

ФГБОУ ВПО  
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

## **Разработка технологического процесса ручной дуговой и газовой сварки**

### **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

для студентов высших учебных заведений, обучающихся по стандартам третьего поколения и направлениям: 35.03.06- Агроинженерия; 23.03.03- Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; 13.03.02-Электроэнергетика и электротехника; 21.04.02- Землеустройство и кадастры.

Ставрополь  
«АГРУС»  
2014

УДК 620.22 (072)

ББК 30.3 я73

Р 177

### **Составители:**

*Е.В.Зубенко, А.Т.Лебедев, М.Л.Пантух, А.В.Орлянский,  
Р.В.Павлюк, А.В.Захарин, Р.А.Магомедов*

### **Рецензент**

кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Мобильные энергетические средства» И.И. Швецов

**Разработка технологического процесса сварки:** Учебно-методическое пособие / сост. Е.В.Зубенко, А.Т.Лебедев, М.Л.Пантух, А.В.Орлянский, Р.В.Павлюк, А.В.Захарин, Р.А.Магомедов; Ставропольский государственный аграрный университет.-Ставрополь,2014.-64с.

Рассматриваются основные положения и принципы расчета ручной дуговой и газовой сварки. Предназначено для самостоятельной работы студентов при выполнении расчетных и курсовых работ. Предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по стандартам третьего поколения и направлениям:35.03.06- «Агроинженерия»; 23.03.03– «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 13.03.02- «Электроэнергетика и электротехника», 21.04.02- Землеустройство и кадастры при изучении дисциплины «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Конструкционное материаловедение». Приведенные методики могут применяться инженерно-техническим персоналом для ведения практических расчетов.

УДК 620.22 (072)

ББК 30.3 я73

*Одобрено и рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства Ставропольского государственного аграрного университета*

*(протокол № 3 от 20.10.2014г.)*

ФГБОУ ВПО Ставропольский государственный  
аграрный университет

**СОДЕРЖАНИЕ**

|   |    |
|---|----|
| ВЫБОР ЗАДАНИЯ НА РГР.....   | 4  |
| ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ НА РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ.....                  | 5  |
| ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....   | 24 |
| КЛАССИФИКАЦИЯ СВАРКИ.....   | 24 |
| РУЧНАЯ ДУГОВАЯ И ГАЗОВАЯ СВАРКА.....                                  | 24 |
| ЭЛЕКТРОСВАРКА.....  | 25 |
| ГАЗОВАЯ СВАРКА.....   | 26 |
| СВАРНЫЕ ШВЫ И СОЕДИНЕНИЯ.....   | 28 |
| ДЕФЕКТЫ В СВАРНЫХ ШВАХ.....   | 30 |
| ЗАДАЧА 1. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ДУГОВОЙ СВАРКИ.....                          | 31 |
| ЗАДАЧА 2. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ГАЗОВОЙ СВАРКИ.....                          | 45 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1<br>ТАБЛИЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ<br>РАСЧЕТОВ..... | 50 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....  | 62 |

## Выбор задания на расчетно-графическую работу

### «Разработка технологического процесса ручной дуговой и газовой сварки»

Расчетно-графическая работа состоит из двух задач:

Задача 1. Расчет режимов ручной дуговой сварки.

Задача 2. Расчет режимов газовой сварки.

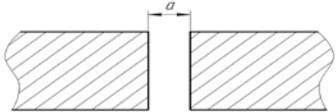
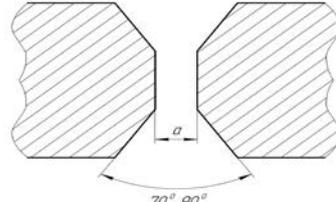
Вариант задания (выбирается из таблицы 1), согласно номеру, указанному преподавателем. В задании указаны:

1. Толщина свариваемых листов,  $\delta$ , мм
2. Марка стали свариваемых листов.
3. Длина сварного шва, L, мм
4. Схема шва.
5. Зазор, мм

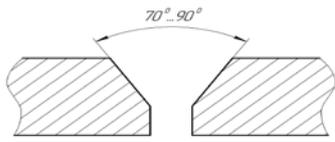
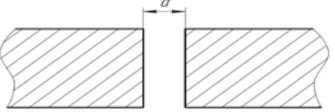
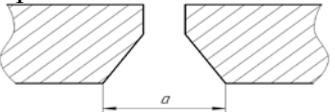
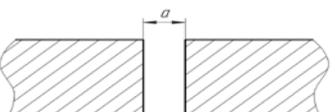
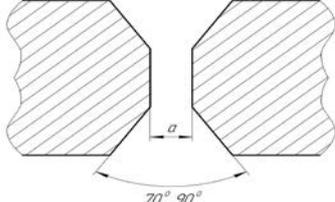
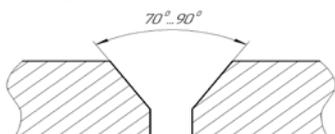
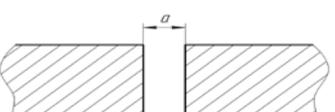
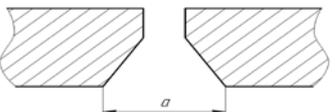
Необходимо:

1. Расшифровать марку стали, описав ее свойства.
2. Исходя из задания описать целесообразность применения того или иного вида сварки.
3. Произвести расчет ручной дуговой и газовой сварок по указанным ниже методикам.
4. Сделать выводы по работе в целом.

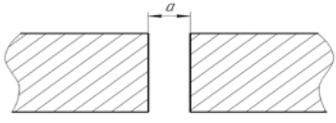
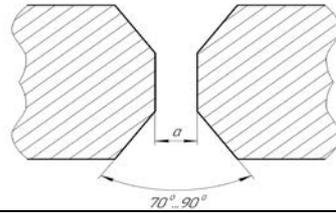
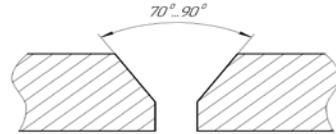
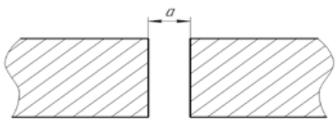
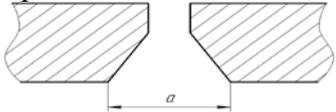
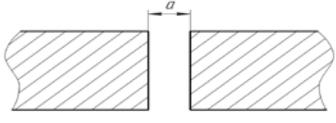
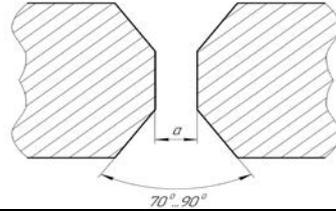
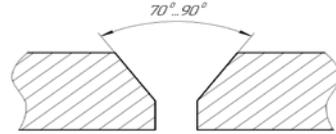
Таблица 1- Варианты задания на расчетно-графическую работу

| №  | Толщина листа металла $\delta$ , мм | Марка стали | Длина сварного шва L, мм | Схема шва   | Зазор b, мм |
|----|-------------------------------------|-------------|--------------------------|---|-------------|
| 1. | Лист стальной 3 г/к                 | Ст3пс       | 100                      | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br> | 2           |
| 2. | Лист конструкционный 3 мм           | 45          | 150                      | X-образный<br>                        | 2           |

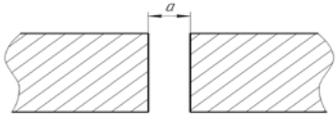
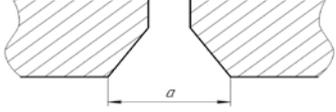
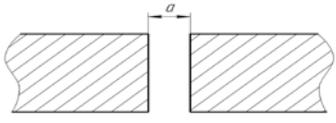
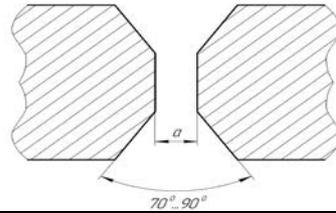
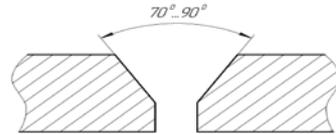
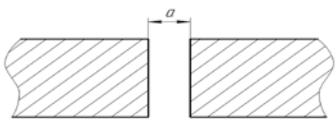
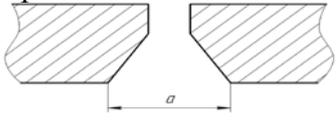
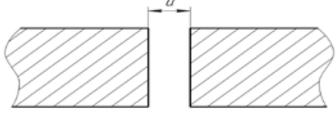
## Продолжение таблицы 1

|     |                             |        |     |   |   |
|-----|-----------------------------|--------|-----|---|---|
| 3.  | Лист конструкционный 2 мм   | 10ХСНД | 200 | V-образный<br>  | 4 |
| 4.  | Лист конструкционный 10 мм  | 40Х    | 250 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                  | 3 |
| 5.  | Лист низколегированный 8 мм | 09Г2С  | 110 | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br>   | 2 |
| 6.  | Лист конструкционный 6 мм   | 12Х1МФ | 160 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                  | 2 |
| 7.  | Лист стальной 4 г/к         | Ст3пс  | 210 | X-образный<br>  | 3 |
| 8.  | Лист конструкционный 6 мм   | 65Г    | 250 | V-образный<br>  | 2 |
| 9.  | Лист низколегированный 5 мм | 09Г2С  | 300 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                | 3 |
| 10. | Лист конструкционный 2 мм   | 10ХСНД | 360 | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 2 |

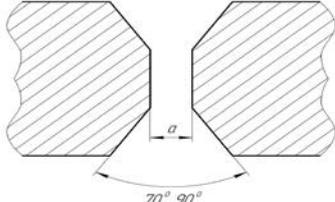
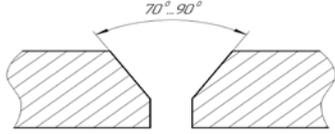
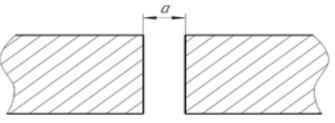
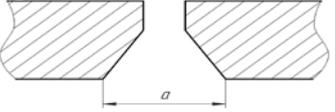
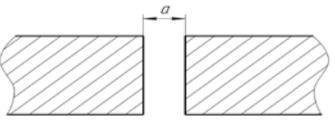
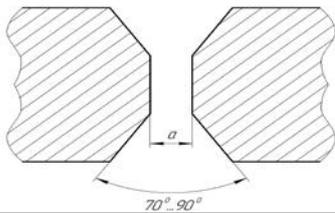
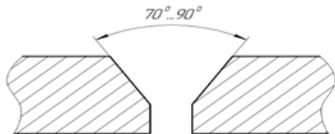
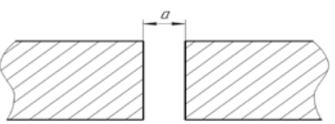
Продолжение таблицы 1

|     |                             |        |     |   |   |
|-----|-----------------------------|--------|-----|---|---|
| 11. | Лист стальной 5 г/к         | СтЗпс5 | 500 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                   | 3 |
| 12. | Лист конструкционный 4 мм   | 35     | 550 | Х-образный<br>  | 2 |
| 13. | Лист стальной 1,5 х/к       | Ст08пс | 600 | V-образный<br>  | 3 |
| 14. | Лист конструкционный 4 мм   | У8А    | 650 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                 | 2 |
| 15. | Лист низколегированный 6 мм | 09Г2С  | 180 | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 3 |
| 16. | Лист конструкционный 2 мм   | 20     | 340 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                 | 3 |
| 17. | Лист стальной 7 г/к         | СтЗпс  | 600 | Х-образный<br>  | 3 |
| 18. | Лист конструкционный 8 мм   | 30ХГСА | 650 | V-образный<br>  | 2 |

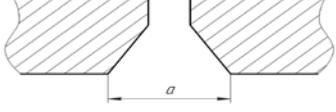
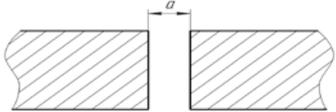
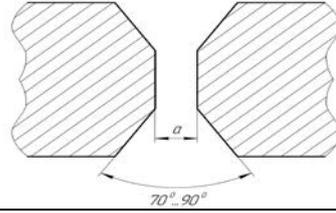
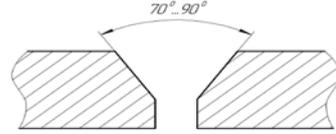
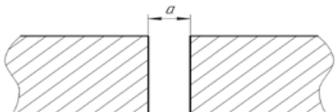
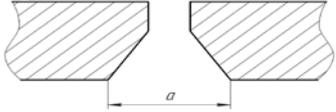
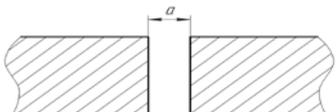
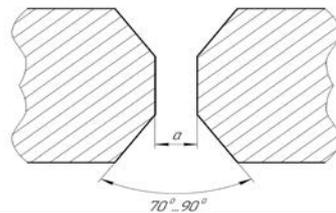
## Продолжение таблицы 1

|     |                             |        |      |  |   |
|-----|-----------------------------|--------|------|--|---|
| 19. | Лист низколегированный 4 мм | 09Г2С  | 500  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>               | 2 |
| 20. | Лист конструкционный 12 мм  | 10ХСНД | 550  | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br>   | 2 |
| 21. | Лист стальной 8 г/к         | Ст3пс  | 300  | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                | 4 |
| 22. | Лист конструкционный 3 мм   | 10ХСНД | 650  | Х-образный<br>                                      | 4 |
| 23. | Лист стальной 1,8 х/к       | 65Г    | 180  | V-образный<br>                                     | 3 |
| 24. | Лист стальной 10 г/к        | Ст3пс  | 340  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>             | 4 |
| 25. | Лист конструкционный 3 мм   | 20     | 600  | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br> | 3 |
| 26. | Лист низколегированный 4 мм | 09Г2С  | 1000 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>              | 2 |

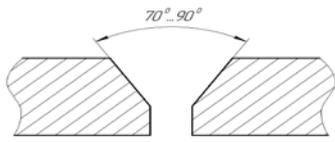
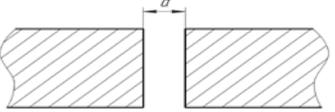
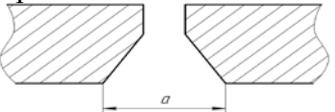
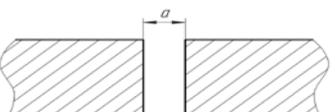
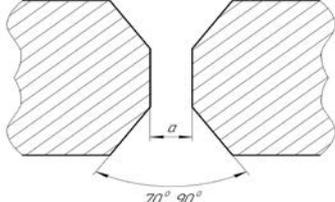
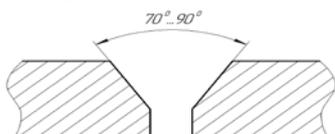
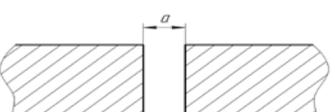
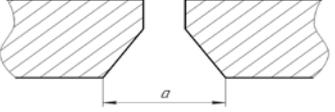
Продолжение таблицы 1

|     |                             |        |      |  |   |
|-----|-----------------------------|--------|------|--|---|
| 27. | Лист конструкционный 8 мм   | 40Х    | 1500 | Х-образный<br>   | 2 |
| 28. | Лист стальной 4 г/к         | Ст3пс  | 200  | V-образный<br>   | 4 |
| 29. | Лист стальной 16 г/к        | Ст3пс  | 250  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                 | 3 |
| 30. | Лист конструкционный 3 мм   | 40Х    | 110  | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 2 |
| 31. | Лист низколегированный 4 мм | 09Г2С  | 700  | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                | 1 |
| 32. | Лист конструкционный 6 мм   | 60С2А  | 210  | Х-образный<br>                                       | 2 |
| 33. | Лист стальной 3 х/к         | Ст08пс | 250  | V-образный<br>                                       | 1 |
| 34. | Лист конструкционный 3 мм   | 35     | 800  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>               | 2 |

