

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(Наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка металлов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры полностью)

15.04.01. Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальность)

Технология и оборудование для пайки

(направленность (профиль))

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АНТИКОРРОЗИОННОЙ  
НАПЛАВКИ ПЛАКИРУЮЩЕГО СЛОЯ НА НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ  
СТАЛИ С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ СВАРОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Студент О.В.Беляев (И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)

Научный А.И. Смирнова (И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)

руководитель

Консультанты \_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., профессор  
Б.Н. Перевезенцев (учёная степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор  
В.В. Ельцов (учёная степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017г.

Тольятти 2017 г.

## АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе приведены экспериментальные исследования направленные на снижение сварочных деформаций при наплавке плакирующего слоя из антикоррозионных материалов на основу из низколегированных сталей.

Целью работы является повышение качества процесса антикоррозионной наплавки аустенитных сталей на основу из низколегированных сталей путём исследования процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

1. Исследовать влияние параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика.

2. Провести оценку оптимальности режимов наплавки на лист неплавящимся электродом с управляемым тепловложением по критериям производительности и минимизации сварочных деформаций, и выработать рекомендации по оптимизации режимов наплавки.

3. Провести сравнительную оценку эффективности полученных рекомендаций по оптимизации режимов наплавки.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, списка литературы и Приложения. Объем основной части работы составляет 97 страниц машинописного текста.

Диссертация содержит 82 рисунка и 19 таблиц. Список литературы включает 30 наименований. Приложение к работе составляет 42 страницы.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
<b>1. Способы снижения деформации листов при наплавке на них плакирующих слоёв</b>	
1.1. Анतिकоррозионная наплавка, методы и материалы.....	8
1.2. Обзор существующих способов наплавки, позволяющих снизить деформации листа при наплавке на него плакирующих слоёв.....	16
1.3. Обобщение существующих тенденций по снижению деформации листов при наплавке на них плакирующих слоёв.....	20
1.4. Выбор направления исследований.....	21
1.5. Повышение технико-экономических показателей при проведении наплавки аустенитных сталей на основу из низколегированных сталей.....	32
1.6. Формулировка задач проекта.....	33
<b>2. Теоретические исследования влияния параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика.</b>	
2.1. Разработка математической модели процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением.....	34
2.2. Разработка методики теоретических исследований влияния параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика.....	43
2.3. Проведение теоретических исследований влияния параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика.....	49
2.4. Обобщение результатов исследований.....	78

### **3. Оптимизация режимов наплавки на лист неплавящимся электродом с управляемым тепловложением по критериям производительности и минимизации сварочных деформаций.**

3.1. Разработка методики оценки оптимальности режимов наплавки.....	79
3.2. Оценка оптимальности режимов наплавки на лист неплавящимся электродом с управляемым тепловложением по критериям производительности и минимизации сварочных деформаций.....	81
3.3. Выработка рекомендаций по выбору оптимальных режимов наплавки в зависимости от требований к наплавке и условий наплавки.....	82

### **4. Оценка эффективности полученных рекомендации по оптимизации режимов наплавки на лист неплавящимся электродом с управляемым тепловложением**

4.1. Методика оценки эффективности .....	84
4.2. Проведение сравнительной экспериментальной оценки эффективности наплавки листов автоматической наплавкой неплавящимся электродом с управляемым тепловложением и автоматической наплавкой под слоем флюса.....	88
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>91</b>
<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>92</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>94</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ.....</b>	<b>97</b>

## Введение

Развитие техники и технологий в настоящее время требует от производителей оборудования рассматривать различные подходы к конструированию и изготовлению изделий, обеспечивать необходимые требования по качеству, долговечности, износостойкости, ремонтпригодности и другим, необходимым для потребителей характеристикам машин. Для решения задач повышения эксплуатационных показателей и увеличения срока службы деталей машин используют различные способы поверхностного упрочнения, в частности наплавку, нашедшую широкое применение в производстве разнообразных изделий - от крупногабаритных, таких как сосуды высокого давления атомных реакторов, установки для десульфурации мазута, валки прокатных станков в металлургии, до мелких деталей типа выхлопных гнёзд и клапанов двигателей внутреннего сгорания. Одним из направлений повышения долговечности оборудования, работающего в соприкосновении с агрессивными веществами, вызывающими интенсивную коррозию металлов, является применение при изготовлении оборудования антикоррозионной наплавки. Этот вид обработки поверхности сталей позволяет существенно повысить сопротивляемость действию коррозии, к примеру, оборудования изготовленного из низко-, среднеуглеродистых сталей с наплавкой антикоррозионными материалами, повысить конструкционную прочность оборудования, вследствие применения основы из конструкционных материалов, имеющих предел прочности выше, чем у коррозионностойких материалов. И в то же время сократить стоимость оборудования, в сравнении с тем, если бы оно изготавливалось полностью из коррозионностойких сталей и сплавов. Оборудование такого типа, изготовленное из биметаллических материалов, получает широкое применение в нефте-, газодобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. Применение технологии наплавки имеет ряд преимуществ:

- возможность нанесения металлического покрытия большой толщины
- высокая производительность процесса
- относительная простота конструкции и транспортабельность оборудования, приспособленного для выполнения работ вне помещения
- отсутствие ограничений по размерам наплавляемых поверхностей изделий
- простота выполнения, не требующая высокой квалификации сварщика. Достаточно высокая квалификация сварщика необходима только при ручной наплавке покрытыми электродами
- возможность нанесения антикоррозионного слоя на основной металл любого состава

В то же время у технологии наплавки имеются и ряд недостатков:

- ухудшение свойств наплавленного слоя из-за перехода в него элементов основного металла
- деформация изделия, вызываемая высокой погонной энергией наплавки. Неправильный выбор режима наплавки может привести к чрезмерной деформации изделия после наплавки и браку
- некоторая неравномерность свойств наплавленных изделий, обусловленная тем, что наплавленный слой имеет характерные свойства и особый состав, присущие металлу сварных швов
- более ограниченный, чем, при напылении, выбор сочетаний основного и наплавленного металла
- трудность наплавки мелких изделий сложной формы

Одной из наиболее значимых проблем при проведении антикоррозионной наплавки является возникновение внутренних напряжений в наплавленных деталях вследствие разности физических

свойств материала основы и наплавленного материала, которые в свою очередь ведут к появлению деформаций и снижению конструктивных и эксплуатационных свойств изделий.

**Цель работы:** повышение качества процесса антикоррозионной наплавки аустенитных сталей на основу из низколегированных сталей путём исследования процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением.

