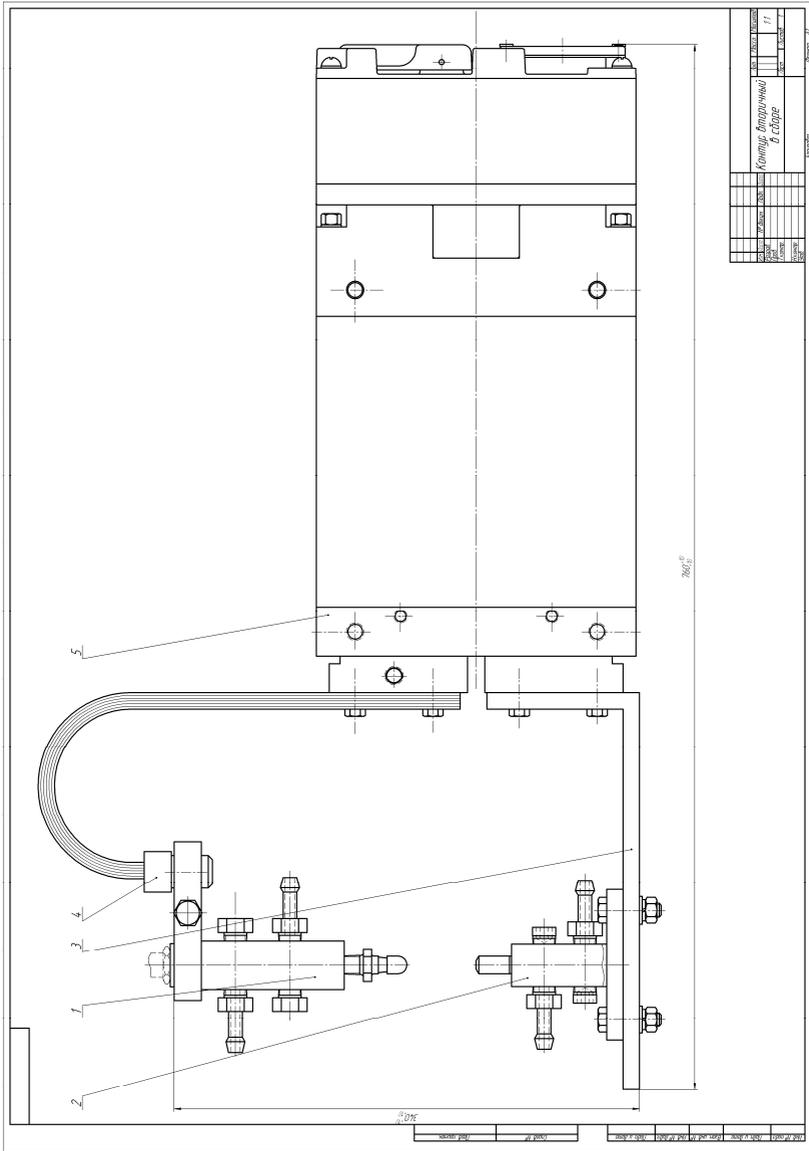
*Примеры проектирования электродных узлов специальных  
контактных сварочных машин*













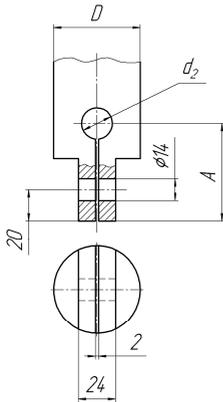
**Нормальные линейные размеры по ГОСТ 6636-90**

Ряды				Ряды				Ряды							
Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40				
1,0	1,0	1,0	1,0	10	10	10	10	100	100	100	100				
			1,05				10,5				105				
			1,1				11				110				
		1,2	1,2			1,1	12			12	11	125	125	125	110
						1,15					11,5				120
						1,2					12				125
	1,4		1,2		14	12			14	125	125				
			1,3			13				130					
			1,4			14				140					
	1,5	15	150												
	1,6	1,6	1,6		1,6	16	16		16	16	160	160	160	160	
					1,7					17				170	
1,8				18	180										
2,0			2,0	1,8	20			20	19	200			200	200	190
				2,0					20						200
				2,1					21						210
		2,2	2,0	22			20	22	200			200			
			2,2				22		220						
			2,4				24		240						
2,5		2,5	2,5	2,5	25		25	25	25	250		250	250	250	
				2,6					26					260	
				2,8					28					280	
	3,2		3,2	2,8		32		32	30		320		320	320	300
				3,2					32						320
				3,4					34						340
		3,6	3,2	36			32	36	320			320			
			3,6				36		360						
			3,8				38		380						
	4,0	4,0	4,0	4,0		40	40	40	40		400	400	400	400	
				4,2					42					420	
				4,5					45					450	
5,0			4,5	4,5	50			50	48	500			500	500	480
				4,8					50						500
				5,0					50						530
		5,6	5,0	56			50	56	500			500			
			5,3				53		530						
			5,6				56		560						
6,0		60	600												

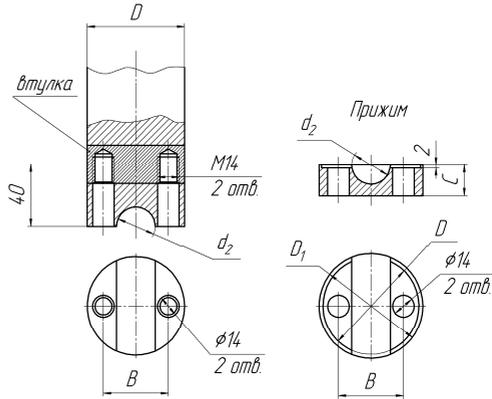
Ряды				Ряды				Ряды								
<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>	<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>	<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>					
6,3	6,3	6,3	6,3	63	63	63	63	630	630	630	630					
			6,7			67	670									
		7,1	7,1			71	71			710	710					
			7,5			75	750									
		8,0	8,0			8,0	80			80	80	80	800	800	800	800
						8,5					85	850				
	9,0		9,0	90	90	900		900								
			9,5	95	950											

**Рекомендуемые размеры хоботов электрододержателей**

Исполнение 1



Исполнение 2



D, мм	d <sub>2</sub> , мм	Обозначение		Исполнение 1 A, мм	Исполнение 2		
		Исполнение 1	Исполнение 2		B, мм	C, мм	D <sub>1</sub> , мм
40	16	АН 010	—	56	—	—	—
56	16	АН 020	—	63	—	—	—
	20	АН 021	—				
	25	АН 022	—				
63	20	—	АН 110	—	42	20	67
	25	—	АН 111				
80	20	—	АН 120	—	50	25	85
	25	—	АН 121				
	31,5	—	АН 122				
110	25	—	АН 130	—	63	32	115
	31,5	—	АН 131				
	40	—	АН 132				