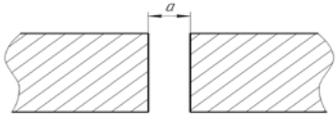
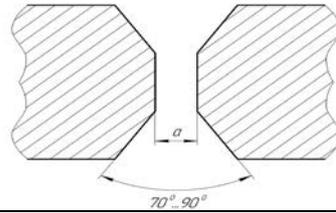
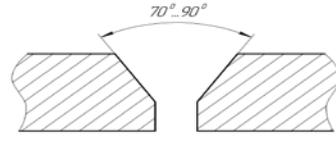
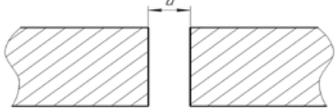
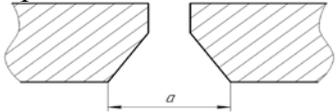
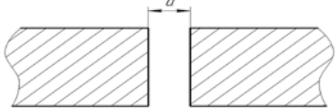
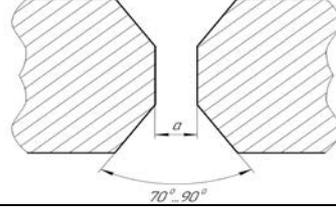
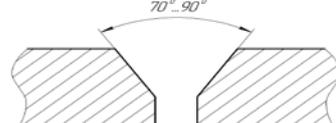
## Продолжение таблицы 1

|     |                             |        |     |  |   |
|-----|-----------------------------|--------|-----|--|---|
| 35. | Лист низколегированный 4 мм | 09Г2С  | 360 | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br>   | 3 |
| 36. | Лист конструкционный 5 мм   | 30ХГСА | 640 | Без скоса кромок: двусторонний<br>                   | 4 |
| 37. | Лист стальной 20 г/к        | Ст3пс  | 550 | Х-образный<br>                                       | 4 |
| 38. | Лист конструкционный 2 мм   | У8А    | 300 | V-образный<br>                                      | 3 |
| 39. | Лист стальной 2,5 х/к       | Ст08пс | 720 | Без скоса кромок: односторонний<br>                | 2 |
| 40. | Лист конструкционный 4 мм   | 40Х    | 180 | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br> | 1 |
| 41. | Лист низколегированный 5 мм | 09Г2С  | 340 | Без скоса кромок: двусторонний<br>                 | 2 |
| 42. | Лист конструкционный 2 мм   | 60С2А  | 240 | Х-образный<br>                                     | 2 |

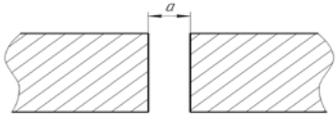
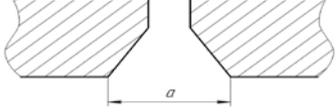
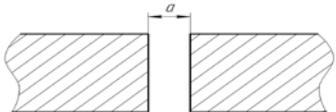
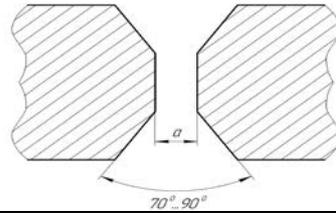
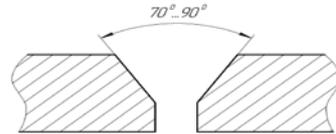
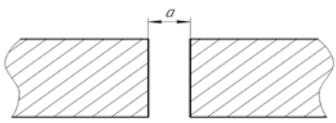
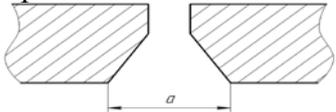
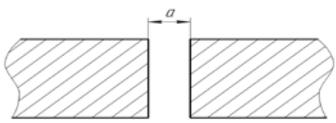
## Продолжение таблицы 1

|     |  |        |      |   |   |
|-----|--|--------|------|---|---|
| 43. | Лист<br>стальной 2<br>х/к                | Ст08пс | 1000 | V-образный<br>  | 2 |
| 44. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 10<br>мм  | 10ХСНД | 1500 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                  | 2 |
| 45. | Лист<br>стальной<br>25 г/к               | Ст3пс  | 250  | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br>   | 3 |
| 46. | Лист низ-<br>колегиро-<br>ванный 3<br>мм | 09Г2С  | 170  | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                  | 3 |
| 47. | Лист<br>стальной<br>2,5 х/к              | Ст08пс | 700  | X-образный<br>  | 3 |
| 48. | Лист<br>стальной 3<br>х/к                | 65Г    | 210  | V-образный<br>  | 3 |
| 49. | Лист низ-<br>колегиро-<br>ванный 4<br>мм | 09Г2С  | 250  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                | 1 |
| 50. | Лист низ-<br>колегиро-<br>ванный 9<br>мм | 09Г2С  | 460  | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 2 |

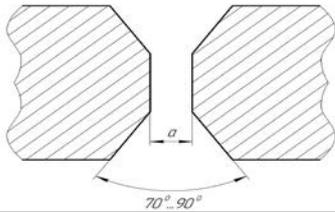
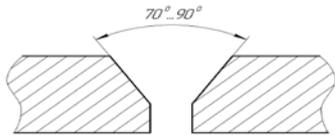
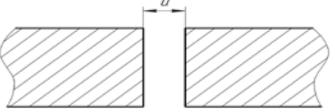
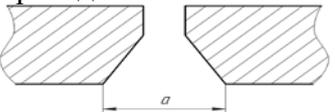
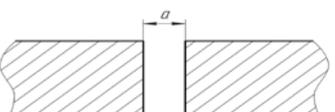
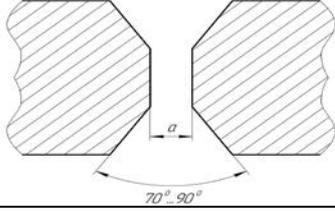
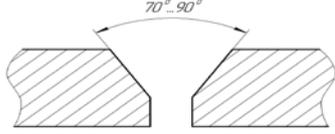
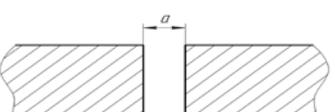
Продолжение таблицы 1

|     |   |        |     |   |   |
|-----|---|--------|-----|---|---|
| 51. | Лист<br>стальной<br>10 г/к              | Ст3пс  | 360 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                   | 1 |
| 52. | Лист<br>стальной<br>1,5г/к              | Ст3пс  | 820 | Х-образный<br>  | 2 |
| 53. | Лист<br>стальной<br>0,5 х/к             | Ст08пс | 460 | V-образный<br>  | 1 |
| 54. | Лист<br>стальной<br>0,6 х/к             | Ст08пс | 550 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                 | 2 |
| 55. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 10<br>мм | 12Х1МФ | 600 | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 4 |
| 56. | Лист<br>стальной<br>0,7 х/к             | Ст08пс | 340 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                 | 4 |
| 57. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 8<br>мм  | 10ХСНД | 180 | Х-образный<br>  | 4 |
| 58. | Лист<br>стальной<br>0,8 х/к             | Ст08пс | 340 | V-образный<br>  | 3 |

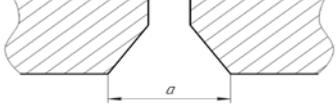
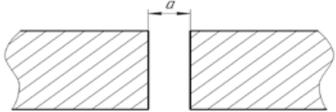
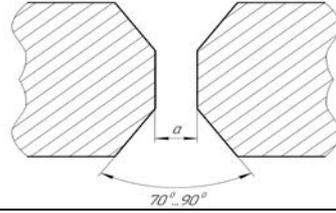
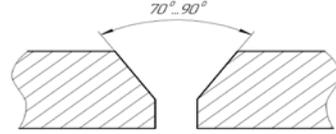
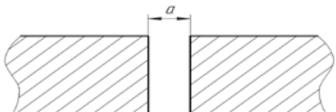
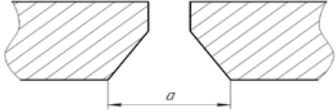
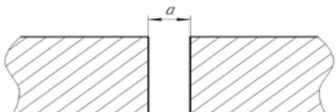
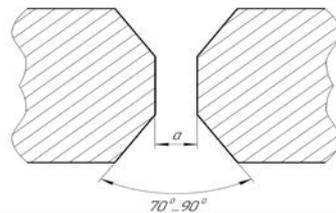
## Продолжение таблицы 1

|     |  |        |     |   |   |
|-----|--|--------|-----|---|---|
| 59. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 5<br>мм | 10ХСНД | 560 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                  | 3 |
| 60. | Лист<br>стальной<br>0,9 х/к            | Ст08пс | 190 | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br>   | 3 |
| 61. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 5<br>мм | 35     | 920 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                   | 3 |
| 62. | Лист<br>стальной 1<br>х/к              | Ст08пс | 550 | Х-образный<br>   | 3 |
| 63. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 3<br>мм | 30ХГСА | 250 | V-образный<br>  | 3 |
| 64. | Лист<br>стальной<br>1,2 х/к            | Ст08пс | 720 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                | 3 |
| 65. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 4<br>мм | 65Г    | 380 | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 3 |
| 66. | Лист<br>стальной<br>1,4 х/к            | Ст08пс | 340 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                 | 2 |

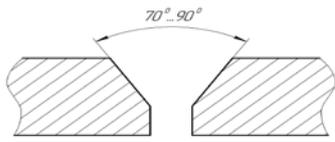
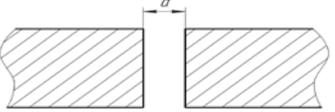
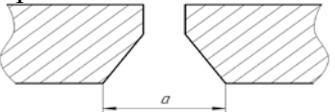
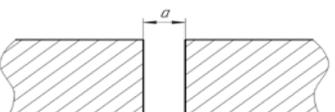
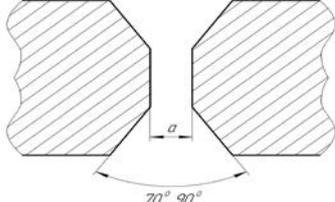
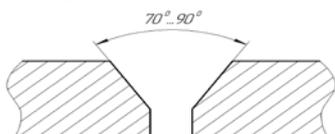
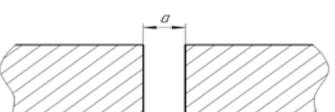
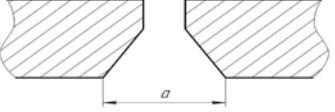
Продолжение таблицы 1

|     |                              |        |      |  |   |
|-----|------------------------------|--------|------|--|---|
| 67. | Лист конструкционный 2,5 мм  | 20     | 510  | Х-образный<br>   | 2 |
| 68. | Лист низколегированный 4 мм  | 09Г2С  | 480  | V-образный<br>   | 2 |
| 69. | Лист конструкционный 12 мм   | 35     | 1500 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                 | 2 |
| 70. | Лист низколегированный 6 мм  | 09Г2С  | 670  | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 2 |
| 71. | Лист конструкционный 2 мм    | 30ХГСА | 170  | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                | 2 |
| 72. | Лист низколегированный 10 мм | 09Г2С  | 920  | Х-образный<br>                                       | 2 |
| 73. | Лист конструкционный 8 мм    | 45     | 210  | V-образный<br>                                       | 1 |
| 74. | Лист низколегированный 10 мм | 09Г2С  | 750  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>               | 1 |

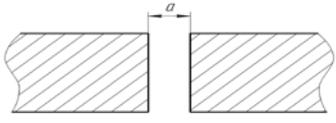
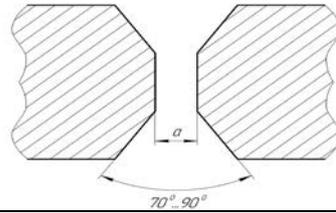
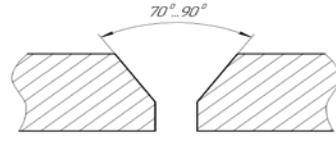
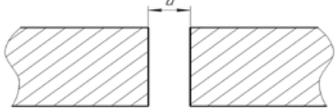
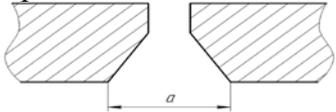
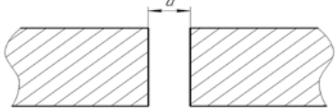
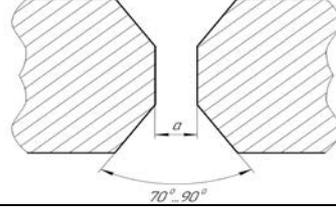
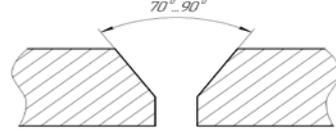
Продолжение таблицы 1

|     |                              |       |     |  |   |
|-----|------------------------------|-------|-----|--|---|
| 75. | Лист конструкционный 6 мм    | 65Г   | 460 | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br>   | 1 |
| 76. | Лист низколегированный 12 мм | 09Г2С | 245 | Без скоса кромок: двусторонний<br>                   | 1 |
| 77. | Лист конструкционный 2,5 мм  | 45    | 820 | Х-образный<br>                                       | 1 |
| 78. | Лист низколегированный 4 мм  | 09Г2С | 470 | V-образный<br>                                      | 1 |
| 79. | Лист конструкционный 8 мм    | 60С2А | 460 | Без скоса кромок: односторонний<br>                | 2 |
| 80. | Лист низколегированный 6 мм  | 09Г2С | 550 | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br> | 2 |
| 81. | Лист конструкционный 3 мм    | 65Г   | 600 | Без скоса кромок: двусторонний<br>                 | 2 |
| 82. | Лист низколегированный 8 мм  | 09Г2С | 340 | Х-образный<br>                                     | 2 |

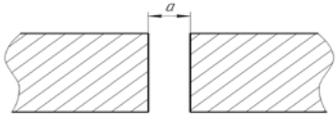
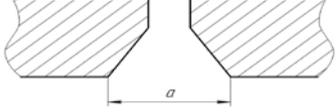
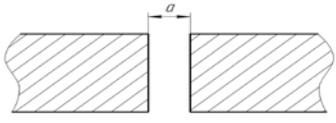
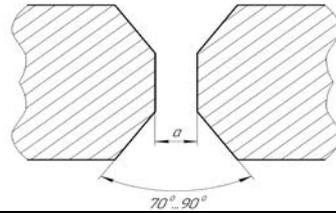
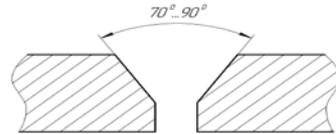
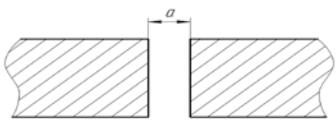
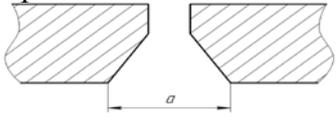
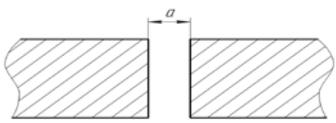
## Продолжение таблицы 1

|     |  |        |      |   |   |
|-----|--|--------|------|---|---|
| 83. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 4<br>мм   | 60С2А  | 180  | V-образный<br>  | 3 |
| 84. | Лист низ-<br>колегиро-<br>ванный 2<br>мм | 09Г2С  | 340  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                  | 3 |
| 85. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 6<br>мм   | У8А    | 560  | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br>   | 3 |
| 86. | Лист низ-<br>колегиро-<br>ванный<br>2мм  | 09Г2С  | 190  | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                  | 3 |
| 87. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 4<br>мм   | 10ХСНД | 1500 | X-образный<br>  | 3 |
| 88. | Лист низ-<br>колегиро-<br>ванный 2<br>мм | 09Г2С  | 250  | V-образный<br>  | 3 |
| 89. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 8<br>мм   | 12Х1МФ | 170  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                | 3 |
| 90. | Лист низ-<br>колегиро-<br>ванный 3<br>мм | 09Г2С  | 620  | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 3 |

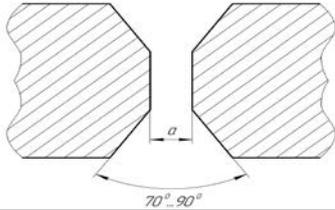
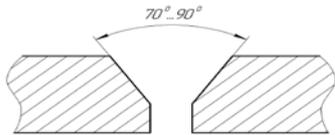
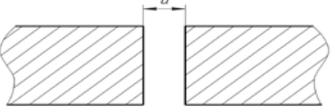
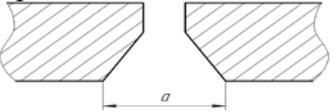
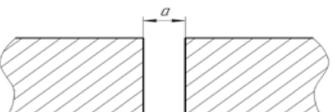
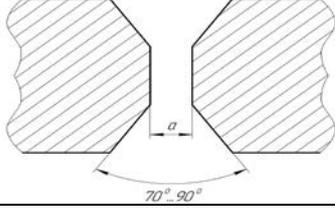
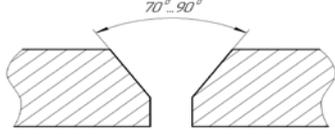
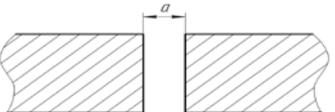
Продолжение таблицы 1

|     |                             |       |     |   |   |
|-----|-----------------------------|-------|-----|---|---|
| 91. | Лист конструкционный 2 мм   | 45    | 210 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                   | 3 |
| 92. | Лист низколегированный 3 мм | 09Г2С | 310 | Х-образный<br>  | 3 |
| 93. | Лист конструкционный 6 мм   | 45    | 460 | V-образный<br>  | 2 |
| 94. | Лист низколегированный 3 мм | 09Г2С | 360 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                 | 2 |
| 95. | Лист конструкционный 7 мм   | 65Г   | 700 | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 2 |
| 96. | Лист низколегированный 4 мм | 09Г2С |     | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                 | 2 |
| 97. | Лист конструкционный 8 мм   | 65Г   |     | Х-образный<br>  | 2 |
| 98. | Лист низколегированный 4 мм | 09Г2С | 300 | V-образный<br>  | 2 |