# **Глава 1. Способы снижения деформаций листов при наплавке на них плакирующих слоёв.**

## **1.1 Анतिकоррозионная наплавка, методы и материалы.**

В нефтехимической промышленности в качестве основы для антикоррозионной наплавки чаще всего применяются углеродистые, низколегированные и хромомолибденовые стали. Из группы углеродистых сталей используют сталь 20К, 20КА, 22К, из группы низколегированных сталей используют сталь 16ГС, 09Г2С, 09Г2, 10Г2, из группы хромомолибденовых – 12ХМ, 12МХ, 15ХМ, 15Х2МФА-А. В основном применяются листы толщиной от 10 до 60 мм. В качестве антикоррозионного слоя применяются стали аустенитного класса - 08Х18Н10Т, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М3Т, реже стали ферритного класса - 08Х13. Толщина наплавленного слоя варьируется от 2 до 8 мм. Сочетания материала основы и наплавленного слоя зависит от технических условий, в которых будет работать изготовленное оборудование. Например, если оборудование будет работать в коррозионной среде и под большим избыточным давлением, применяют сочетания сталей 09Г2С(22К)+08Х18Н10Т(12Х18Н10Т). Сталь 09Г2С – низколегированная сталь, для изготовления деталей и элементов стальных металлоконструкций, работающих при температурах от -70 до +425°С. Сталь 08Х18Н10Т-сталь коррозионностойкая и жаростойкая аустенитного класса, предназначена для изготовления сварной аппаратуры, работающей в средах повышенной агрессивности (растворах азотной, уксусной кислот, растворах щелочей и солей).(марочник) В случае если оборудование работает в коррозионной среде и при повышенных температурах, применяют сочетания сталей 12ХМ (15ХМ)+ 08Х18Н10Т. Сталь 12ХМ – теплоустойчивая сталь для изготовления различных деталей, работающих при температуре до + 530°С.

Чаще всего в технике применяется сочетание сталей 09Г2С+08Х18Н10Т. Такое сочетание материалов позволяет оборудованию

(например – сосудам) выдерживать избыточное давление до 16 МПа (160кгс) и в то же время значительно продлить срок службы изделий, работающих с коррозионноактивной средой.

- для ручной дуговой наплавки – покрытые электроды марок ОЗЛ-6(тип Э-10Х25Н13Г2), ЦЛ-9(тип Э-10Х25Н13Г2Б), ЦЛ-11(тип Э-08Х20Н9Г2Б), ЦТ-15 (тип Э-08Х19Н10Г2Б), диаметр стержня от 3,2 до 5 мм, выпускаемые по ГОСТ 9466, ГОСТ 10052.

- для механизированной наплавки в среде инертных газов, аргонодуговой наплавки неплавящимся электродом применяют стальные проволоки сплошного сечения Св-07Х25Н12Г2Т, Св-05Х20Н9ФБС, 06Х25Н12ТЮ, Св-07Х25Н13 и др. по ГОСТ 10543 и ГОСТ 2246. Диаметр проволоки от 1,6 мм до 2,2 мм.

- для автоматической наплавки под слоем флюса применяют проволоки Св-07Х25Н12Г2Т, Св-05Х20Н9ФБС, 06Х25Н12ТЮ, Св-07Х25Н13 и др. по ГОСТ 10543 и ГОСТ 2246. Диаметр проволоки от 3,0 мм до 5,0 мм. Кроме того применяют холоднокатаные электродные ленты из стали. Основными легирующими добавками являются хром, никель, а также титан, молибден, ниобий (Св-08Х19Н10Г2Б, Св-04Х19Н11М3 и др.), толщина лент от 0,4 до 1,0 мм, ширина 20...100 мм. При наплавке проволокой применяют плавные флюсы АН-26С, АН-18 по ГОСТ 9087. При наплавке лентой рекомендуется применять флюс ФЦ-18 по ОСТ 24.948.02 и ОК Flux 10.05 (ESAB).

Для проведения антикоррозионной наплавки применяют следующие способы:

- ручная дуговая наплавка покрытыми электродами
- автоматическая наплавка под флюсом
- ручная аргонодуговая наплавка неплавящимся электродом

- механизированная наплавка в среде защитных газов плавящимся электродом
- электрошлаковая наплавка
- плазменная наплавка
- наплавка лежачим электродом
- лазерная наплавка

В качестве базового метода рассмотрим метод автоматической наплавки под флюсом. При наплавке под флюсом дуга горит между электродом и изделием, к которым подведён ток, и образует на поверхности изделия ванночку расплавленного металла. Наплавляемый участок покрывает толстый слой сыпучего флюса. Расплавленный шлак надёжно изолирует жидкий металл от газов воздуха, предупреждает разбрызгивание и способствует сохранению тепла дуги. После затвердевания металла образуется наплавленный валик, покрытый шлаковой коркой и нерасплавившимся флюсом, остывшая корка удаляется. Схематично процесс наплавки под флюсом представлен на рис. 1. [19]

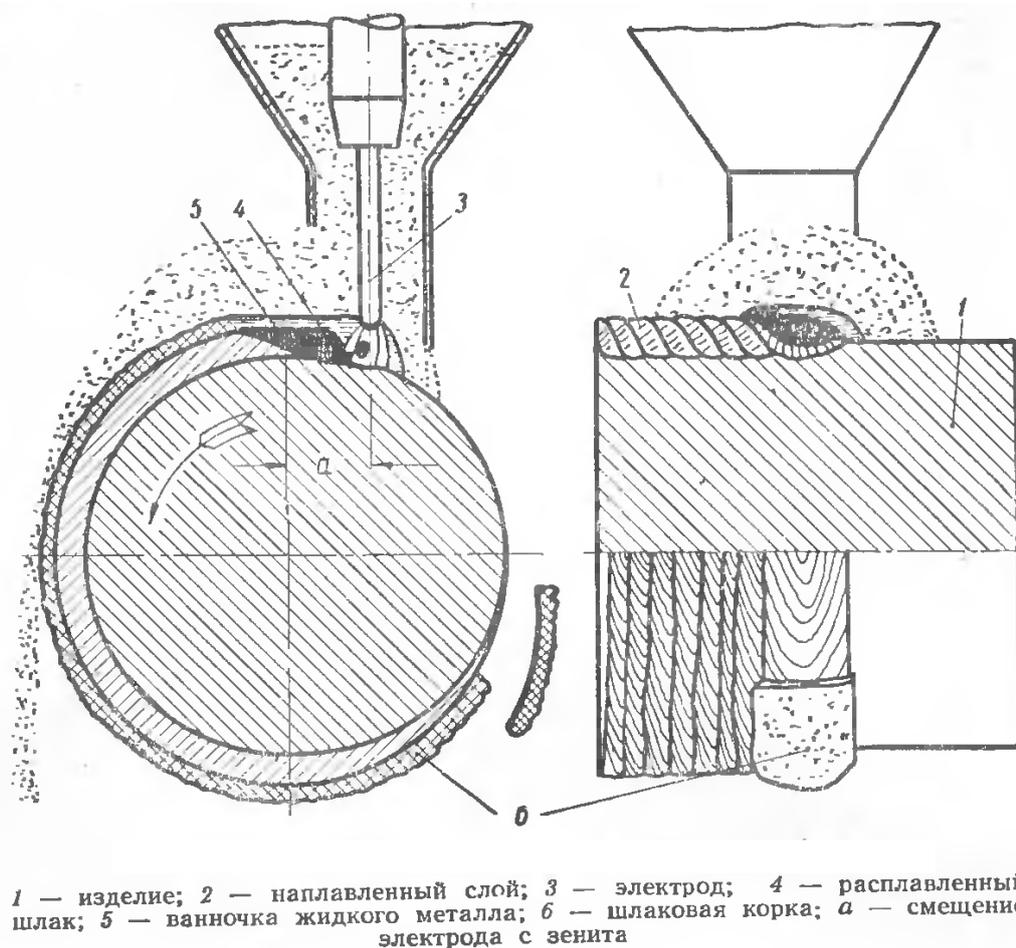


Рис.1 Схема наплавки тела вращения под флюсом

К основным достоинствам наплавки под слоем флюса можно отнести:

- высокую производительность труда. Особенно хорошо это достоинство проявляется в тех случаях, когда производится наплавка на большую площадь поверхности изделия, обладающего достаточно простой формой;
- невысокую сложность процесса. Наплавка под слоем флюса не требует высокой квалификации от сварщика, поэтому для ее производства не требуется искать специалиста, обладающего большим опытом именно в этом спектре сварочных работ;
- высокое качество работы. При применении наплавки под слоем флюса внешний вид валика из наплавленного металла обладает отличными эстетическими характеристиками, что имеет большое значение для внешнего вида всей детали. Кроме того, получаемый в результате наплавки валик

обладает высокой прочностью и надежностью и прекрасно проявляет себя в ходе дальнейшей эксплуатации изделия;

- высокую безопасность работы сварщика. Соккрытие сварочной дуги под слоем флюса позволяет избежать разбрызгивания расплавленного металла, что значительно повышает безопасность рабочего, предотвращая возможность получения ожогов.

Вместе с несомненными достоинствами наплавка металла под слоем флюса имеет и определенные недостатки. И основными минусами этого вида наплавки можно считать:

- высокую стоимость оборудования. Как правило, оборудование, применяемое в ходе наплавки под слоем флюса, стоит дороже, чем оборудование для ручной дуговой наплавки с применением стержневых электродов с покрытием;

- большую зону нагрева, из-за чего этот вид наплавки не может быть применен в тех случаях, когда требуется наплавка металла на мелкие или тонкостенные изделия, особенно, в том случае, если эти изделия обладают достаточно сложной формой;

- вследствие достаточно больших значений силы тока при наплавке детали подвергаются большой степени деформации

- кроме того, часто к недостаткам этого вида наплавки относят и тот факт, что он снижает усталостную прочность металлической детали, причем, показатель снижения прочности металла может в некоторых случаях достигать 40%.

В ряде случаев, при изготовлении нефтехимического оборудования (рис. 2,3,4), наплавку необходимо производить на детали небольшой толщины (10-20мм), но относительно больших линейных размеров (соотношение  $s/l \geq 50$ ) или тонкостенные трубчатые элементы больших диаметров. Например: крышки люков, тонкостенные биметаллические патрубки, поверхности фланцев, заглушек и т.д. С подобной проблемой сталкиваются и при проведении, например, наплавки на внутреннюю поверхность трубных заготовок небольшой толщины. Как показывает опыт

проведения такого процесса, внутренний диаметр трубной заготовки диаметром 159 мм после ручной дуговой наплавки антикоррозионного слоя получает усадку на 2 мм. Для предотвращения данного недостатка, на машиностроительных предприятиях применяют заготовки для проведения наплавки значительно большей толщины, а затем механической обработкой доводят размеры деталей до необходимых, в соответствии с конструкцией изделия либо, в случаях с наплавкой по внутреннему диаметру, проводится предварительная расточка на величину усадки. Для изготовления деталей подобного типа необходимо применять процесс наплавки, который гарантирует получение наименьшей величины деформаций с сохранением высокой производительности процесса.