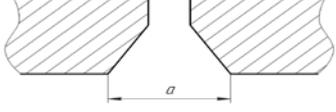
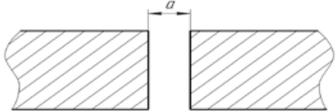
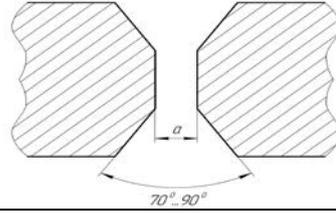
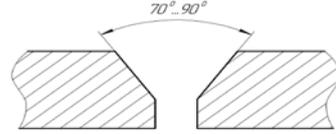
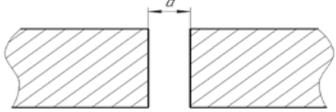
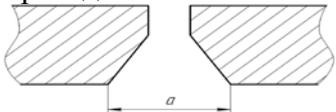
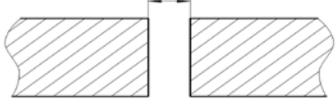
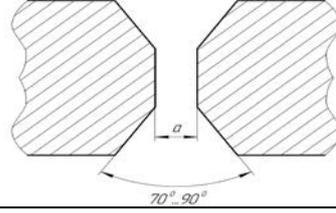
## Продолжение таблицы 1

|      |                             |        |     |  |   |
|------|-----------------------------|--------|-----|--|---|
| 99.  | Лист низколегированный 5 мм | 09Г2С  | 250 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>               | 2 |
| 100. | Лист конструкционный 10 мм  | У8А    | 170 | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br>   | 2 |
| 101. | Лист низколегированный 6 мм | 09Г2С  | 350 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                | 1 |
| 102. | Лист конструкционный 5 мм   | 40Х    | 210 | Х-образный<br>                                      | 2 |
| 103. | Лист низколегированный 7 мм | 09Г2С  | 250 | V-образный<br>                                     | 3 |
| 104. | Лист конструкционный 6 мм   | 40Х    | 460 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>             | 4 |
| 105. | Лист низколегированный 7 мм | 09Г2С  | 360 | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br> | 3 |
| 106. | Лист конструкционный 6 мм   | 30ХГСА | 820 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>              | 3 |

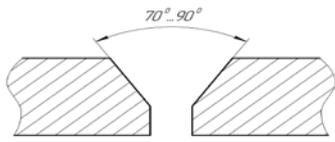
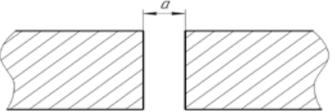
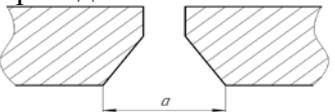
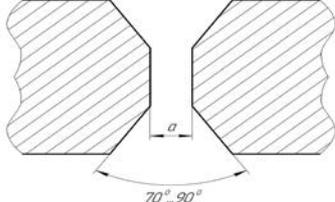
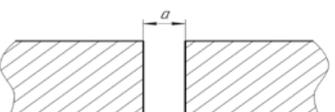
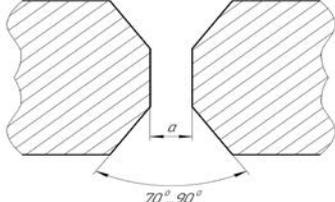
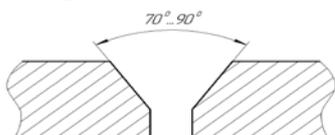
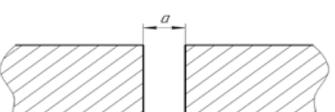
Продолжение таблицы 1

|      |                              |        |      |  |   |
|------|------------------------------|--------|------|--|---|
| 107. | Лист низколегированный 8 мм  | 09Г2С  | 1500 | Х-образный<br>   | 3 |
| 108. | Лист конструкционный 10 мм   | 12Х1МФ | 250  | V-образный<br>   | 2 |
| 109. | Лист низколегированный 8мм   | 09Г2С  | 170  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                 | 2 |
| 110. | Лист конструкционный 7 мм    | 65Г    | 700  | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 2 |
| 111. | Лист низколегированный 9 мм  | 09Г2С  | 210  | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                | 2 |
| 112. | Лист низколегированный 9мм   | 09Г2С  | 250  | Х-образный<br>                                       | 2 |
| 113. | Лист конструкционный 5 мм    | 60С2А  | 460  | V-образный<br>                                       | 2 |
| 114. | Лист низколегированный 10 мм | 09Г2С  | 360  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>               | 3 |

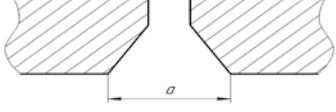
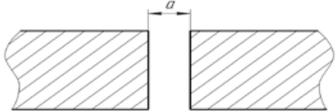
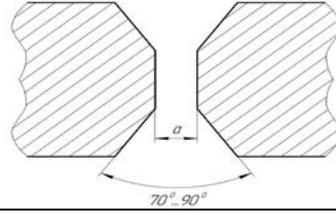
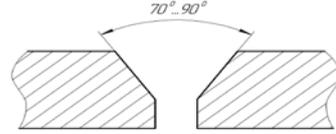
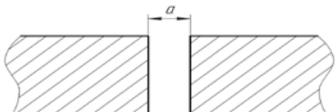
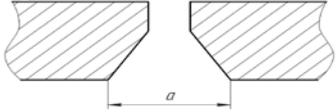
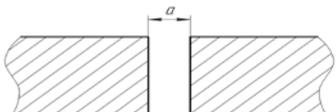
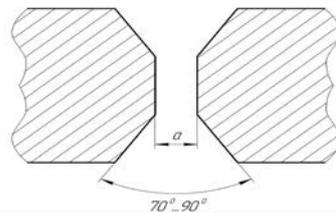
## Продолжение таблицы 1

|      |                            |        |      |  |   |
|------|----------------------------|--------|------|--|---|
| 115. | Лист конструкционный 5 мм  | 20ХГСА | 820  | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br>   | 3 |
| 116. | Лист конструкционный 3 мм  | 60С2А  | 1200 | Без скоса кромок: двусторонний<br>                   | 3 |
| 117. | Лист конструкционный 2 мм  | 65Г    | 2000 | Х-образный<br>                                       | 3 |
| 118. | Лист конструкционный 10 мм | 45     | 580  | V-образный<br>                                      | 4 |
| 119. | Лист стальной 1 х/к        | Ст08пс | 300  | Без скоса кромок: односторонний<br>                | 2 |
| 120. | Лист конструкционный 3 мм  | 30ХГСА | 580  | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br> | 2 |
| 121. | Лист стальной 1,2 х/к      | Ст08пс | 720  | Без скоса кромок: двусторонний<br>                 | 2 |
| 122. | Лист конструкционный 8 мм  | 65Г    | 435  | Х-образный<br>                                     | 2 |

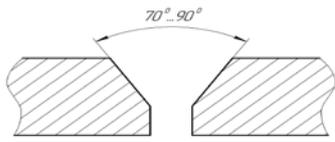
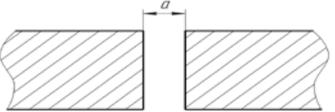
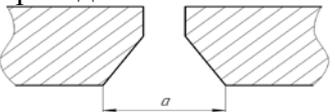
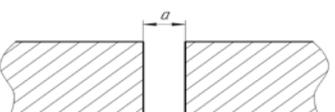
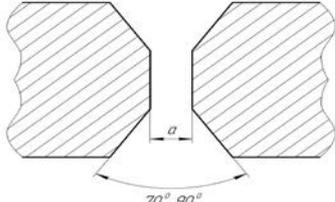
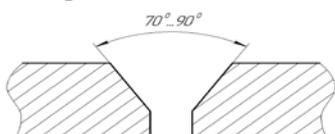
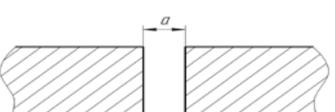
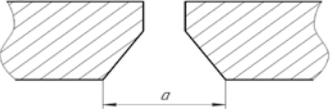
Продолжение таблицы 1

|      |   |        |      |   |   |
|------|---|--------|------|---|---|
| 123. | Лист<br>стальной<br>1,4 х/к               | Ст08пс | 400  | V-образный<br>  | 3 |
| 124. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 2,5<br>мм  | 20     | 320  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                | 3 |
| 125. | Лист низ-<br>колегиро-<br>ванный 4<br>мм  | 09Г2С  | 570  | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 3 |
| 126. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 10<br>мм   | 35     | 650  | X-образный<br>                                       | 3 |
| 127. | Лист низ-<br>колегиро-<br>ванный 6<br>мм  | 09Г2С  | 1300 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>               | 3 |
| 128. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 2<br>мм    | 30ХГСА | 190  | X-образный<br>                                      | 3 |
| 129. | Лист низ-<br>колегиро-<br>ванный 10<br>мм | 09Г2С  | 1500 | V-образный<br>                                      | 4 |
| 130. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 8<br>мм    | 45     | 250  | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>              | 4 |

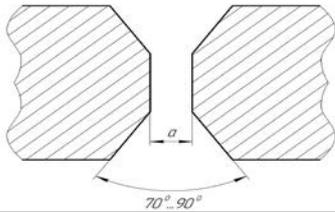
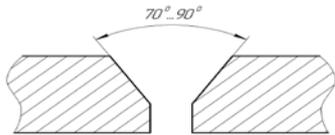
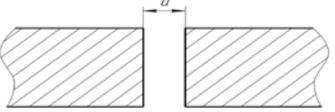
## Продолжение таблицы 1

|      |                              |        |      |  |   |
|------|------------------------------|--------|------|--|---|
| 131. | Лист низколегированный 10 мм | 09Г2С  | 170  | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br>   | 4 |
| 132. | Лист конструкционный 6 мм    | 65Г    | 620  | Без скоса кромок: двусторонний<br>                   | 2 |
| 133. | Лист конструкционный 3 мм    | У8А    | 210  | Х-образный<br>                                       | 1 |
| 134. | Лист конструкционный 4 мм    | 10ХСНД | 310  | V-образный<br>                                      | 2 |
| 135. | Лист конструкционный 4 мм    | 12Х1МФ | 460  | Без скоса кромок: односторонний<br>                | 2 |
| 136. | Лист конструкционный 4 мм    | 30ХГСА | 670  | С отбортовкой кромок, без присадочного металла<br> | 2 |
| 137. | Лист конструкционный 4 мм    | 65Г    | 190  | Без скоса кромок: двусторонний<br>                 | 3 |
| 138. | Лист конструкционный 4 мм    | 20     | 1500 | Х-образный<br>                                     | 2 |

## Продолжение таблицы 1

|      |  |        |     |   |   |
|------|--|--------|-----|---|---|
| 139. | Лист<br>стальной 3<br>г/к                | Ст3пс  | 250 | V-образный<br>  | 2 |
| 140. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 3<br>мм   | 45     | 170 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                  | 2 |
| 141. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 2<br>мм   | 10ХСНД | 620 | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br>   | 3 |
| 142. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 10<br>мм  | 40Х    | 210 | Без скоса кромок:<br>двусторонний<br>                  | 3 |
| 143. | Лист низ-<br>колегиро-<br>ванный 8<br>мм | 09Г2С  | 310 | X-образный<br>  | 3 |
| 144. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 6<br>мм   | 12Х1МФ | 460 | V-образный<br>  | 2 |
| 145. | Лист<br>стальной 4<br>г/к                | Ст3пс  | 250 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br>                | 2 |
| 146. | Лист кон-<br>струкци-<br>онный 6<br>мм   | 65Г    | 170 | С отбортовкой кромок, без<br>присадочного металла<br> | 2 |

Продолжение таблицы 1

|      |                             |        |     |  |   |
|------|-----------------------------|--------|-----|--|---|
| 147. | Лист низколегированный 5 мм | 09Г2С  | 700 | Х-образный<br>                         | 1 |
| 148. | Лист конструкционный 2 мм   | 10ХСНД | 210 | V-образный<br>                         | 1 |
| 149. | Лист конструкционный 5 мм   | 65Г    | 250 | Без скоса кромок:<br>односторонний<br> | 1 |

Обозначения в таблице: х/к и г/к - прокат холодного и горячего качения.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### Классификация сварки

По определению ГОСТ 2601-84, сварка – это процесс получения неразъемных соединений деталей посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании и (или) пластическом деформировании, либо совместным действием того и другого. Способы сварки определяются формой энергии для образования сварного соединения, видом источника энергии, техническими и технологическими признаками.

ГОСТ 2601-84 предусматривает три класса сварки: термический, термомеханический и механический.

*К термическому* относятся способы сварки с использованием тепловой энергии: дуговая, электрошлаковая, плазменная, газовая, термитная и другие, осуществляемые плавлением кромок;

*к термомеханическому* – с использованием тепловой энергии и давления: контактная, диффузионная, газопрессовая сварка и др.;

*к механическому* – с использованием механической энергии и давления: холодная, взрывом, ультразвуковая, сварка трением и др.

По способу защиты свариваемого металла, дуги и сварочной ванны различают сварку в воздухе, вакууме, защитных газах, под флюсом и др. [10].

Дуговая сварка – наиболее распространенный способ. При этом способе плавление основного и присадочного металла (электрода или проволоки) осуществляется электрической дугой, горячей между электродом и свариваемым металлом. Температура дуги в приэлектродных областях 3200-3400<sup>0</sup>С, в столбе дуги – 6000-8000<sup>0</sup>С. Электрод и свариваемые кромки расплавляясь при высокой температуре дуги образуют сварочную ванну и в результате кристаллизации и последующего охлаждения – шов.

### Ручная дуговая и газовая сварка

Ручная дуговая сварка предназначена для выполнения швов различного вида и назначения во всех пространственных положениях. От источника питания по сварочным кабелям ток подводится к электроду через электрододержатель к свариваемому металлу. Дуга горит между электродом и свариваемым изделием, образуя сварной шов, покрытый шлаком.

При сварке электрод подают вручную так, чтобы, по возможности, поддерживать постоянное расстояние между торцом электрода и поверхностью сварочной ванны (длина дуги). Ручная сварка может выполняться в нижнем, а многими марками электродов – в любых пространственных положениях.

Газовую сварку применяют при изготовлении тонкостенных изделий и соединений труб малого диаметра, изготовленных из стали или цветных металлов, а также при ремонтных работах. Производительность газовой сварки значительно ниже электродуговой.

При газовой сварке свариваемые кромки и присадочные прутки (или проволоку) расплавляют пламенем, образующимся при сгорании горючего газа [11].

Пост для производства работ с помощью газовой сварки должен иметь: ацетиленовый генератор или баллон с горючим газом (газ может подводиться также от заводской магистрали); кислородный баллон (при отсутствии централизованного питания кислородом); редукторы для горючего газа и кислорода; горелку со сменными наконечниками; шланги для подачи к горелке горючего газа и кислорода; набор инструмента газосварщика; защитные очки.

### Электросварка

Ручная дуговая сварка может выполняться с питанием от переменного тока или постоянного тока прямой или обратной полярности.

Сварку дугой постоянного тока выполняют на прямой (минус на электроде, плюс на изделии) или на обратной полярности. Обратная полярность рекомендуется при сварке особо ответственных конструкций из углеродистых сталей, большинства легированных сталей, чугуна, меди, тонкостенного металла. Полярность определяют угольным электродом. *На прямой полярности образуется спокойно растягивающаяся дуга; на обратной полярности дуга горит неровно и гаснет при небольшом удлинении. Полярность можно проверить путем погружения подсоединенных к зажимам источника тока проводов в слабый раствор серной кислоты. На проводе, подключенном к «минусу» источника питания, должно наблюдаться сильное выделение пузырьков газа (водорода).*

Дуга переменного тока менее устойчива. Для повышения ее стабильности напряжение холостого хода источника тока должно быть не менее 65-70В. С этой же целью в сварочную цепь дополнительно включают источник тока высокой частоты – осциллятор, используют трансформаторы со стабилизатором («Разряд-160», «Разряд-250»), устройства поджога дуги (УПД-1М, УПД-3), модуляторы-стабилизаторы.

Для сварщика ручной электродуговой сварки важно умение под-

держивать при сварке определенную длину дуги  $L_{д}=(0,5-1,1)d_{э}$ , где  $d_{э}$  – диаметр электрода, мм. На обратной полярности длина дуги должна быть не больше 2,5мм, на прямой полярности и переменном токе – 4 мм. Увеличение ее приводит к нарушению стабильности процесса, снижению глубины расплавления основного металла, повышению потерь на угар и разбрызгивание, образованию шва с неровной поверхностью, увеличению вредного воздействия воздуха на расплавленный металл.

При выполнении дуговой сварки дугой постоянного тока под воздействием электромагнитных сил и потоков воздуха наблюдается отклонение сварочной дуги. Ослабление действия магнитного дутья и воздушных потоков на дугу достигается применением следующих способов: использование питания переменным током, сварка на токах меньше 300А, уменьшение длины дуги, сокращение расстояния от дуги до места соединения к свариваемому металлу обратного провода («сварочной земли»), подбор угла наклона электрода к металлу, снижающего магнитное дутье, установкой дополнительных магнитных масс, защита дуги от ветра или сквозняка щитами, палатками и т.д [5].