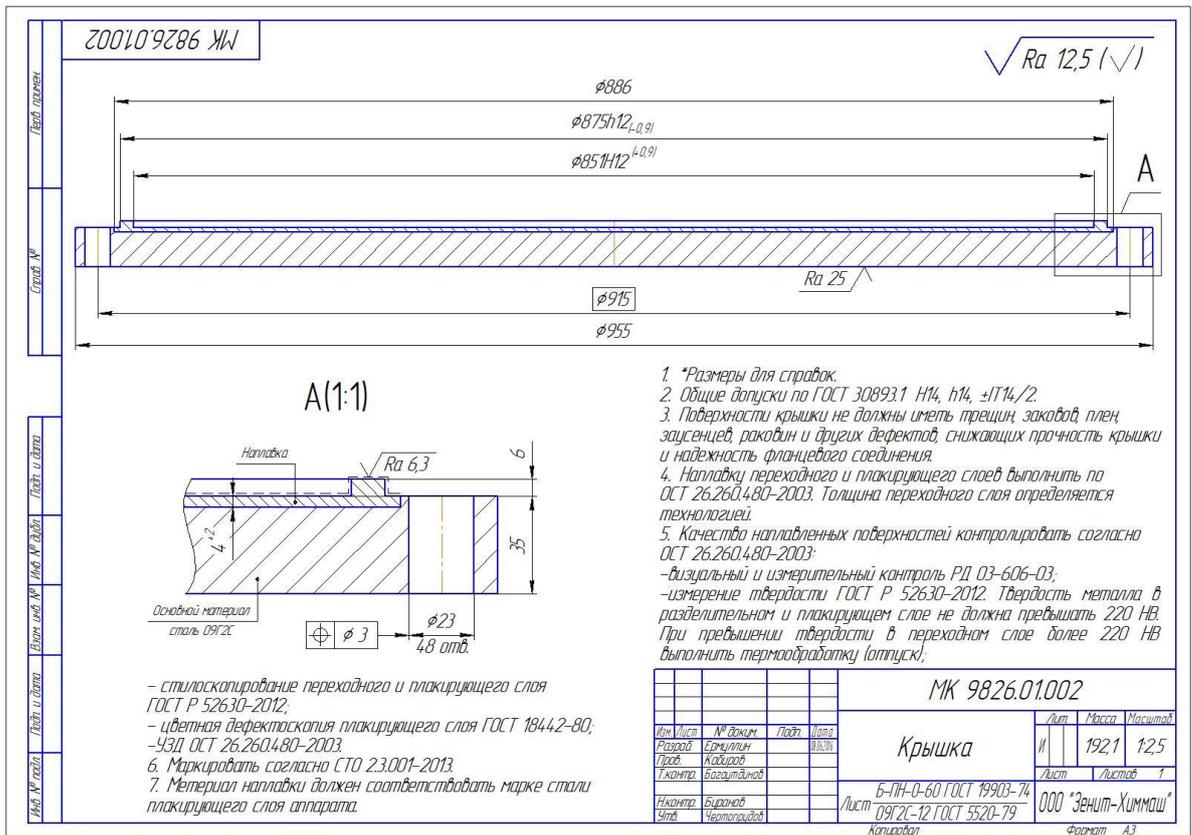


Рис. 3 Чертёж крышки с наплавкой антикоррозионными материалами

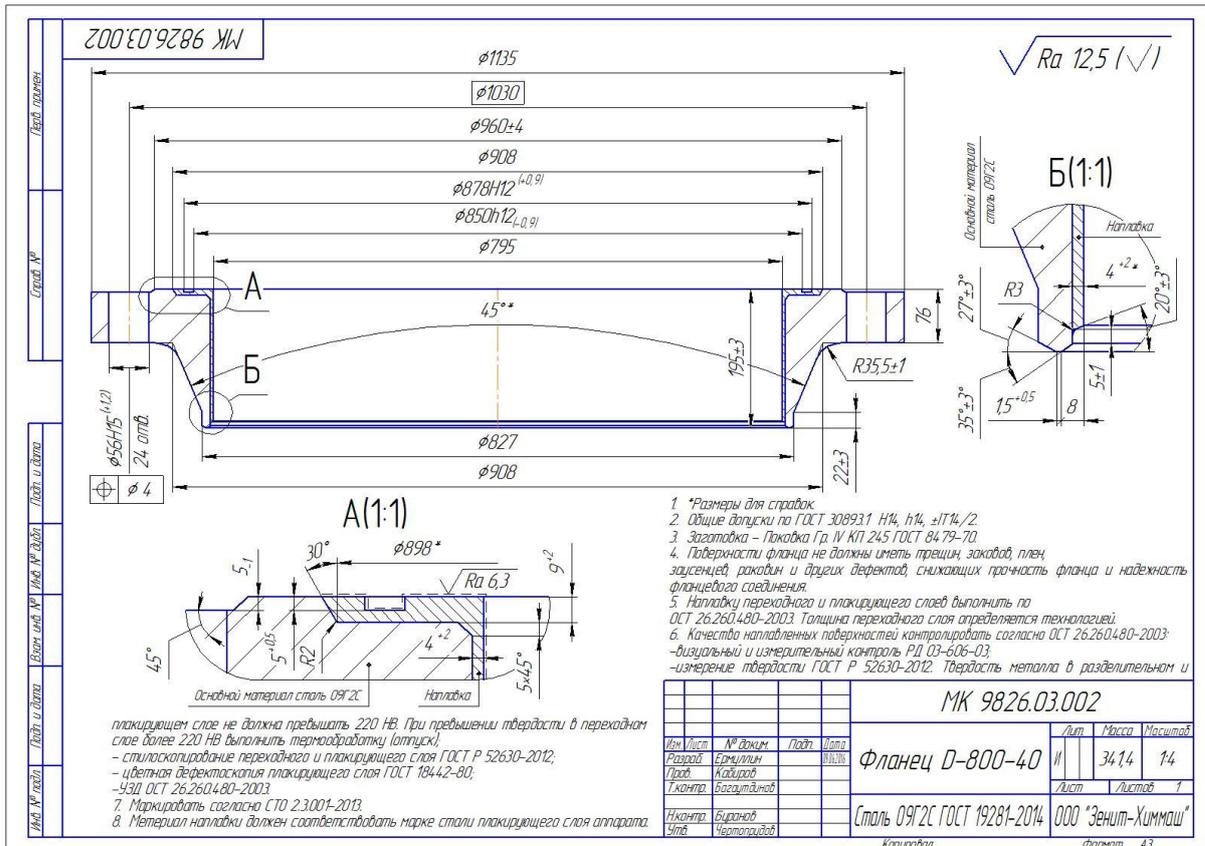


Рис. 4 Чертёж фланца с наплавкой антикоррозионными материалами

## **1.2 Обзор существующих способов наплавки, позволяющих снизить деформации листа при наплавке на него плакирующих слоёв**

Проведённый анализ патентов показывает, что основная масса изобретений имеет целью улучшение способов наплавки износостойкого или коррозионностойкого материала.

Один из способов может быть использован для наплавки трехфазной дугой износостойких и упрочняющих покрытий. (пат. 2451584 Российская Федерация, В23К9/04, В23К9/10. Способ наплавки трёхфазной дугой/ Сидоров В.П., Ковтунов А.И., Машнин Н.Е.; патентообладатель ГОУ ВПО ТГУ – 2010129089/02; заявл.13.07.2010; опубл. 27.05.2012, бюл.№12, 2ил.) Третью фазу источника тока подключают к изделию в полупериод, противоположный полупериоду подключения присадочной проволоки. Время полупериодов соответствует времени полупериода сварочного тока, заданного частотой источника тока. Подключение изделия и проволоки обеспечивает катодную очистку их поверхности. Подключение проволоки и изделия в полупериоды переменного тока может производиться как на прямую полярность, так и на обратную. В результате может быть произведена наплавка различных по свойствам материалам за счет качественной очистки поверхностей и дозированного вложения тепла.

Следующий способ (пат.2468901 Российская Федерация, В23К9/04. Способ изготовления биметаллического листа/ заявитель и патентообладатель Панфилов А.И. – 2010141294/02; заявл. 07.10.2010, опубл. 10.12.2012, бюл.№34, 9ил.) включает нанесение электродуговой наплавкой покрытия из износостойкого наплавочного материала на поверхность прокатного листа из углеродистых и низколегированных сталей. Производят принудительное охлаждение прокатного листа в процессе электродуговой наплавки на него покрытия. Снизу на свободную поверхность прокатного листа воздействуют охлаждающей средой. Покрытие выполняют послойно. Погонную энергию для каждого слоя

электродуговой наплавки изменяют в зависимости от величины температуры прокатного листа с наплавленными слоями покрытия. Принудительное охлаждение прокатного листа охлаждающей средой ведут в момент превышения в нем допустимой температуры нагрева. Допустимая температура соответствует температуре образования карбидной фазы. В качестве охлаждающей среды используют водный раствор хлористого натрия. Покрытие выполняют сплошным или прерывистым слоем. Техническим результатом изобретения является повышение износостойкости покрытия.

Следующее изобретение может быть использовано для наплавки деталей под слоем флюса двумя ленточными электродами. (пат.2512698 Российская Федерация, В23К9/04. Способ наплавки/ Старченко Е.Г., Мастенко В.Ю, Волосов Н.А., Волобуев Ю.С.; патентообладатель ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» - 2013109124/02; заявл. 01.03.2013, опубл. 10.04.2014, бюл. №10) Электроды одинакового сечения подают в зону плавления одновременно с одинаковыми скоростями параллельно друг другу. Впереди сварочной головки по ходу наплавки подают флюс с образованием слоя высотой  $H_1$ , обеспечивающего возможность проведения наплавки в электрошлаковом режиме. Позади сварочной головки подают флюс с образованием слоя высотой  $H_2$  для защиты сварочной ванны. Соотношение упомянутых слоев выбирают в пределах  $H_2/H_1 = 0,4 \div 0,8$ . Расстояние между электродами при подаче их в зону плавления регулируют в пределах от 4,0 до 30 мм. Способ наплавки обеспечивает улучшение качества наплавленного слоя за счет уменьшения доли участия основного металла в наплавленном металле, повышения сплошности металла наплавки, уменьшения несплавлений, подрезов, способствует более благоприятному термическому циклу наплавки, уменьшающему вероятность образования закалочных структур и связанных с этим возможных дефектов. Изобретение относится к сварке и наплавке и касается способов наплавки ленточными электродами, которые могут быть использованы при нанесении специальных покрытий на рабочие поверхности изделий в различных отраслях машиностроения,

например, при антикоррозионной наплавке внутренних поверхностей корпусного атомноэнергетического оборудования.