При обрыве дуги образуется кратер, в котором скапливаются неметаллические включения и часто возникают трещины. Поэтому повторное зажигание дуги следует производить сначала на основном металле, а затем на шве, тщательно проварив металл в месте образовавшегося кратера, после чего можно продолжить сварку.

Заканчивая сварку шва, электрод следует держать неподвижно до возникновения самопроизвольного обрыва дуги или укоротить ее до получения частых коротких замыканий, что обеспечивает заплывление кратера.

### **Газовая сварка**

Газовая сварка применяется при монтаже тонкостенных (до 5 мм) стальных трубопроводов, изделий из цветных металлов, а также при ремонтных работах, особенно выполняемых в полевых условиях. Наиболее часто газовую сварку выполняют ацетиленово - кислородным пламенем из-за его более высокой температуры (таблица 2).

В зависимости от соотношения кислорода и ацетилена пламя может быть нормальным, или восстановительным, окислительным или науглероживающим. Чаще всего используют нормальное пламя, которое способствует раскислению металла сварочной ванны и получению качественного шва.

В нормальном пламени можно рассмотреть три зоны: ядро, среднюю зону (восстановительную) и факел (окислительную). Ядро пламени резко очерчено и плавно закругляется на конце.

При избытке горючего (науглероживающее пламя) размеры пламени увеличиваются, ядро теряет резкость очертания, а граница между средней зоной и факелом исчезает. При значительном избытке горючего пламя удлиняется, становится желтым и коптящим. При избытке кислорода ядро сокращается, приобретая конусообразную форму, и становится менее отчетливым, также сокращаются остальные зоны; пламя с голубоватым оттенком, горит с шумом, степень которого зависит от содержания кислорода в смеси.

Сварку выполняют левым (справа налево) и правым (слева направо) способами. Металл толщиной до 5 мм лучше сваривать левым способом. В зависимости от толщины металла изменяют и угол наклона горелки. Угол наклона присадочной проволоки 30-45° к оси шва. Перемещение горелки на металле толщиной 1,5мм «пяточком»: от 1,5 до 5 мм – по вытянутой спирали; 5мм и выше - зигзагообразное, при правом способе сварки – по волнистой линии [6].

Таблица 2.-Характеристика ацетиленово - кислородного пламени

| Вид пламени      | Соотношение<br>$O_2:C_2H_2$ | Температура в зоне<br>сварки, °С | Назначение  |
|------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|
| Науглероживающее | 0,8:1,0                     | 2700-3100                        | Сварка чугуна, наплавка твердых сплавов, сварка высокоуглеродистой стали                        |
| Нормальное       | 1,0:1,3                     | 3100                             | Сварка стали, меди, алюминия, качественная резка и пайка, металлизация                          |
| Окислительное    | 1,3:1,5                     | 3100-3300                        | Пайка и сварка латуни, поверхностная закалка, огневая очистка поверхности, разделительная резка |

Для ацетиленово - кислородной сварки низкоуглеродистой стали применяют проволоку Св-08, Св-08А, Св-08АА. Диаметр сварочной проволоки при правом способе равен толщине свариваемого металла, а при левом – на 1 мм больше. Сварку выполняют только однослойным швом. Ширина шва 4-6 мм, высота 1-1,5 мм. Необходимо обеспечить плавный переход к основному металлу.

Сварку выполняют не ядром пламени, а восстановительной зоной, на расстоянии 4-8 мм от ядра, где температура наиболее высокая. Концом проволоки и движением горелки тщательно перемешивают металл ванны для облегчения выхода газов и шлака, обеспечивают постоянное опережение плавления кромок перед заполнением ванны металлом. Поступательное движение пламени сопровождают поперечными колебаниями горелки. Угол наклона горелки  $45-60^{\circ}$ , прутка  $35-40^{\circ}$  к оси шва [3].

### **Сварные швы и соединения**

Типы сварных швов назначаются с учетом способа сварки, толщины свариваемых элементов, положения в пространстве, материала и технологии сварки.

Основные типы и конструктивные элементы сварных швов и соединений, выполняемые электродуговой сваркой, регламентированы государственными стандартами:

ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом;

ГОСТ 15164-78. Электрошлаковая сварка;

ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе;

ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка;

ГОСТ 16037-80. Соединения стальных трубопроводов;

ГОСТ 14776-79. Дуговая сварка. Соединения сварные точечные.

Государственными стандартами предусмотрены следующие основные виды сварных соединений: стыковые (рисунок 2), угловые (рисунок 4), тавровые (рисунок 4) и нахлесточные (рисунок 3).

Стандартами определены также сварные швы, выполняемые контактной и другими видами сварки. Наиболее часто применяемые типы сварных швов этих соединений изображены на рисунках 2-4.

Здесь же показаны некоторые конструктивные элементы и даны размеры швов, выполненных ручной дуговой и газовой сваркой.

Стыковые соединения обеспечивают наиболее равномерное распределение и передачу усилий (напряжений) от одного элемента другому; наименьший расход металла на образование соединения; удобство и надежность контроля физическими методами и др. Эти соединения применяются в балках, ригелях и колоннах зданий, кожухах, корпусах, резервуарах, бункерах и емкостях различного назначения.

Тавровые соединения обеспечивают высокую жесткость узлов и применяются в поясных швах колонн и балок, примыкающих элементов жесткости, стропильных и подстропильных фермах и многих других конструкциях для приварки элементов, расположенных перпендикулярно один к другому.

Нахлесточные соединения менее чувствительны к погрешностям

при сборке, но отличаются повышенным расходом основного металла и нелинейной передачей усилий. Они хуже работают при знакопеременных нагрузках и низких температурах. Эти соединения широко применяются в строительных фермах, резервуарах, панелях, щитах и других элементах кровли, настилах технологических площадок и т.д.

Для обозначения сварных швов на чертежах применяется система условных обозначений в соответствии с ГОСТ. Швы обозначаются выноской, состоящей из наклонной линии с односторонней стрелкой на конце у шва и прямого участка (полки) (рисунок 1). Характеристика шва проставляется над полкой для лицевых швов и под полкой для оборотных швов. При этом за лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой ведут сварку. Лицевой стороной двустороннего шва с несимметричной подготовкой кромок считают сторону, с которой сваривают основной шов, а симметричной подготовкой - любую сторону.

Обозначение состоит из наименования стандарта на швы сварных соединений; буквенно-цифрового индекса швов, принятого в стандарте; буквенно-цифрового сокращения, определяющего способ сварки (указывается не всегда), знака профиля и размера катета шва (для угловых, тавровых и нахлесточных соединений); знака, определяющего параметры прерывистого шва; вспомогательных знаков. Это обозначение по ГОСТ 2.312-72 имеет следующую структуру [12].

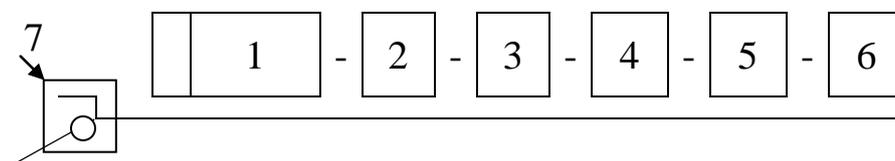


Рисунок 1. Обозначение сварных швов по ГОСТ 2.312-72.

В графе 1 указывается обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений.

В графе 2 приводится буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту, указанному в графе 1. При этом различные виды сварных швов обозначаются буквами:

- стыковые швы – буквой С;
- угловые – буквой У;
- тавровые – буквой Т;
- внахлестку – буквой Н.

В графу 3 вписывается обозначение способа сварки по стандарту, указанному в графе 1 (допускается не приводить).

В графе 4 проставляется знак  $\nabla$  и размер катета согласно стандар-

ту, указанному в графе 1.

В графе 5 для прерывистого шва заносится размер провариваемого участка, знак — (для цепного шва) или Z (для шахматного шва) и размер шага. Для швов, выполненных контактной точечной сваркой, как и для электрозаклепочных швов, в графе 5 указывается размер расчетного диаметра точки или электрозаклепки; знак — или Z и размер шага.

Для шва, выполненного способом контактной роликовой сварки, указывается размер расчетной ширины шва, знак умножения, размер длины провариваемого участка, знак — и размер шага.

В графе 6 проставляются вспомогательные знаки:

- - шов по незамкнутой линии;
- ω - наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу;
- o - усиление шва снять.

В графе 7 помещаются вспомогательные знаки:

- o - шов по замкнутой линии;
- ┌- шов выполнить при монтаже изделия.

### **Дефекты в сварных швах**

Дефекты в сварных швах приводят к уменьшению прочности и снижению эксплуатационной надежности сварных конструкций.

Дефекты могут быть наружные, которые можно выявить при внешнем осмотре и обмере сварных швов, и внутренние, скрытые, обнаруживаемые только с помощью специальных приборов и методов.

К наружным дефектам относят: несоответствие шва требуемым геометрическим размерам; подрезы, наплывы, трещины, поры (свищи); шлак на шве; неравномерную чешуйчатость; незаплавленные кратеры; видимые непровары; брызги металла. К внутренним дефектам относят: поры, трещины, шлаковые и вольфрамовые включения, прожоги и др.

Причинами возникновения дефектов могут быть: сверхнормативное содержание вредных примесей в основном металле и компонентах покрытия электродов, флюсе, нарушение режима сварки (малая или слишком большая сила тока), увеличение длины дуги, нарушение технологии и порядка наложения швов, сварка непросушенного или грязного металла, наличие влаги в сварочных материалах и др. Поэтому точный расчет режимов дуговой и газовой сварки оказывает весьма существенное значение на качество сварных соединений.

## Задача 1. Расчет режимов дуговой сварки

Режимом сварки называют совокупность основных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества. При ручной дуговой сварке это диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, число проходов, род тока, полярность и др.

Для решения поставленной задачи необходимо:

- 1) выбрать вид подготовки кромок свариваемых деталей;
- 2) рассчитать площадь поперечного сечения шва;
- 3) подобрать тип, марку, диаметр стержня и длину электрода, вид и толщину покрытия электрода, допустимые пространственные положения электрода, вид питания дуги;
- 4) определить число проходов электрода  $n$ ;
- 5) определить силу сварочного тока  $I_{св}$  (А);
- 6) определить длину дуги  $l$  (мм);
- 7) рассчитать напряжение дуги  $U_d$  (В);
- 8) рассчитать скорость перемещения электрода  $V$ ;
- 9) определить массу наплавленного металла  $G_n$  (г);
- 10) определить массу электродов, необходимых для сварки  $G_{эп}$  (г);
- 11) рассчитать основное время сварки  $T_0$  (ч);
- 12) определить общее время работы сварочного поста  $T_{общ}$  (ч);
- 13) привести полное обозначение выбранного электрода по ГОСТ 9466-75 и дать полное объяснение каждой его части.

При определении каждого параметра необходимо давать подробное обоснование выбора, ссылки на источники информации. По результатам расчетов заполнить таблицу 3 и привести полное обозначение электрода по ГОСТ 9466-75.

Таблица 3- Паспортные данные электрода

| Технологическая характеристика | Обозначение |
|--------------------------------|-------------|
| Тип электрода                  |             |
| Марка электрода                |             |
| Диаметр стержня электрода, мм  |             |
| Длина электрода, мм            |             |
| Назначение электрода           |             |
| Вид покрытия                   |             |

Продолжение таблицы 3

|  |  |
|--|--|
| Толщина покрытия                               |  |
| Коэффициент наплавки, г/А·ч                    |  |
| Гарантированная прочность шва, МПа             |  |
| Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>           |  |
| Относительное удлинение шва, %                 |  |
| Допустимое пространственное положение сварки   |  |
| Род применяемого тока                          |  |
| Полярность постоянного тока                    |  |
| Напряжение холостого хода источника питания, В |  |

Расчет следует начинать с выбора вида подготовки кромок свариваемых деталей, ибо от этого зависит прочность соединения и расход электродов. Вид подготовки кромок зависит от типа сварного соединения (стыковое, вахлестку, тавровое или угловое) [2].

На рисунках 2-4 показаны конструктивные элементы разделки кромок и их сборки под сварку, что характеризуется зазором **b**, притуплением **c** и углом разделки кромок  **$\alpha$** .

Сварные швы подразделяются на стыковые (рисунок 2) и угловые (рисунок 3).

На рисунках 2-3 показаны конструктивные элементы и их сборки под сварку, что характеризуется зазором **b**, притуплением **c**, углом скоса кромок  **$\beta$**  и углом разделки кромок  **$\alpha$**  ( $\alpha=\beta$  или  $\alpha=2\beta$ ).

Без разделки кромок сваривают металл ограниченной толщины (при односторонней ручной сварке – до 4 мм). При большей толщине необходима разделка кромок, что необходимо для доступа вглубь соединения. Стандартный угол разделки кромок  **$\alpha$**  в зависимости от способа сварки и типа соединения составляет от  $60\pm 5$  до  $20\pm 5$  градусов. Х-образная разделка экономичнее V-образной в 1,6...1,7 раза, но менее удобна для сварки, поскольку требует сварки в потолочном положении или кантовки изделия.

Притупление **c** обычно составляет  $2\pm 1$  мм. Зазор обычно равен 1,5...2мм. Иногда он может быть равен нулю или достигать 8...10мм и более в зависимости от технологии сварки [7].

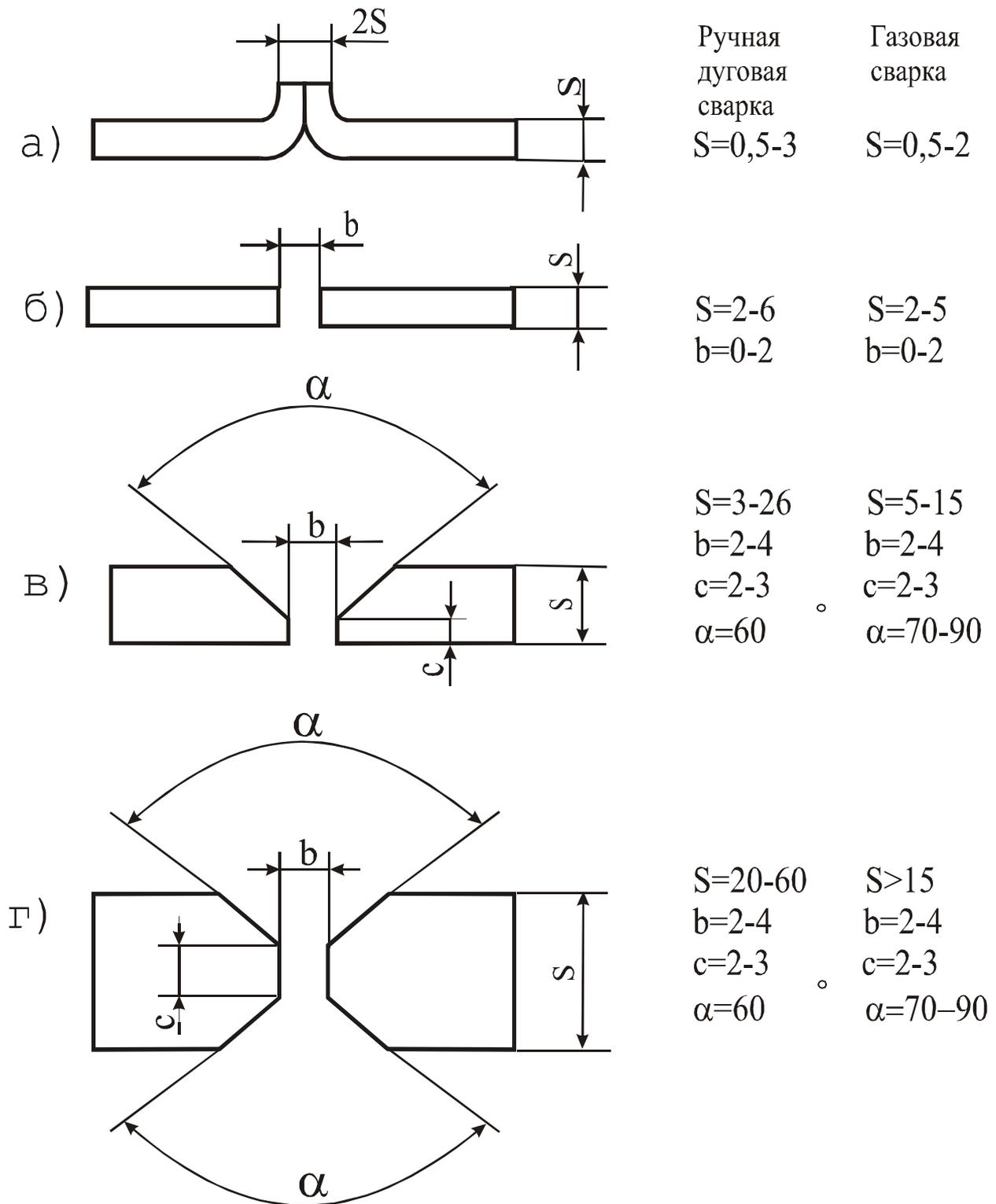


Рисунок 2. Виды стыковых сварных соединений: а) с отбортовкой кромок; б) без разделки кромок; в) с V-образной разделкой кромок; г) с X-образной разделкой кромок.