Изобретение (пат. 2362659 Российская Федерация, В23К9/16, В23К9/09. Способ многодуговой сварки или наплавки в защитном газе/Масалков А.В., Степанов Ю.А., Морозова З.М., Григурко В.В., Гутерман Е.Я., Тыкало А.С.; патентообладатель ОАО «НПК Уралвагонзавод» - 2007121992/02; заявл. 13.06.2007, опубл. 27.07.2009, бюл.№21) относится к области сварки или наплавки и может быть использовано как способ многодуговой электросварки или наплавки в защитных газах и особенно эффективно для тонколистовых конструкций из черных и цветных металлов. Процесс сварки или наплавки ведут сочетанием плавящегося и неплавящегося электродов от источника питания переменного тока. Вначале ведут подбор источника для неплавящегося электрода, имеющего внешнюю крутопадающую характеристику с большим напряжением холостого хода, затем для плавящегося электрода, имеющего пологопадающую (жесткую) характеристику с низким напряжением холостого хода. Электрически их соединяют так, что фаза напряжения на плавящемся электроде отстает от фазы напряжения на неплавящемся электроде. Подают напряжение на электроды для возбуждения дуг, при взаимодействии которых в общем плавильном пространстве на плавящемся электроде формируются импульсы тока обратной полярности с частотой, равной половине частоты питающей сети, которые и осуществляют расплавление электродного металла и формирование сварного шва. При этом достигается автоматизация процесса, высокое качество сварных соединений и наплавленного металла, высокая производительность труда, так как процессы сварки, наплавки идут за один проход, а также снижение материальных затрат, так как нет необходимости приобретать дорогостоящее оборудование. Задачей предлагаемого способа является устранение указанных недостатков и обеспечение автоматической сварки тонколистовых конструкций из черных и цветных металлов в защитном газе или наплавки в случаях, когда требуется минимальное участие основного металла в наплавленном.

Изобретение (патент 2470750 Российская Федерация, В23К9/04, В23К9/23. Способ дуговой наплавки меди и медных сплавов на сталь/Орыщенко А.С., Вайнерман А.Е., Баранов А.В., Пичужкин С.А., Вайнерман А.А., Попов О.Г.; патентообладатель ФГУП ЦНИИКМ «Прометей» - 2011126450/02, заявл. 27.06.2011, опубл. 27.12.2012, бюл. 36) может быть использовано при изготовлении узлов, деталей и конструкций из стали с наплавленным рабочим слоем из меди или медного сплава, предназначенным для обеспечения их антифрикционных свойств, коррозионной стойкости, электропроводности и др. На подлежащую наплавке поверхность изделия из стали наносят слой флюса-пасты и приваривают точечными швами полотно присадочного металла из меди или медного сплава. Затем осуществляют наплавку дуговым способом неплавящимся электродом в аргоне с использованием присадочной проволоки из меди или медного сплава с полным расплавлением упомянутого приваренного полотна. Способ обеспечивает уменьшение степени расплавления стали и минимальный (менее 5%) переход железа из стали в наплавленный металл, а также отсутствие ограничений, связанных с приемами подачи присадочного металла в зону наплавки, что снижает требования к квалификации сварщиков.

Известен способ плазменной наплавки сжатой дугой нержавеющей стали на углеродистые и низколегированные стали (Авторское свидетельство СССР № 498118, В23К9/16, В23К9/04. Способ плазменной наплавки/Стеклов О.А., Алекмеев А.В., Смирнов В.И.; патентообладатель Московский институт нефти и газа им. Губкина И.М.; заявл. 01.02.1990, опубл. 15.09.1992, бюл. №34). Сущность изобретения: наплавку производят неплавящимся электродом с синхронными поперечными колебаниями основной сжатой дуги и токоведущей присадочной проволоки. Используют также дополнительную сжатую дугу, центр катодного пятна которой размещают на расстоянии от 2,6 до 3,4 среднего арифметического значения диаметров столбов двух сжатых дуг от центра катодного пятна основной сжатой дуги в направлении наплавки. Целью предложенного способа является повышение

производительности процесса плазменной наплавки и улучшение качества наплавляемого слоя путём регулирования тепловложения в основной и присадочный материалы. Регулирование тепловложения позволяет снизить долю участия основного металла в наплавленном слое до 0-5 %, а также создаёт предпосылки для снижения деформаций основного металла.

Ч.В.Пулька в своей статье приводит способ индукционной наплавки тонких плоских тел вращения, в том числе дисков толщиной 3-6 мм. Данный способ имеет ряд преимуществ: высокая автоматизация процесса, малая глубина проплавления основного слоя и возможность наплавки тонких слоёв. Однако имеются и недостатки: невысокий КПД процесса, эффективен только в условиях крупносерийного производства, металл при проведении наплавки подвергается перегреву, что может сказаться на его физических свойствах.

В.П. Сидоров в своей статье «Оценка возможности регулирования рода и полярности тока, доли участия основного металла в сварном шве при сварке под флюсом» [20] проводит оценку возможности регулирования рода и полярности тока, доли основного металла при проведении сварки (наплавки) под слоем флюса. В данной статье на основании экспериментальных данных сделан вывод о снижении доли участия основного металла в наплавленном шве на величину до 50% при изменении полярности тока с обратной на прямую, а также об уменьшении глубины проплавления. На основании данных выводов можно предположить, что если глубина проплавления снижается, то это происходит из-за снижения тепловложения в зоне сварочной ванны, а снижение тепловложения позволит снизить перегрев металла и послесварочную деформацию деталей.

### **1.3 Обобщение существующих тенденций по снижению деформации листов при наплавке на них плакирующих слоёв**

В результате анализа, проведённого при литературном обзоре существующих способов наплавки можно определить несколько основных

тенденций по снижению деформации листов при наплавке на них плакирующих слоёв:

- снижение деформации в результате регулирования параметров сварки (снижения величины сварочного тока и напряжения, увеличения скорости сварки, изменения полярности и рода тока);

- снижение деформации в результате принудительного охлаждения основного металла;

- снижение деформации в результате применения подложек, на плавление которых затрачивается часть тепловой энергии;

- снижение деформации в результате применения способов плазменной наплавки;

- снижение деформации в результате применения такого способа сварки, в котором уменьшение тепловложения происходит вследствие воздействия на сварочную дугу:

1. введения в дугу плавящегося электрода
2. применение трёхфазной дуги
3. наплавка независимой дугой (к изделию ток не подводится).

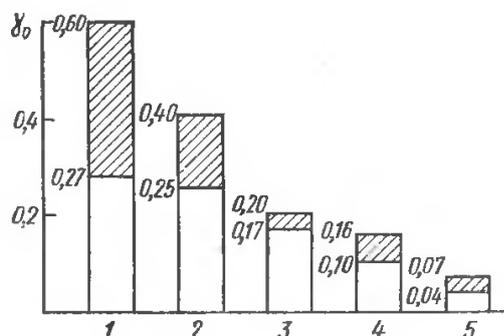
#### **1.4 Выбор направления исследований**

Все рассмотренные в разделе 1.3 предложения по снижению остаточных деформаций имеют определённые недостатки. Например: снижение остаточных деформаций методами регулирования параметров сварки носит незначительный характер, снижение деформации за счёт применения принудительного охлаждения основного металла может привести к образованию кристаллизационных трещин в наплавленном слое, несплавлению плакирующего слоя с основным металлом, снижение деформации за счёт применения подложек усложняет технологию

проведения наплавочных работ и требует дополнительных затрат на материалы.

При рассмотрении процесса наплавки с точки зрения механизмов образования сварочных деформаций и напряжений на основании методов, разработанных Г.А. Николаевым определено, что одним из основных параметров влияющих на величину деформации при сварке (наплавке) является величина погонной энергии (тепловложение) в основной металл. Целью проведения аниоткоррозионной наплавки является создание на поверхности низколегированных сталей слоя с определённым химическим составом и механическими свойствами. Однако в процессе проведения наплавки основной металл в сварочной ванне перемешивается с присадочным материалом, что ведёт к отклонениям химического состава и механических свойств наплавленного слоя. На рисунке 5 представлено сопоставление долей участия основного металла в 1-м слое применительно к наплавке хромоникелевой аустенитной стали на низкоуглеродистую различными способами наплавки при обычных режимах. Доля участия основного металла в формировании наплавленного металла зависит как от принятого способа, так и от режима наплавки. [17] Различные дуговые методы наплавки отличаются друг от друга тепловой подготовкой основного и наплавляемого металлов. Так, например, при плазменной наплавке, с токоведущей присадочной проволокой тепловложение преимущественно осуществляют в присадочную проволоку, основной металл подогрывается достигающими его поверхности остывающими потоками плазмы дуги и теплотой перегретого жидкого наплавляемого металла. Проплавление основного металла в этом случае может быть заметно уменьшено. Наоборот, при дуге прямого действия, когда на основном металле располагается катодное или анодное пятно дуги, ограничить расплавление основного металла значительно труднее, особенно при значительном сосредоточении дугового разряда (уменьшении диаметра плавящегося электрода, увеличении плотности тока на электроде). Рассредоточение тепловложения в основной металл, например при ленточном электроде, когда дуга перемещается по

торце ленты от одного конца к другому и иногда возникает одновременно в нескольких местах, может заметно снизить долю расплавляемого основного металла. [17]



1- автоматическая под флюсом, 2- ручная дуговая покрытыми электродами, 3- автоматическая под флюсом с дополнительными присадочной проволокой, 4- автоматическая под флюсом ленточным электродом, 5 – плазменной струёй с токоведущей проволокой

Рис. 5 Доля участия основного металла в сварном шве при различных способах сварки

На основании вышеизложенного понятно, что одним из способов понижения доли участия основного металла при проведении наплавки плавящимся электродом является понижение погонной энергии (тепловложения) в основной металл. Известно также, что при автоматических способах наплавки (под слоем флюса, в среде защитных газов) за счёт жёсткой связи силы сварочного тока и скорости подачи проволоки, снижение погонной энергии непременно приведёт к снижению объёма наплавляемого металла. Более гибкое регулирование позволяют получать способы наплавки, в которых скорость подачи присадочной проволоки не зависит от мощности дуги, действующей на основной металл.

В качестве направления исследований предлагается рассмотреть способ сварки с пространственно-параметрическим управлением тепловложением, разработанный на кафедре «Оборудование и технология

сварочного производства и пайки» Тольяттинского государственного университета. Проведены необходимые исследования данного способа сварки и получены конкретные практические рекомендации для его осуществления.

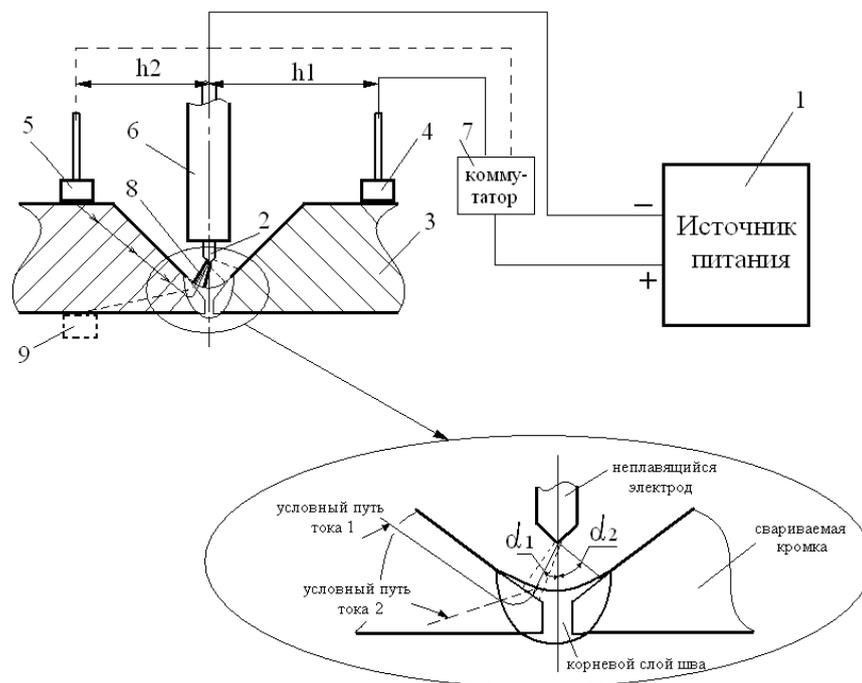


Рис. 6 Схема процесса сварки дугой, отклоняемой собственным магнитным полем

Предлагаемый способ дуговой сварки неплавящимся электродом в защитном газе заключается в том, что перед сваркой один полюс источника питания 1 (рис. 6) подключают к неплавящемуся электроду 2, а второй к изделию 3, для чего используют токоподвод, который перемещают синхронно с электродом. Контакты 4 и 5 токоподвода располагают на поверхности изделия, со стороны обращённой к сварочной горелке 6. В процессе сварки производят периодическое и многократное изменение места подключения тока к изделию, по заданной программе, с помощью коммутатора 7. Применяют как минимум две точки подключения тока к изделию (в местах расположения контактов 4 и 5 токоподвода). Такая коммутация между отдельными точками подвода тока к изделию позволяет программировано отклонять дугу 8 в противоположную сторону от места подвода тока к изделию, под воздействием собственного магнитного поля, за

счёт использования эффекта «магнитного отдувания дуги». При этом имеется возможность независимого изменения расстояния от оси электрода до каждой из точек подвода тока к изделию ( $h_1$  и  $h_2$ ).