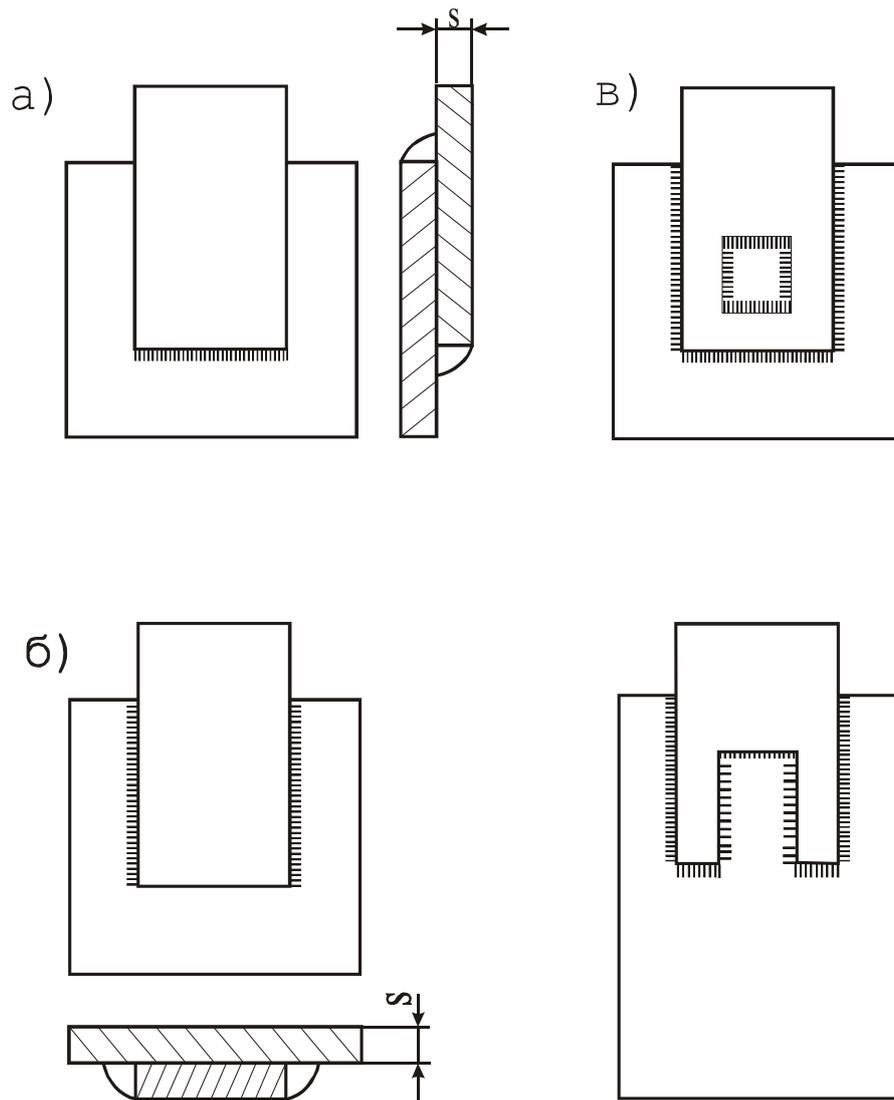


Рисунок 3. Виды нахлесточных сварных соединений: а- с лобовыми швами; б- с фланговыми швами; в- прорезные.

Для определения площади поперечного сечения шва следует иметь ввиду, что после сварки соединения может иметь вид, приведенный на рисунках 5-8. На рисунках 5-8 приведены схемы для определения площади поперечного сечения шва ( $A_n$ ) при всех видах сварных соединений. Величина усиления шва  $q$  принимается равной от 0 до 5 мм.

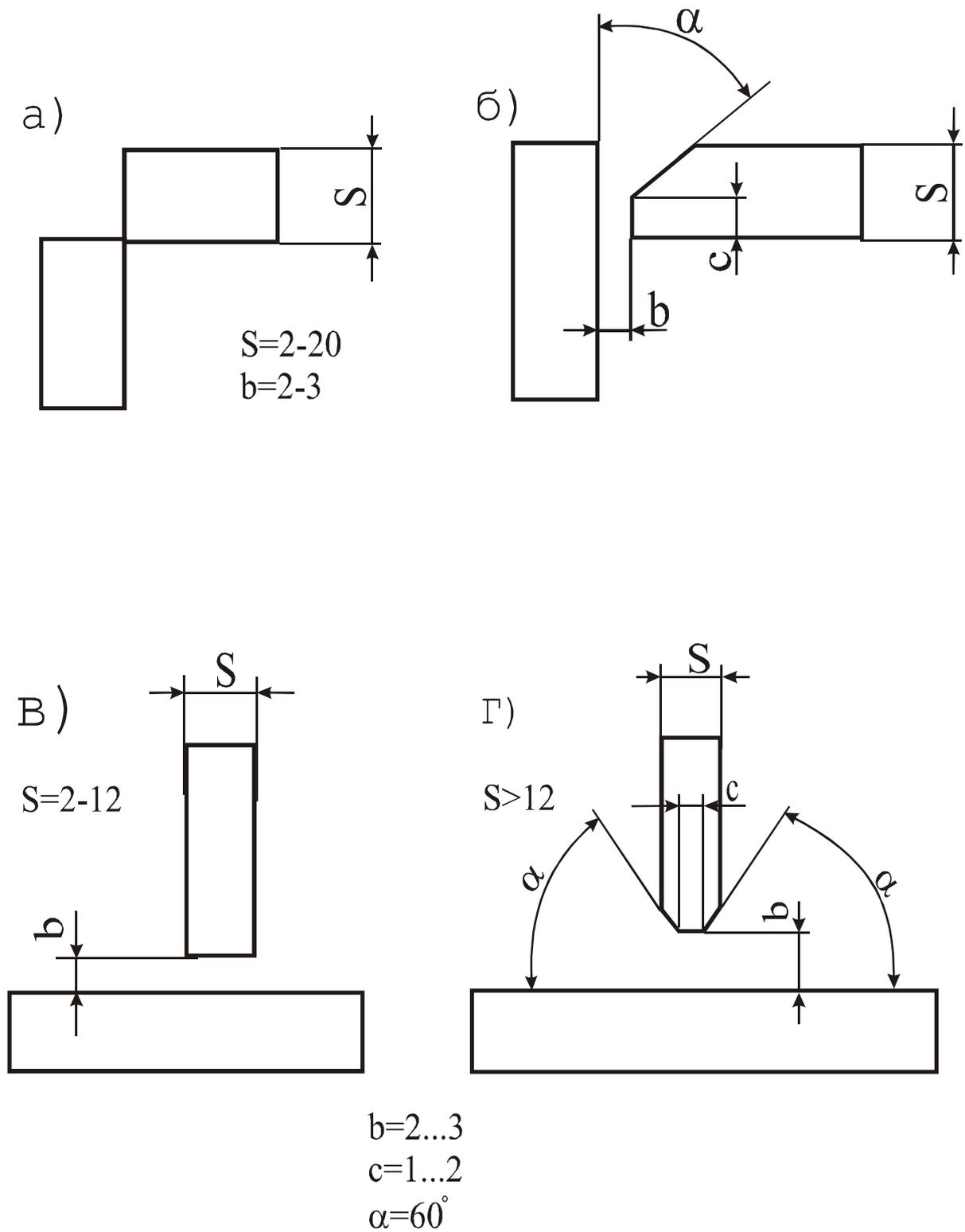


Рисунок 4. Виды угловых и тавровых соединений: а) угловое без разделки кромок; б) угловое с разделкой кромок; в) тавровое без разделки кромок; г) тавровое с разделкой кромок.

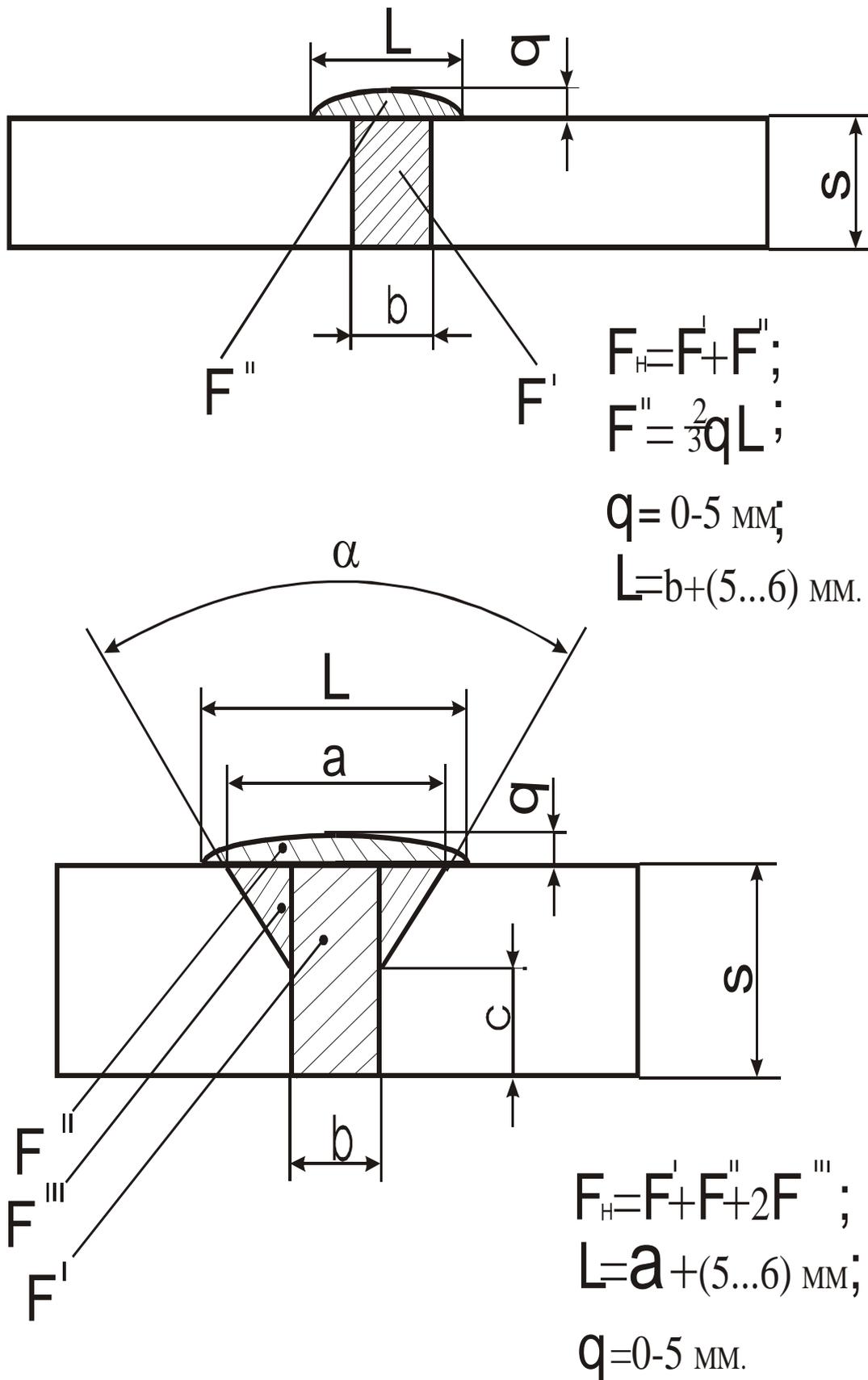
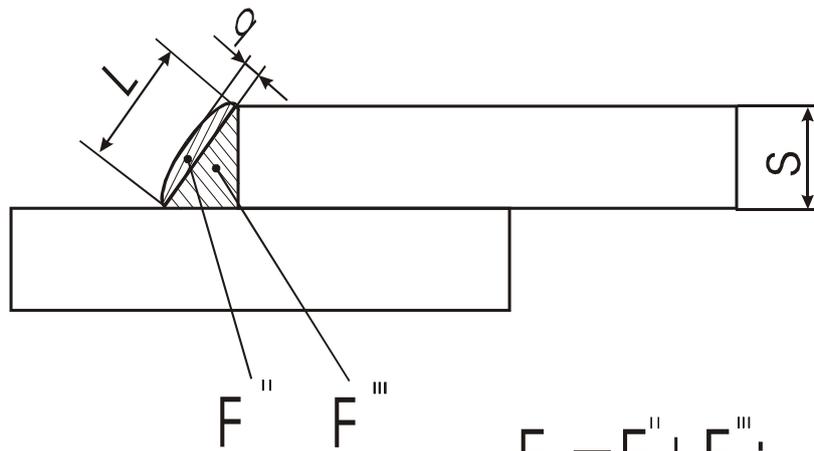


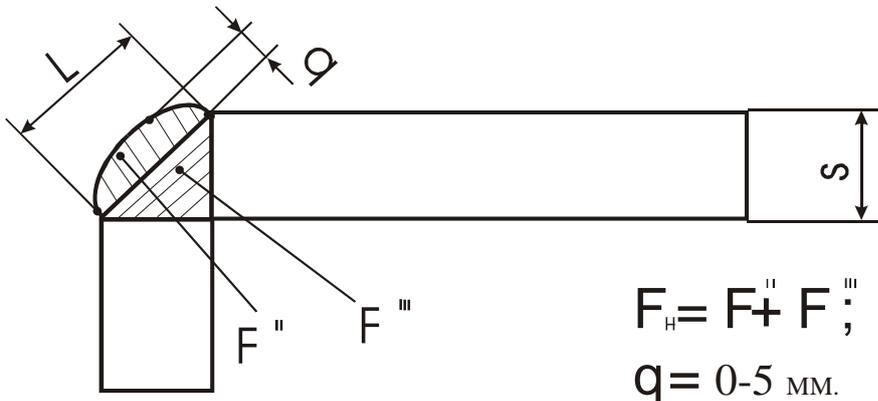
Рисунок 5. Схемы для определения площади поперечного сечения сварного шва при стыковом соединении.



$$F_H = F'' + F''';$$

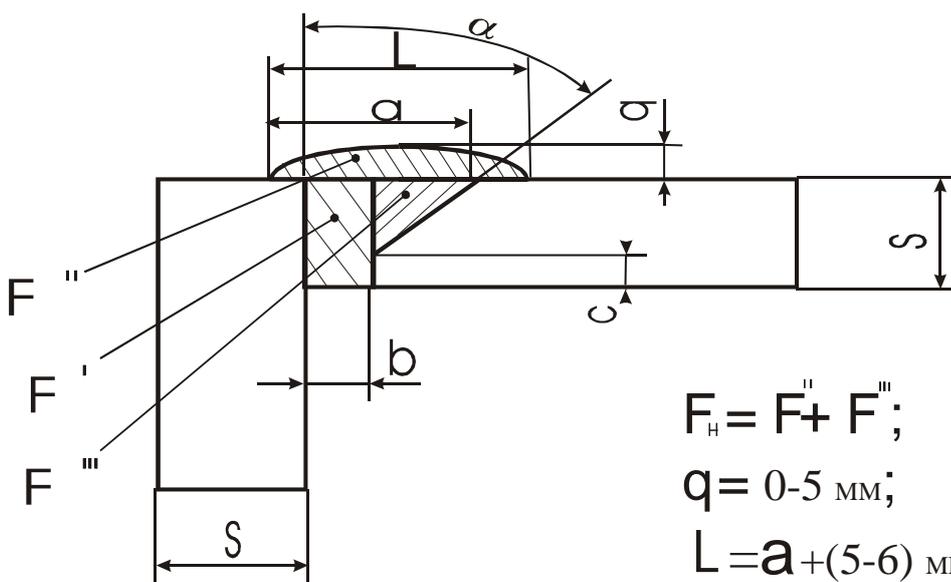
$$q = 0-5 \text{ мм.}$$

Рисунок 6. Схема для определения площади поперечного сечения сварного шва при соединении внахлестку.



$$F_H = F'' + F''';$$

$$q = 0-5 \text{ мм.}$$

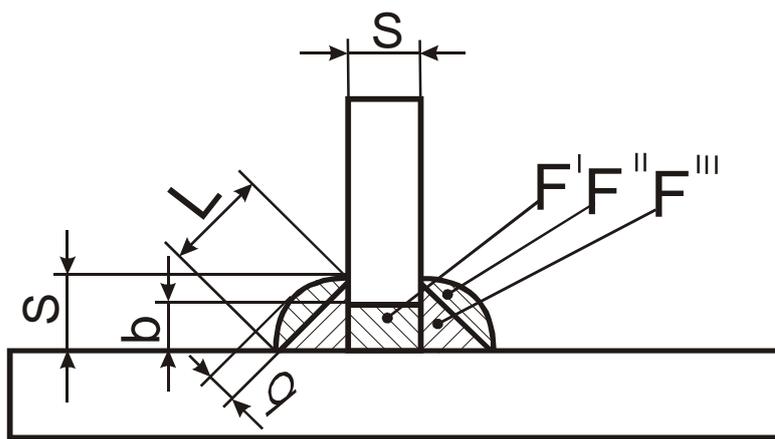


$$F_H = F'' + F''';$$

$$q = 0-5 \text{ мм.}$$

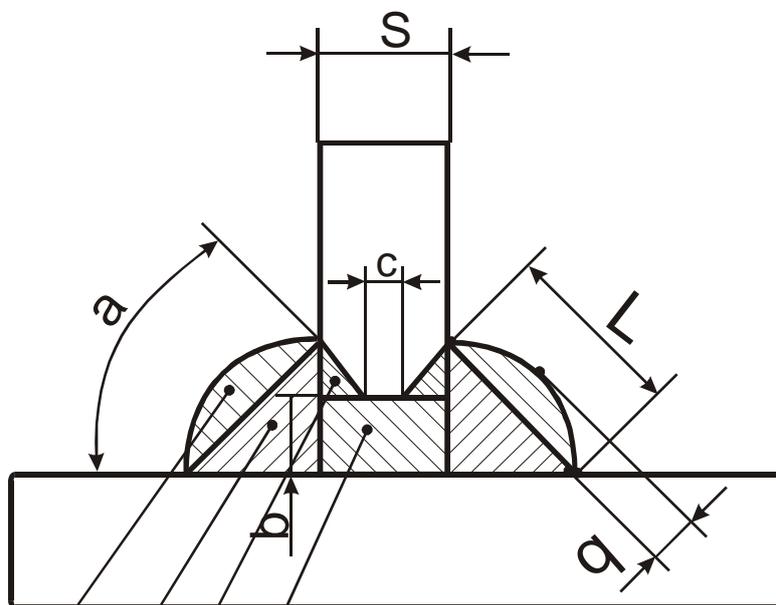
$$L = a + (5-6) \text{ мм.}$$

Рисунок 7. Схема для определения площади поперечного сечения сварного шва при угловом соединении.



$$F_H = F^I + 2F^{II} + 2F^{III}$$

$$q = 0-5 \text{ мм.}$$



$$F_H = F^I + 2F^{II} + 2F^{III} + 2F^{IV}$$

$$q = 0-5 \text{ мм.}$$

Рисунок 8. Схемы для определения площади поперечного сечения сварного шва при тавровом соединении.