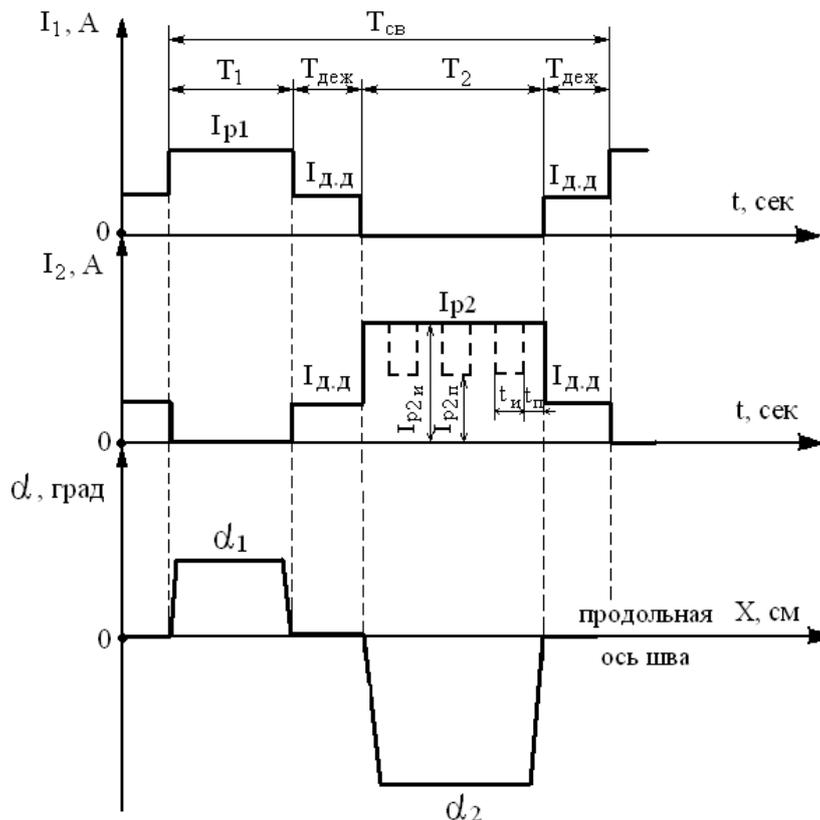


Рис. 7 Циклограмма процесса сварки дугой, отклоняемой собственным магнитным полем

При прохождении тока  $I_{p1}$  через одну из точек подвода тока к изделию (рис. 7) дуга отклоняется на угол  $\alpha_1$ , в сторону от токоподвода в плоскости проходящей через ось электрода и точку токоподвода. Дугу задерживают в этом отклоненном положении на заданный и регулируемый промежуток времени  $T_1$ , подводя ток  $I_{p1}$  к одной из точек токоподвода к изделию. При изменении места подключения тока к изделию, т.е. при переходе дуги от одного крайнего положения до другого, устанавливают дежурный режим горения дуги на время  $T_{деж}$ , пропуская по сварочной цепи ток дежурной дуги  $I_{д.д.}$ . При этом для обеспечения непрерывности горения дуги, или в технологических целях, в процессе коммутации цепей, в каждый момент времени ток к изделию подводят к одной или одновременно к нескольким точкам на поверхности изделия, как, например, это сделано для тока

дежурной дуги  $I_{д.д.}$ . По окончании процесса коммутации, т.е. по окончании фазы горения «дежурной» дуги, через новую точку токоподвода, в течение регулируемого времени  $T_2$ , пропускают рабочий ток  $I_{p2}$ , что вызывает отклонение столба дуги, в сторону от нового места токоподвода, на угол  $\alpha_2$ , и горение её под таким углом в течение времени  $T_2$ . Далее происходит повторная коммутация, т.е. изменение места подвода тока к изделию, сопровождающаяся горением дуги в «дежурном» режиме  $I_{д.д.}$  в течение времени  $T_{деж.}$ . После этого описанный цикл повторяется многократно. Вышеописанный цикл иллюстрирует наиболее простой вариант исполнения предлагаемого способа сварки, при котором коммутация канала подвода тока к изделию происходит между двумя точками токоподвода. По аналогичному принципу могут строиться циклы с любым количеством точек токоподвода, количество которых назначается исходя из технологических потребностей.

Величину сварочного рабочего тока ( $I_p$ ) и тока дежурной дуги ( $I_{д.д.}$ ) регулируют отдельно, причём величину сварочного рабочего тока регулируют отдельно при протекании тока через каждую точку подвода тока к изделию ( $I_{p1}$  и  $I_{p2}$ ), при этом минимально допустимое значение сварочного тока, протекающего через каждую точку токоподвода, должно быть не меньше чем значение, определённое по выражению:

$$I = 4,466 \cdot h - 0,4 \cdot h^2 + 0,0147 \cdot h^3 - 0,225 \cdot 10^{-3} \cdot h^4 + 1,236 \cdot 10^{-6} \cdot h^5 \quad (1)$$

где:  $I$  – минимальный сварочный ток в цепи, при котором наблюдается эффект отклонения столба дуги, А;

$h$  – расстояние от точки подвода тока к изделию до оси электрода, мм.

При протекании тока через каждую отдельную точку токоподвода к изделию, величина сварочного рабочего тока со временем может оставаться либо неизменной, т.е. сварка выполняется непрерывной сварочной дугой, (см. ток  $I_{p2}$ ), или периодически изменяться, в виде импульсов, по заранее заданному закону, т.е. сварка выполняется импульсной дугой (или модулированным током). При этом в качестве основных параметров закона

изменения тока задаются: ток импульса  $I_{p2и}$ , ток паузы  $I_{p2п}$ , время импульса  $t_{и}$  и время паузы  $t_{п}$ .

Угол отклонения столба дуги от оси электрода ( $\alpha$ ), при заданной величине сварочного тока, регулируют, изменяя расстояние от оси электрода до определённой точки токоподвода. Чем меньше расстояние от оси электрода до точки токоподвода, тем, при прочих равных условиях, больше величина угла отклонения дуги от оси электрода. При этом максимальное расстояние от оси электрода до любой точки токоподвода должно быть не более 100 мм. При этом величина угла отклонения дуги, при конкретном сочетании параметров процесса определяется по следующей зависимости:

$$\alpha = 21,94 - 9,56 \cdot \left( \frac{l - 43}{37} \right) + 0,44 \cdot \left( \frac{I - 130}{70} \right) - 1,44 \cdot \left( \frac{f - 1,55}{1,45} \right) \quad (2)$$

где:  $l$  – текущее расстояние от токоподвода до оси электрода, мм;  $I$  – текущее значение силы сварочного тока, А;  $f$  – текущее значение частоты коммутации тока, Гц.

Регулируемыми параметрами процесса коммутации являются: последовательность и частота переключений подвода тока между отдельными точками токоподвода, а также длительность подключения тока к каждой точке (скважность). Частоту переключения подвода тока между точками выбирают не более 4 Гц.

Параметры коммутации настраивают и регулируют с помощью устройства управления – коммутатора, а энергетические параметры процесса, такие как величина сварочного тока, при протекании тока через каждый канал подвода тока к изделию, величина тока дежурной дуги, напряжение дуги и пр. настраивают и регулируют управляя работой сварочного источника питания. [9-15]

При реализации способа ток к каждой точке на поверхности изделия 3 (рис. 8) может подводиться по своему отдельному каналу подвода тока 4 и 5 от источника питания 1. При этом параметры коммутации между

отдельными каналами токоподвода, регулируют с помощью электронного программируемого коммутатора 7, управляющего работой самого источника питания.