Определение режима сварки обычно начинают с выбора диаметра электрода. Диаметр стержня электрода  $d$  назначают в зависимости от типа сварного соединения, толщины листов  $\delta$  при сварке швов стыковых соединений и от катета шва при сварке швов угловых соединений, положения шва в пространстве (рисунок 9), размеров детали, марки свариваемого металла.

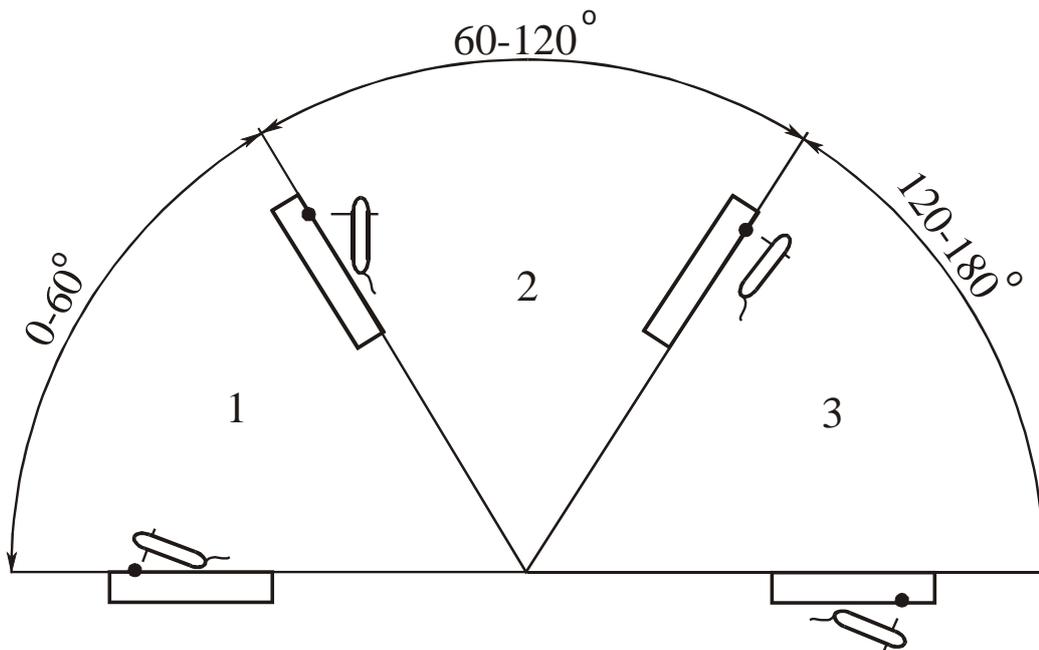


Рисунок 9. Расположение сварного шва в пространстве: 1- нижнее; 2- вертикальное или горизонтальное; 3- потолочное.

При выборе диаметра стержня электрода следует руководствоваться данными таблиц 2 и 20, либо нижеследующими соображениями. При сварке встык металла толщиной до 4 мм применяют электроды с диаметром стержня от 4 до 8 мм при условии обеспечения провара основного металла. В многослойных стыковых швах первый слой выполняют электродом с диаметром стержня 3-4 мм, последующие слои выполняют электродами с большим диаметром стержня. Сварку в вертикальном положении производят с применением электродов с диаметром стержня не более 5 мм.

Потолочные швы выполняют электродами с диаметром стержня до 4 мм. Размеры электродов приведены в таблице 9.

При выборе типа электрода руководствоваться таблицей 10, стремясь чтобы указанные в таблице свойства сварного шва были близки свойствам основного металла, указанным в таблице 7. Для выбранного типа электрода по таблице 9 выбирается марка электрода. По этой же таблице и рисунку 9 определяются допустимые пространственные положения сварки этим электродом и род тока при котором будет производиться сварка. При выборе рода тока следует учитывать следующее.

Для питания сварочной дуги применяют источники переменного тока (сварочные трансформаторы) и источники постоянного тока (сварочные выпрямители и генераторы). Источники переменного тока более распространены, так как обладают рядом технико-экономических преимуществ. Сварочные трансформаторы проще в эксплуатации, значительно

долговечнее и обладают более высоким КПД, чем выпрямители и генераторы постоянного тока. Однако, в некоторых случаях (сварка на малых токах покрытыми электродами и под флюсом) при питании переменным током дуга горит неустойчиво, так как через каждые 0,01 с напряжение и ток дуги проходят через нулевые значения, что приводит к деионизации дугового промежутка. Постоянный ток предпочтителен в технологическом отношении: при его применении повышается устойчивость горения дуги, улучшаются условия сварки в различных пространственных положениях, появляется возможность вести сварку на прямой и обратной полярностях и т.д. Последнее, вследствие большого тепловыделения в анодной области дуги позволяет производить сварку сварочными материалами с тугоплавкими покрытиями и флюсами.

Общее назначение электродных покрытий - обеспечение стабильности горения сварочной дуги и получение металла шва с заранее заданными свойствами [3].

По виду покрытия электроды делятся на электроды с кислым, рутиловым, основным и целлюлозным покрытием [12].

Кислые покрытия имеют шлаковую основу, состоящую из руд железа и марганца, полевого шпата и других компонентов. Электроды обладают хорошими сварочно-технологическими свойствами, позволяют вести сварку во всех пространственных положениях при любом виде питания. Применяются для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Однако, электроды токсичны и их применение нежелательно.

Рутиловые покрытия состоят из рутилового концентрата, полевого шпата, мрамора и других компонентов. Обладают высокими сварочно-технологическими свойствами. Применяются для сварки ответственных конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей.

Основные покрытия содержат мрамор, магнезит, плавиковый шпат и другие компоненты. Сварку выполняют, как правило, на постоянном токе обратной полярности, металл шва склонен к образованию пор при наличии ржавчины на кромках заготовок и т.д. То есть сварочно-технологические свойства ограничены. Применяются для сварки ответственных конструкций из сталей всех типов.

Целлюлозные покрытия содержат целлюлозу и другие органические вещества с небольшим количеством шлакообразующих элементов. Они создают хорошую газовую защиту и малое количество шлака. Особенно пригодны для сварки на монтаже в любых пространственных положениях на переменном и постоянном токе, для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей малой толщины.

По толщине покрытия в зависимости от отношения диаметра электрода  $D$  к диаметру стержня  $d$  электроды изготавливаются: с тонким по-

крытием

( $D/d \leq 1,20$ ); со средним покрытием ( $1,20 < D/d \leq 1,45$ ); с толстым покрытием ( $1,45 < D/d \leq 1,80$ ); с особо толстым покрытием ( $D/d > 1,80$ ).

Число проходов при сварке внахлестку угловых и тавровых соединений определяется с учетом того, что максимальное поперечное сечение металла  $A_{нп}$ , наплавленного за один проход, не должно превышать 30-40 мм<sup>2</sup>, тогда

$$n = \frac{A_H}{A_{нп}},$$

где  $A_H$  - это площадь поперечного сечения наплавленного металла.

При сварке стыковых соединений площадь поперечного сечения металла, наплавленного за один проход, должна составлять для первого прохода (при проварке корня шва)

$$A_{H1} = (6 - 8)d;$$

для последующих проходов

$$A_{H_{исл}} = (8 - 12)d.$$

Тогда

$$n = \frac{A_H - A_{H1}}{A_{H_{исл}}} + 1.$$

Сила сварочного тока определяется в зависимости от диаметра стержня электрода и допустимой плотности тока  $j$ , определяемой по таблице 8.

$$J = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot j; \text{ А.}$$

При приближенных расчетах величину сварочного тока можно определять по одной из эмпирических формул

$$J = K \cdot d$$

или

$$J = d(20 + 6d).$$

Коэффициент  $K$  выбирается по таблице 11[8].

После расчета силы сварочного тока по одной из вышеприведенных формул, полученное значение следует проверить по таблице 14.

Ею же необходимо пользоваться для выбора силы сварочного тока в случаях, когда диаметр стержня электрода меньше 2 мм или больше 6 мм.

При сварке в нижнем положении, если толщина металла меньше  $1,5d$ , сварочный ток уменьшают на 10-15% по сравнению с расчетным. Если толщина металла более  $3d$ , сварочный ток увеличивают на 10-15% по сравнению с расчетным. При сварке в вертикальном или горизонтальном положении сварочный ток уменьшают на 10-15%, а при сварке в по-

толомом положеии сварочный ток уменьшают на 15-20% по сравнению с нормально выбранной силой тока для сварки в нижнем положеии.

### Порядок расчета

1. Определить диаметр электрода  $d_э$ , пользуясь формулой и сравнить с данными из таблицы 4.

$$d_э = \frac{\delta}{2} + 1, \text{ мм}$$

где  $\delta$  - толщина листа, мм.

По таблице 4 подобрать необходимый диаметр электрода, имея в виду, что существуют электроды диаметром до 12 мм.

Таблица 4

|                                       |         |           |         |        |          |
|---------------------------------------|---------|-----------|---------|--------|----------|
| Толщина стального листа $\delta$ , мм | 0,5 – 1 | 1 – 2     | 2 – 5   | 5 – 10 | Свыше 10 |
| Диаметр электрода $d_э$ , мм          | 1 – 1,5 | 1,5 – 2,5 | 2,5 – 4 | 4 – 6  | 6 – 8    |

2. Определить длину дуги  $l$  в зависимости от диаметра электрода по формуле:

$$l = \frac{d}{2} + 2 ; \text{ мм.}$$

3. Определить напряжение дуги при ручной дуговой сварке (обычно выбирается на основании рекомендаций паспорта на данную марку электродов). Рассчитать рабочее напряжение дуги можно по формуле:

$$U = \beta + \lambda \cdot l ,$$

где  $\beta$  и  $\lambda$  - коэффициенты;  $\beta=10 - 12$ ;  $\lambda=2 - 3$ .

4. Определить величину сварного тока  $I$  в зависимости от диаметра электрода по формуле:

$$I = (20 + 6 \cdot d_э), A$$

или приблизительно:

$$I = K \cdot d_э, A$$

где  $K$  – плотность тока в амперах на 1 мм электрода:  $K = 35...60$ .  
Для тонких и газообразующих обмазок  $K$  имеет меньшее значение, для толстых и шлакообразующих – большее.

5. Определить вес наплавленного металла по формуле:

$$Q_H = L \cdot F \cdot \gamma, \text{ Г}$$

где  $L$  – длина шва, см;

$F$  – площадь поперечного сечения шва, см<sup>2</sup>;

$\gamma$  – плотность в г/см<sup>3</sup> (для стали  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>).

Площадь  $F$  поперечного сечения шва определяется, исходя из представленного ниже рисунка (рисунок 2). Она составляет сумму из площадей двух треугольников  $F_1 + F_1$ , прямоугольника  $F_2$  и усиления шва  $F_3$ . Площадь  $F$  должна быть выражена в см<sup>2</sup>, т.к. удельный вес для стали 7,8 г/см<sup>3</sup>.

При расчете площадей руководствоваться чертежом сечения сварного шва, ниже см. образец чертежа и расчет к нему (рисунок 9).

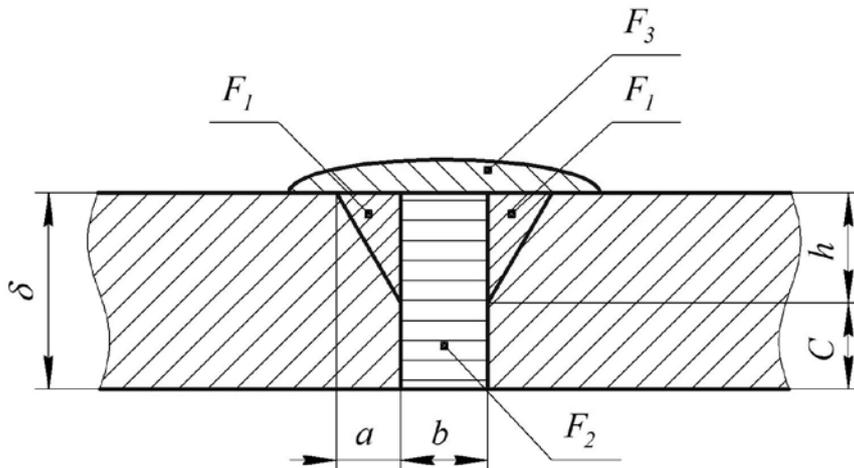


Рисунок 9 – Чертеж стыкового шва сварного соединения ( $b = 2...4$ ,  $C = 2...4$ )

$$F = 2F_1 + F_2 + F_3,$$

$$F_1 = \frac{1}{2}ah,$$

где

$$a = h \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

Поэтому

$$F_1 = \frac{1}{2}h^2 \operatorname{tg} \alpha,$$

$$\alpha = 30^\circ, \operatorname{tg} 30^\circ = 0,58,$$

$$F_2 = b \cdot \delta,$$

$$F_3 = 0,1(2F_1 + F_2).$$

5. Скорость перемещения электрода определяется по формуле

$$V = \frac{\alpha_H \cdot J}{3600 \cdot \gamma \cdot A_{нБ}} ; \text{ см/с}$$

где  $\alpha_H$  - коэффициент наплавки (таблица 11);

$\gamma$  - плотность наплавленного металла ( $\gamma=7,8 \text{ г/см}^3$ );

$A_{нд}$  - площадь поперечного сечения наплавленного за данный проход металла в  $\text{см}^2$ .  $A_{нд}$  совпадает с  $A_n$ , если сварка ведется за один проход.

6. Массу электродов, необходимых для сварки данного шва, можно определить имея в виду, что количество электродов по массе бывает на 20 - 60% больше массы наплавленного металла, т.е.

$$G_{э} = K_{п} \cdot G_H ; \text{ г}$$

где  $K_{п}$  - коэффициент, характеризующий покрытие электрода (таблица 15).

7. Основное время сварки определяется по формуле

$$T_o = \frac{G_H}{\alpha_H \cdot J} ; \text{ ч}$$

Общее время работы сварочного поста определяется с учетом необходимых перерывов, настроек и т.п.

$$T_{\text{шц}} = \frac{T_o}{K_{и}} ; \text{ ч}$$

где  $K_{и}$  - коэффициент использования сварочного поста, принимается равным 0,4 - 0,6.

8. Определяем расход электроэнергии по укрупненным показателям, приводимым в таблицах. В среднем расход электроэнергии  $q$  на 1 кг наплавленного металла составляет при ручной сварке на переменном токе - 3,5...4 кВт·ч, на постоянном - 7...8 кВт·ч.

$$W = q \cdot Q_{э}, \text{ кВт·ч}$$

9. Привести полное обозначение выбранного электрода по ГОСТ 9466-75 и дать полное объяснение каждой его части.

Например:

Согласно ГОСТ 9466-75 условное обозначение электродов для дуговой сварки и наплавки сталей представляет собой дробь.

Э42А - УОНИ-13/45 - 5,0 - УД2    ГОСТ 9466-75  
Е 421(5) - Б                                    ГОСТ 9467-75

В числителе:

- Э42А - тип электрода;
- УОНИ-13/45 - марка электрода;
- 5,0 - диаметр стержня электрода, мм;
- У - шифр группы назначения электрода (таблица 16);
- Д - шифр толщины покрытия (таблица 17);
- 2 - цифра, обозначающая группу электродов по качеству изготовления. Группы бывают: 1, 2, 3. Требования к качеству растут от группы 1 к группе 3.

В знаменателе:

- Е - электрод;
- 421(5) - группа индексов, характеризующих металл шва. Изучение этой группы индексов домашним заданием не предусматривается;
- Б - обозначение вида покрытия электрода (таблица 18);
- 2 - обозначение допустимого пространственного положения при сварке (таблица 19);
- 0 - требование к питанию дуги (таблица 20);
- ГОСТ 9466-75 - Государственный стандарт на маркировку;
- ГОСТ 9467-75 - Государственный стандарт на электроды данного типа или технические условия на марку электродов [12].

## **Задача 2. Расчет режимов газовой сварки**

Источником нагрева при газовой сварке служит пламя сварочной горелки, получаемое сжиганием горючего вещества в смеси с технически чистым кислородом. Газовую сварку выполняют как с применением присадочной проволоки, так и без нее, если формирование шва возможно за счет расплавления кромок основного металла [9].

При расчете режима ручной газовой сварки определяются:

1. Вид подготовки кромок свариваемого металла.
2. Площадь поперечного сечения сварного шва.
3. Способ сварки.
4. Диаметр присадочного прутка.
5. Скорость сварки.
6. Число проходов.
7. Мощность пламени.
8. Тип горелки и номер ее наконечника.

9. Основное время сварки.
10. Потребное количество ацетилена.
11. Потребное количество карбида кальция.
12. Потребное количество кислорода.
13. Марка ацетиленового генератора, наиболее удовлетворяющего полученным расчетным условиям сварки.

При определении каждого параметра необходимо давать подробное обоснование выбора и ссылки на источники информации.

Вид подготовки кромок и площадь поперечного сечения шва определяются аналогично первой части домашнего задания с использованием рисунков 2 – 8 [1].

Производительность газовой сварки много ниже дуговой сварки. Газовую сварку применяют при изготовлении преимущественно тонких (толщиной до 5 мм) стальных изделий, сварке цветных металлов и их сплавов, при исправлении дефектов в чугунных и бронзовых отливках и при ремонтных работах [2].

Важным фактором, влияющим на качество и производительность сварки, является способ сварки. Различают два способа сварки: правый и левый. При левом способе сварки пламя направляется вперед на еще не сваренные кромки основного металла и располагается между швом и присадочным прутом. Применяется при толщинах до 5 мм. При правом способе сварки пламя направляется в сторону уже сваренного участка шва, а присадочный пруток расположен между пламенем и сварочным швом. Применяется при толщинах свыше 5 мм. В работе необходимо привести схемы движения горелки и присадочного прутка для выбранного Вами способа сварки.

1. Определить диаметр присадочного прутка зависит от толщины свариваемых листов и способа сварки, но не должен превышать 12 мм.

При толщине металла до 10 мм диаметр присадочного прутка может быть выбран равным толщине металла. При толщине металла более 10 мм диаметр присадочного прутка определяется по формулам:

$$d_n = \delta / 2 + 1 \text{ - для левого способа;}$$

$$d_n = \delta / 2 + 2 \text{ - для правого способа.}$$

2. Определить скорость газовой сварки, зависящей от ряда факторов: наклона горелки (таблица 21), способа сварки, технических приемов.

Ориентировочно ее можно определить по формуле

$$V_{CB} = \frac{K_C}{\delta} ; \text{ м/ч,}$$

где  $K_C$ - коэффициент, учитывающий способ и материал свариваемых деталей. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей принимают

$K_C = 14$  - для левого способа сварки;

$K_C = 18$  для правого способа сварки.

3. Определить число проходов по формуле:

$$n = \frac{A_n}{A_{нп}},$$

где  $A_n$  - площадь поперечного сечения наплавленного металла,

$A_{нп}$  - площадь поперечного сечения наплавленного за один проход металла; обычно  $A_{нп}$  принимается не более 30 - 40 мм<sup>2</sup>.

4. Мощность пламени определяется количеством сжигаемого в единицу времени горючего

$$Q_n = K_M \cdot \delta ; \text{ л/ч.}$$

где  $K_M$  - коэффициент, характеризующий металл, метод сварки и тип сварного соединения (таблица 20),

$\delta$  - толщина свариваемого металла.

5. Выбираем наконечник горелки. Для этого определяем расход ацетилена за 1 час работы по формуле:

$$Q_{лев} = 150 \delta \text{ (л/час)} - \text{ для левого способа сварки,}$$

$$Q_{пр} = 120 \delta \text{ (л/час)} - \text{ для правого способа сварки,}$$

где 120 и 150 – расход ацетилена в л/час на 1 мм толщины листа по укрупненным нормативам.

Сравнить полученные данные с данными таблицы 5 и по этой таблице выбрать наконечник для горелки. Перечисленными в таблице наконечниками комплектуется сварочная горелка средней мощности типа ГС-3.

Таблица 5-Выбор номера наконечника газовой горелки

| Номер наконечника                       |         |         |         |         |          |           |           |
|---|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|
|   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5        | 6         | 7         |
| Примерная толщина свариваемой стали, мм | 0,5-1,5 | 1-2,5   | 2,5-4   | 4-7     | 7-11     | 10-18     | 17-30     |
| Расход ацетилена, л/час                 | 50-125  | 120-240 | 230-400 | 400-700 | 660-1100 | 1050-1750 | 1700-2800 |
| Расход кислорода, л/час                 | 50-135  | 130-260 | 250-440 | 430-750 | 740-1200 | 1160-1950 | 1900-3100 |
| Диаметр каналов мундштука, мм           | 0,85    | 1,5     | 1,5     | 1,9     | 2,3      | 2,8       | 3,5       |

Технические характеристики газосварочных горелок приведены в таблице 23

6. Основное время сварки определяется по формуле

$$T_o = \frac{L \cdot n}{V_{CB}} ; \text{ч},$$

где  $L$  – длина сварного шва, м;

$n$  – число проходов;

$V_{CB}$  – скорость сварки, м/ч.

7. Определяем общий расход ацетилена:

$$Q_{\text{общ}C_2H_2} = Q_{\text{лев}} \cdot T_o , \text{ л - для левой сварки,}$$

$$Q_{\text{общ}C_2H_2} = Q_{\text{пр}} \cdot T_o , \text{ л - для правой сварки}$$

Требуемое количество карбида кальция зависит от размера гранул (кусков). Чем они крупнее (до определенных пределов), тем выше выход ацетилена. Нормы выхода ацетилена из 1 кг карбида кальция приведены в таблице 24

Количество необходимого для сварки кислорода зависит от вида применяемого пламени. Чаще всего используется нормальное пламя, когда отношение количества кислорода, подаваемого в горелку, к количеству ацетилена равно 1,0 - 1,2. Для науглероживающего пламени это отношение равно 0,8 - 0,9, а для окислительного оно превышает 1,3.

8. Определяем общий расход кислорода. При газовой сварке расход кислорода 10...20% выше ацетилена, следовательно:

$$Q_{\text{общ}O_2} = Q_{\text{общ}C_2H_2} \cdot (1,1 \dots 1,2) , \text{ л - для левой сварки}$$

$$Q_{\text{общ}O_2} = Q_{\text{общ}C_2H_2} \cdot (1,1 \dots 1,2) , \text{ л - для правой сварки}$$

9. Определяем производительность сварки:

$$A = \frac{K}{\delta} , \text{ мм/час}$$

где  $K$  – коэффициент учитывающий способ и материал сварки.

Для малоуглеродистой стали при правой сварке  $K=14$ , для левой  $K=18$ .

Полученные данные сравнить с данными таблицы 6.

Таблица 6

| Толщина металла $\delta$ , мм | Схема шва   | Диаметр присадочного прутка $d$ , мм | Расход, л/час            |                       | Производительность сварки, м/час |
|-------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------------|
|                               |   |                                      | ацетилен<br>$Q_{C_2H_2}$ | кислород<br>$Q_{O_2}$ |                                  |
| 1                             |    | -                                    | 75                       | 85                    | 10                               |
| 2                             |    | 2                                    | 150                      | 165                   | 7                                |
| 3                             |    | 2,5                                  | 300                      | 330                   | 6                                |
| 4                             |    | 3                                    | 500                      | 550                   | 5                                |
| 5                             |    | 4                                    | 750                      | 820                   | 3                                |
| 10                            |    | 6                                    | 1200                     | 1300                  | 2                                |
| 16                            |  | 8                                    | 1700                     | 1700                  | 1,5                              |

10. По полученным ранее параметрам следует подобрать ацетиленовый генератор.

Ацетиленовым генератором называется аппарат, служащий для получения ацетилена разложением карбида кальция водой. Ацетиленовые генераторы, применяемые для сварки и резки металлов, согласно ГОСТ 5190-78 классифицируются по производительности, по способу применения, по давлению вырабатываемого ацетилена, по способу взаимодействия карбида кальция с водой. Основные технические данные ацетиленовых генераторов приведены в таблице 25.

Табличные значения, используемые для расчетов.

Таблица 7-Технологические свойства сталей

| Марка стали     | Временное сопротивление разрыву, МПа | Относительное удлинение, % | Группа свариваемости |
|-----------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------|
| ВСт.0           | 304                                  | 20                         | 1                    |
| ВСт.1           | 304                                  | 31                         | 1                    |
| ВСт.2; ВСт.2Г   | 323                                  | 29                         | 1                    |
| ВСт.3; ВСт.3Г   | 362                                  | 23                         | 1                    |
| ВСт.5; ВСт.5Г   | 450                                  | 17                         | 2                    |
| (ВСт.6; ВСт.6Г) | 588                                  | 12                         | 2                    |
| 0,8; 0,8кп      | 330                                  | 33                         | 1                    |
| 10; 10кп        | 340                                  | 31                         | 1                    |
| 15; 15кп        | 380                                  | 27                         | 1                    |
| 20; 20кп        | 420                                  | 25                         | 1                    |
| 25              | 460                                  | 23                         | 1                    |
| 30              | 490                                  | 21                         | 2                    |
| 35              | 530                                  | 20                         | 2                    |
| 40              | 570                                  | 19                         | 2                    |
| 15Л             | 400                                  | 24                         | 1                    |
| 20Л             | 420                                  | 22                         | 1                    |
| 25Л             | 450                                  | 19                         | 2                    |
| 35Л             | 500                                  | 15                         | 2                    |

Примечание:

Группа свариваемости

Оценка свариваемости

1

Хорошая

2

Удовлетворительная

3

Ограниченная

4

Плохая

Таблица 8-Зависимость диаметра стержня электрода  
от толщины свариваемого металла

|                               |       |       |        |            |
|-------------------------------|-------|-------|--------|------------|
| Толщина стали, мм             | 1 - 2 | 3 - 5 | 4 - 10 | 12 и более |
| Диаметр стержня электрода, мм | 2 - 3 | 3 - 4 | 4 - 5  | 5 - 6      |

Таблица 9-Исполнительные размеры электродов

| Номинальный диаметр электрода, определяемый диаметром стержня | Номинальная длина электрода со стержнем из сварочной проволоки |                    |
|---|--|--------------------|
|   | низкоуглеродистой или легированной                             | высоколегированной |
| 1,6   | 200; 250   | 150; 200 (250)     |
| 2,0   | 250 (300)  | 200; 250 (300)     |
| 2,5   | 250; 300 (350)   | 250 (300)          |
| 3,0   | 300; 350 (450)   | 300 (350)          |
| 4,0   | 350; 450   | 350 (450)          |
| 5,0   |  |                    |
| 6,0   | 450  | 350; 450           |
| 8,0   |  |                    |
| 10,0  |  |                    |
| 12,0  |  |                    |

Таблица 10-Металлические электроды для дуговой сварки конструкционных сталей

| Тип электрода | Механические свойства металла шва    |                            |                                      | Основное назначение  |
|---------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|--|
|               | Временное сопротивление разрыву, МПа | Относительное удлинение, % | Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup> |  |
| Э38           | 380                                  | 14                         | 30                                   | Сварка углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа                 |
| Э42           | 420                                  | 18                         | 80                                   |  |
| Э46           | 460                                  | 16                         | 80                                   |  |
| Э50           | 500                                  | 16                         | 70                                   |  |
| Э42А          | 420                                  | 22                         | 150                                  | Сварка углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с повышенными требованиями по пластичности и ударной вязкости |
| Э46А          | 460                                  | 22                         | 140                                  |  |
| Э50А          | 500                                  | 20                         | 130                                  |  |
| Э55           | 550                                  | 20                         | 120                                  | Сварка углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву 500 - 600 МПа              |
| Э60           | 600                                  | 18                         | 100                                  |  |
| Э70           | 700                                  | 14                         | 60                                   | Сварка легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа   |
| Э85           | 850                                  | 12                         | 50                                   |  |
| Э100          | 1000                                 | 10                         | 50                                   |  |
| Э125          | 1250                                 | 8                          | 40                                   |  |
| Э150          | 1500                                 | 6                          | 40                                   |  |

Таблица 11-Характеристика электродов для сварки конструкционных сталей

| Тип электрода | Марка электрода | Временное сопротивление разрыву, МПа | Коэффициент наплавки, г/А·ч | Род тока                                    | Пространственное положение |
|---------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------|---|----------------------------|
| 1             | 2               | 3                                    | 4                           | 5   | 6                          |
| Э42           | ВСП-1           | 470                                  | 10,0                        | Постоянный и переменный                     | Любое                      |
|               | ОММ-5           | 480                                  | 7,2                         |   |                            |
|               | СМ-5            | 460                                  | 7,2                         |   |                            |
|               | ЦМ-7            | 480                                  | 10,6                        |   |                            |
|               | ОМА-2           | 460                                  | 10,0                        |   |                            |
|               | АНО-1           | 460                                  | 15,0                        |   |                            |
|               | ВСЦ-2           | 470                                  | 10,5                        | Постоянный любой полярности                 | Любое                      |
| Э42А          | УОНИ-3/45       | 460                                  | 8,5                         | Постоянный обратной полярности              | Любое                      |
|               | СМ-11           | 480                                  | 9,5                         |   |                            |
|               | УП-1/45         | 480                                  | 10,0                        | Постоянный обратной полярности и переменный |                            |
|               | УП-2/45         | 460                                  | 10,0                        |   |                            |
|               | ОЗС-2           | 460                                  | 8,5                         |   |                            |
| Э46           | АНО-3           | 480                                  | 8,5                         | Постоянный и переменный                     | Любое                      |
|               | ОЗС-4           | 480                                  | 8,5                         |   |                            |
|               | ОЗС-6           | 480                                  | 10,5                        |   |                            |
|               | ЗРС-2           | 480                                  | 10,5                        |   |                            |
|               | РБУ-5           | 475                                  | 9,0                         |   |                            |
|               | ЗРС-1           | 480                                  | 14,0                        |   |                            |
|               | МР-3            | 480                                  | 7,8                         | Постоянный обратной полярности и переменный | Любое                      |
|               | РБУ-4           | 490                                  | 7,8                         |   |                            |
|               | ОЗС-3           | 490                                  | 15,0                        |   |                            |
| Э46А          | Э-138/45Н       | 470                                  | 8,5                         | Постоянный обратной полярности              | Любое                      |

Продолжение таблицы 11

|       |                 |      |        |   |                              |
|-------|-----------------|------|--------|---|------------------------------|
| Э50   | ВСН-3           | 500  | 9,0    | Постоянный обрат-<br>ной<br>полярности                                  | Любое                        |
|       | УОНИ-<br>13/55  | 520  | 9,0    |   |                              |
|       | ДСК-50          | 520  | 10,0   |   |                              |
|       |                 |      |        |   |                              |
|       | УП-1/55         | 540  | 10,0   |   |                              |
|       | УП-2/55         | 540  | 10,0   |   |                              |
|       | К-5А            | 520  | 9,0    |   |                              |
|       | ВСЦ-3           | 510  | 13-9,5 | Постоянный любой<br>полярности  |                              |
| Э50А  | Э-<br>138/50Н   | 510  | 9,0    | Постоянный обрат-<br>ной<br>полярности                                  | Любое                        |
|       | АН-Х7           | 525  | 9,8    |   |                              |
| Э55   | УОНИ-<br>13/55У | 480  | 9,5    | Постоянный обрат-<br>ной<br>полярности                                  | Нижнее,<br>вертикаль-<br>ное |
| Э-60  | УОНИ-<br>13/65  | 620  | 9,8    | Постоянный обрат-<br>ной<br>полярности                                  | Любое                        |
| Э-70  | ЛКЗ-70          | 800  | 9,5    | Постоянный обрат-<br>ной<br>полярности                                  | Нижнее                       |
| Э-85  | УОНИ-<br>13/85У | 900  | 10,0   | Постоянный обрат-<br>ной<br>полярности и пере-<br>менный                | Любое                        |
| Э-100 | ЦЛ-19           | 1060 | 9,0    | Постоянный обрат-<br>ной<br>полярности                                  | Любое                        |
| Э-125 | НИАТ-<br>3М     | 900  | 10,0   | Постоянный обрат-<br>ной полярности и<br>переменный с ос-<br>циллятором | Любое                        |
| Э-150 | НИАТ-<br>31     | 1600 | 10,0   | Постоянный обрат-<br>ной<br>полярности                                  | Любое                        |

Таблица 12-Значение допускаемой плотности тока в электроде при ручной дуговой сварке

| Вид покрытия          | Диаметр стержня электрода, мм                             |          |         |          |
|-----------------------|---|----------|---------|----------|
|                       | 3   | 4        | 5       | 6        |
|                       | Допускаемая плотность тока в электроде, А/мм <sup>2</sup> |          |         |          |
| Кислое, рутиловое     | 14-20   | 11, 5-16 | 10-13,5 | 9,5-12,5 |
| Основное, целлюлозное | 13-18,5   | 10-14,5  | 9-12,5  | 8,5-12   |

Таблица 13-Значение коэффициента К в зависимости от диаметра стержня электрода

| Диаметр стержня электрода, мм | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Коэффициент k*                | 25-30 | 30-45 | 35-50 | 40-55 | 45-60 |

\*Наибольшие значения коэффициента выбираются при сварке в нижнем положении, наименьшие - при сварке в вертикальном положении.

Таблица 14-Зависимость силы сварочного тока от диаметра стержня электрода

| Диаметр стержня электрода, мм | 1,5   | 2     | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      |
|-------------------------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Сила сварочного тока, А       | 25-40 | 60-70 | 100-140 | 160-200 | 220-280 | 280-360 | 370-450 | 450-560 | 560-750 | 750-850 |

Таблица 15-Зависимость коэффициента  $K_{\Pi}$  от толщины покрытия

| Вид покрытия          | тонкое  | среднее | толстое | особо толстое |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------------|
| Коэффициент $K_{\Pi}$ | 1,2-1,3 | 1,4     | 1,5     | 1,6           |

Таблица 16-Расшифровка группы назначения электрода

| Назначение электрода   | Шифр |
|--|------|
| Для конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа                 | У    |
| Для легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа | Л    |
| Для теплоустойчивых легированных сталей  | Т    |
| Для высоколегированных сталей  | В    |
| Для наплавки   | Н    |

Таблица 17-Расшифровка группы толщины покрытия

| Толщина покрытия | тонкое | среднее | толстое | особо толстое |
|------------------|--------|---------|---------|---------------|
| Шифр             | М      | С       | Д       | Г             |

Таблица 18-Расшифровка группы вида покрытия

| Вид покрытия                              | Шифр |
|---|------|
| Кислое                                    | А    |
| Основное                                  | Б    |
| Рутиловое                                 | Р    |
| Целлюлозное                               | Ц    |
| Прочие виды                               | П    |
| С содержанием более 20% железного порошка | Ж    |

Примечание: если покрытие смешанного типа, то в обозначении может быть несколько букв.

Таблица 19-Расшифровка группы допустимого пространственного положения

| Допустимые пространственные положения         | Шифр |
|---|------|
| Все положения                                 | 1    |
| Кроме вертикального сверху вниз               | 2    |
| Кроме вертикального сверху вниз и потолочного | 3    |
| Только нижнее                                 | 4    |

Таблица 20-Расшифровка группы питания дуги

| Переменный ток,<br>напряжение<br>холостого хода | Постоянный ток, полярность |        |          |
|---|----------------------------|--------|----------|
|   | любая                      | прямая | обратная |
| Переменный ток<br>неприменим                    | –                          | –      | 0        |
| 50В   | 1                          | 2      | 3        |
| 70В   | 4                          | 5      | 6        |
| 90В   | 7                          | 8      | 9        |

Таблица 21-Наклон газовой горелки в зависимости от толщины свариваемой стали

| Толщина<br>свариваемой<br>стали,<br>мм   | До 1 | 1-3 | 3-5 | 5-7 | 7-10 | 10-12 | 12-15 | более<br>15 |
|--|------|-----|-----|-----|------|-------|-------|-------------|
| Угол на-<br>клона<br>пламени,<br>градусы | 10   | 20  | 30  | 40  | 50   | 60    | 70    | 80          |

Таблица 22-Коэффициент  $K_M$  для разных металлов

| Наименование металла      | Коэффициент $K_M$ |
|---------------------------|-------------------|
| Низкоуглеродистая сталь   | 100 - 130         |
| Чугун и нержавеющая сталь | 75 - 100          |
| Медь                      | 150 - 225         |
| Латунь                    | 100               |

Таблица 23-Технические характеристики газосварочных горелок

| Тип горелки | Номер наконечника | Толщина свариваемого металла (низкоуглеродистая сталь), мм | Расход газов, л/ч |           | Рабочее давление кислорода, МПа |
|-------------|-------------------|--|-------------------|-----------|---------------------------------|
|             |                   |  | Ацетилен*         | Кислород  |                                 |
| “Москва”    | 1                 | 0,5-1,5  | 50-136            | 55-135    | 0,1-0,4                         |
|             | 2                 | 1-3  | 120-240           | 120-240   | 0,15-0,4                        |
|             | 3                 | 2,5-4  | 230-400           | 260-440   | —                               |
|             | 4                 | 4-7  | 400-700           | 430-750   |                                 |
|             | 5                 | 7-11   | 670-1100          | 740-1200  |                                 |
|             | 6                 | 10-18  | 1050-1700         | 1150-1950 | 0,2-0,4                         |
|             | 7                 | 17-30  | 1700-2800         | 1900-3160 |                                 |
| ГС-3        | 1                 | 0,5-1,5  | 50-125            | 55-135    | 0,1-0,4                         |
|             | 2                 | 1-2,5  | 120-240           | 130-260   | 0,15-0,4                        |
|             | 3                 | 2,5-4  | 230-400           | 260-440   | —                               |
|             | 4                 | 4-7  | 400-700           | 430-750   |                                 |
|             | 5                 | 7-11   | 660-1100          | 740-1200  |                                 |
|             | 6                 | 10-18  | 1050-1750         | 1150-1950 | 0,2-0,4                         |
|             | 7                 | 17-30  | 1700-2800         | 1900-3100 |                                 |
| ГС-2        | 0                 | 0,3-0,6  | 25-60             | 28-70     | 0,08-0,4                        |
|             | 1                 | 0,5-1,5  | 50-125            | 55-135    | 0,1-0,4                         |
|             | 2                 | 1,0-2,5  | 120-240           | 130-260   | 0,15-0,4                        |
|             | 3                 | 2,5-4  | 230-400           | 260-440   | 0,2-0,4                         |
| “Звездочка” | 0                 | 0,2-0,7  | 20-65             | 22-70     | 0,05-0,4                        |
|             | 1                 | 0,5-1,5  | 50-125            | 55-135    |                                 |
|             | 2                 | 1,0-2,5  | 120-240           | 130-260   | —                               |
|             | 3                 | 2,5-4  | 230-400           | 250-440   |                                 |
|             |                   |  |                   |           | 0,2-0,4                         |

\*Рабочее давление ацетилена не менее 0,001 МПа.

Таблица 24-Нормы выхода ацетилена из 1 кг карбида кальция

| Размеры кусков,<br>мм   | Условное<br>Обозначение<br>размеров кусков | Минимальный выход ацетилена, л |         |
|-------------------------|--|--------------------------------|---------|
|                         |  | I сорт                         | II сорт |
| 2-8                     | 2/8  | 255                            | 240     |
| 8-15                    | 8/15                                       | 265                            | 250     |
| 15-25                   | 15/25                                      | 275                            | 255     |
| 25-80                   | 25/80                                      | 285                            | 265     |
| смешанных раз-<br>меров |  | 275                            | 255     |

Таблица 25-Основные технические данные ацетиленовых генераторов

| Марка  | Принцип действия                               | Производительность, м <sup>3</sup> /ч | Рабочее давление ацетилена, МПа | Едино-временная загрузка карбида кальция, кг | Масса генератора без воды и карбида кальция, кг |
|--|--|---------------------------------------|---------------------------------|--|---|
| ГВД-0,8<br>МГВ-0,8<br>АСМ-1-66   | Контактный вытеснением                         | 0,8                                   | 0,007-0,03                      | 2  | 19,5  |
|  |  |                                       | 0,008-0,03                      |  | 19  |
| ГНВ-1,25<br>АНВ-1-66<br>АНД-1-61<br>ГВР-1,25М<br>ГВР-1,25<br>МЧ<br>ГВР-3 | Комбинированный "вода на карбид" и вытеснением | 1,25                                  | 0,0025-0,003                    | 4  | 42  |
|  |  | 2,0                                   | 0,0028-0,005                    | 7  | 62  |
|  |  | 2,0                                   |                                 | 4  | 54  |
|  |  | 1,25                                  | 0,008-0,015                     | 8  | 110   |
| МГ-65  | "Вода на карбид"                               | 2,0                                   | 0,0011                          | 5  | 65  |
| ГПР-65<br>ГРК-10   | "Карбид на воду"                               | 35,0                                  | 0,09-0,12                       | 150  | 750   |
|  |  | 10,0                                  | 0,07                            | 25   | 520   |
|  |  |                                       |                                 |  |   |

Таблица 26-Некоторые основные марки электродов для ручной дуговой сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей и их характеристики

| Марка электрода | Условное обозначение по ГОСТ 94466-75 и ГОСТ 9467-75                  | Диаметр электрода $\varnothing$ , мм | Сила сварочного тока, А | Коэффициент наплавки, г/А·ч | Расход на 1 кг наплавленного металла, кг |
|-----------------|---|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|
| 1               | 2   | 3                                    | 4                       | 5                           | 6  |
| УОНИ-13/45      | <u>Э42-УОНИ-13/45-<math>\varnothing</math>-УД</u><br>Е 41 2 (5) – Б20 | 2                                    | 30-50                   | 8,5                         | 1,5                                      |
|                 |   | 2,5                                  | 50-80                   |                             |  |
|                 |   | 3                                    | 80-100                  |                             |  |
|                 |   | 4                                    | 100-160                 |                             |  |
|                 |   | 5                                    | 140-200                 |                             |  |
| СМ-11           | <u>Э42А-СМ-11-<math>\varnothing</math>-УД</u><br>Е 43 2 (5) – Б16     | 3                                    | 100-140                 | 10                          | 1,7                                      |
|                 |   | 4                                    | 160-220                 |                             |  |
|                 |   | 5                                    | 180-280                 |                             |  |
| АНО-5           | <u>Э42А-АНО-5-<math>\varnothing</math>-УД</u><br>Е 41 3 – РЖ21        | 4                                    | 160-230                 | 11                          | 1,6                                      |
|                 |   | 5                                    | 190-300                 |                             |  |
| ВСЦ-4           | <u>Э42А-ВСЦ-4-<math>\varnothing</math>-УС</u><br>Е 41 3 – РЖ21        | 3                                    | 90-100                  | 9,5                         | 1,5                                      |
|                 |   | 4                                    | 120-160                 |                             |  |
| ОМА-2           | <u>Э42А-ОМА-2-<math>\varnothing</math>-УС</u><br>Е 41 3 – РЖ21        | 2                                    | 40-60                   | 8                           | 1,7                                      |
|                 |   | 2,5                                  | 60-80                   |                             |  |
|                 |   | 3                                    | 800-100                 |                             |  |
| АНО-4           | <u>Э46-АНО-4-<math>\varnothing</math>-УД</u><br>Е 43 2 (3) – Р21      | 3                                    | 100-140                 | 8,5                         | 1,6                                      |
|                 |   | 4                                    | 170-200                 |                             |  |
|                 |   | 5                                    | 190-270                 |                             |  |
| ОЗС-4           | <u>Э46-ОЗС-4-<math>\varnothing</math>-УД</u><br>Е 43 0 (3) – Р25      | 3                                    | 90-100                  | 9                           | 1,6                                      |
|                 |   | 4                                    | 160-180                 |                             |  |
|                 |   | 5                                    | 200-250                 |                             |  |
| МР-3            | <u>Э46-МР-3-<math>\varnothing</math>-УД</u><br>Е 43 1 (3) – РБ23      | 3                                    | 90-120                  | 7,5                         | 1,7                                      |
|                 |   | 4                                    | 160-180                 |                             |  |
|                 |   | 5                                    | 170-230                 |                             |  |
|                 |   | 6                                    | 280-320                 |                             |  |
| ДСК-50          | <u>Э50АДСК-50-<math>\varnothing</math>-УД</u><br>Е 51 0 – Б20         | 4                                    | 160-220                 | 10                          | 1,6                                      |
|                 |   | 5                                    | 180-280                 |                             |  |

Продолжение таблицы 26

| 1          | 2                                     | 3   | 4       | 5   | 6   |
|------------|---------------------------------------|-----|---------|-----|-----|
| УОНИ-13/65 | Э60-УОНИ-13/65-Ø-УД                   | 3   | 80-110  | 9,5 | 1,6 |
|            | Е51 3 – Б20                           | 4   | 130-160 |     |     |
|            |                                       | 5   | 160-210 |     |     |
| ВСЦ-60     | Э60-ВСЦ-60-Ø-ЛС                       | 5   | 180-200 | 10  | 1,5 |
|            | Е 41 3 – РЖ21                         | 6   | 240-260 |     |     |
| УОНИ-13/85 | Э85-УОНИ-13/85-Ø-ЛД<br>Е- 12Г2СМ– Б20 | 2   | 50-80   | 10  | 1,6 |
|            |                                       | 2,5 | 70-100  |     |     |
|            |                                       | 3   | 90-120  |     |     |
|            |                                       | 4   | 140-170 |     |     |
|            |                                       | 5   | 180-220 |     |     |

## Список литературы

1. Электродуговая и газовая сварка/ В. Х. Гаспарян, Л. С. Денисов: Высшая школа, 2013.-256с.
2. Разработка системы автоматизированного проектирования технологических процессов упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственного машиностроения / И.Н.Кравченко, Е.М.Зубрилина, Е.В.Зубенко - Машинно-технологическая станция. 2011.№5. С. 45-46.
3. Обработка корпусных чугуновых заготовок резанием с нагревом / И.Н.Кравченко,Е.В.Зубенко, Е.М.Зубрилина: Механизация и электрификация с.х. - 2012. №2.-342с.
4. Повышение точности и качества ускоренной обработки наплавленных поверхностей металлоизделий термодинамическим упрочнением / Е.В. Зубенко, И.Н. Кравченко, А.В. Шиян. Научно-технический и производственный журнал: Все материалы. Энциклопедический справочник. – Москва, 2012. – №4.
5. Ручная дуговая сварка: учебник/В. Г. Лупачёв: Высшая школа, 2010.-320с.
6. Основы теории сварки и резки металлов: учебник/В. В.Овчинников: КноРус, 2012.-240с.
7. Технология металлов и сварка: Учебное пособие для вузов/ В. С.Квагинидзе: Московский государственный горный университет, 2004.-356с.
8. Справочник сварщика: справочное издание/В. В.Овчинников: КноРус, 2013.-272с.
9. Производственное обучение электрогазосварщиков: инструкционно-технологические карты: учебно-методическое пособие/В. П.Сенько: Высшая школа, 2010.-96с.
10. Ремонт машин: учеб. пособие. Т. 1. Технология ремонта основных систем, сборочных единиц, машин, оборудования и деталей / А. Т. Лебедев, А. В. Петров, Е. М. Зубрилина, Ю. М. Шапран, Н. Ю. Землянушнова, Н. П. Доронина, Ю. И. Жевора, А. В. Захарин, П. А. Лебедев, Р. В. Павлюк, Р. А. Магомедов, А. Н. Кулинич. Ставрополь: АГРУС, 2011. 244 с.
11. Ремонт машин : учеб. пособие. Т. 2. Современные технологии восстановления работоспособности деталей и сборочных единиц при ремонте машин и оборудования / А. Т. Лебедев, А. В. Петров, Е. М. Зубрилина, Ю. М. Шапран, Н. Ю. Землянушнова, Н. П. Доронина, Ю. И. Жевора, А. В. Захарин, П. А. Лебедев, Р. В. Павлюк, Р. А. Магомедов, А. Н. Кулинич. - Ставрополь : АГРУС, 2011. 196 с.
12. Классификация, маркировка конструкционных металлических материалов и сплавов ведущих промышленных стран мира: учебно-методическое пособие / сост. Е.В.Зубенко, А.Т.Лебедев, М.Л.Пантух, С.Д.Ридный, Р.В.Павлюк, А.В.Захарин, П.А. Лебедев; Ставропольский государственный аграрный университет.-Ставрополь,2014.-54с.