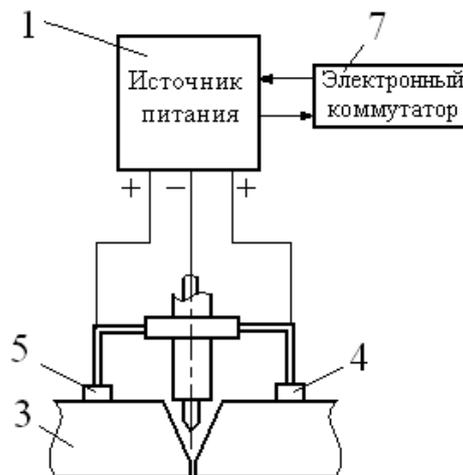


Рис. 8 Схема устройства для подвода тока к каждой из свариваемых кромок

Разработанный способ сварки позволяет:

- повысить эффективность управления тепловложением в основной металл и шов;
- повысить качество сварного соединения;
- повысить стабильность в получении планируемого качества.

Эффективность управления тепловложением повышается за счёт двух значимых факторов. Во-первых, в предлагаемом способе сварки чётко определены и указаны диапазоны изменения параметров процесса, и их значимые границы, в пределах которых может быть осуществлён способ сварки дугой, отклоняемой собственным магнитным полем. Т.е. чётко описана область эффективного применения способа, что приводит к исчезновению присущей прототипу, описанному в п. 7, неопределённости в достижении планируемого результата.

Во-вторых, значительно расширяются функциональные возможности способа сварки, что приводит к увеличению эффективности управления тепловложением. Увеличение эффективности управления тепловложением

достигается за счёт того, что в известных аналогах реализован принцип либо пространственного, либо параметрического управления тепловложением только, а в предлагаемом способе применяется принцип пространственно-параметрического управления тепловложением за счёт контролируемого изменения энергетических параметров дуги в зависимости от её пространственного положения. Так, например, в известных аналогах сварочный рабочий ток при пропускании его через разные точки токоподвода к изделию имеет одинаковое количественное значение, не изменяющееся в течение времени. В этой ситуации управление тепловложением может быть осуществлено за счёт регулировки амплитуды пространственных колебаний дуги, и главное, за счёт времени пропускания рабочего тока через разные точки подвода тока к изделию. Это ограничивает возможности управления тепловложением.

В предлагаемом нами способе сварки величина сварочного тока, протекающего через каждую отдельную точку токоподвода к изделию, может регулироваться независимо от силы тока, протекающей через другие точки подвода тока к изделию. Более того, в предлагаемом способе имеется возможность управлять законом изменения величины сварочного тока во времени, при пропускании тока через каждую отдельную точку токоподвода к изделию. Т.е. может быть реализован либо непрерывный процесс горения дуги, либо горение дуги в импульсном режиме, с заранее заданными параметрами импульсов (тока и времени импульса и паузы).

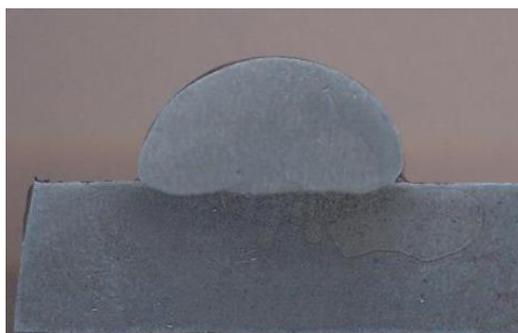
Таким образом, в рассматриваемом способе сварки предлагается использовать два принципа управления тепловложением (за счёт контролируемого пространственного перемещения пятна нагрева дуги, и за счёт контролируемого изменения энергетических параметров дуги в зависимости от её пространственного положения), и четыре механизма управления тепловложением (за счёт регулировки амплитуды пространственных колебаний дуги; за счёт времени пропускания рабочего тока через разные точки подвода тока к изделию; за счёт независимой

регулировки силы тока, протекающей через отдельные точки подвода тока к изделию; за счёт управления законом изменения величины сварочного тока во времени, при пропускании тока через каждую отдельную точку токоподвода к изделию). В известных же аналогах используется один принцип и два механизма управления тепловложением. Значительное расширение возможностей управления тепловложением существенно повышает эффективность этого процесса.

Качество сварных соединений, выполняемых с применением предлагаемого способа сварки, повышается благодаря описанному выше увеличению функциональных возможностей способа, что даёт возможность более качественно выполнять сложные соединения, такие как соединения разнородных или разнотолщинных элементов. Например, использование возможности отдельного регулирования сварочного тока при пропускании его через разные точки токоподвода существенно упрощает процесс сварки разнородных металлов, существенно отличающихся своей теплопроводностью. Использование дополнительных функциональных возможностей предлагаемого способа сварки позволяет получать симметричные сварные соединения в качественном проваром в сложных соединения разнородных или разнотолщинных элементов.

Применительно к теме исследовательской работы предлагается способ пространственно-параметрического управления дугой исследовать и применить для проведения антикоррозионной наплавки аустенитных сталей на основу из низколегированные сталей. Технические возможности установки серии СМТ-1 позволяют, при определённой схеме подключения к наплавочной установке, отдельно и независимо регулировать количество тепла вкладываемого дугой в основной и присадочный (наплавляемый) металл. Раздельное регулирование тепловложения в основной и присадочный металлы позволяет контролировать объём наплавленного металла и степень проплавления и, следовательно, долю участия металла основы в наплавленном слое, а так же снизить термическое влияние на основной

металл. Способ наплавки двойной (разветвлённой) дугой основан на возможности двойного дугообразования от источника постоянного тока и отдельного регулирования силы тока в обоих дугах. В данном случае мощность распределяется между двумя электродами – основным металлом и присадочной проволокой.



а



б

Рис. 9 Макрошлифы образцов наплавки с минимальным проплавлением основы толщиной 8 мм (а) и 1,5 мм (б)

Данный способ наплавки предпочтителен при наплавке металлов, по химическому составу отличных от металла основы (например, меди на сталь и пр.). На рисунке 9 представлены фотографии микрошлифов наплавочных валиков, полученных на установке серии СМТ-1. Ввиду простоты процесса и универсальности оборудования, в сравнении с аналогами, данный способ имеет ряд технико-экономических преимуществ: он более универсален и может быть реализован как автоматически, так и вручную. Предлагаемый подход может быть использован для сварки с высокой производительностью (высоким коэффициентом наплавки) и минимальным тепловым воздействием на свариваемый металл. Принципиальная схема процесса представлена на рис. 1 Приложения.

## **1.5 Повышение технико-экономических показателей при проведении наплавки аустенитных сталей на основу из низколегированных сталей**

Применение способа пространственно-параметрического управления тепловложением при проведении наплавки аустенитных сталей на основу из низколегированных сталей позволит повысить ряд технико-экономических показателей процесса наплавки:

1. За счёт применения данного метода существенно расширяются диапазоны регулирования параметров процесса наплавки, что позволит добиться низкого уровня деформации листов основы при наплавке;

2. За счёт уменьшения глубины проплавления уменьшится доля участия основного материала в сварочной ванне, что приведёт к возможности получения наплавленного материала с более выраженными антикоррозионными свойствами.

3. За счёт возможности регулирования тепловложения в присадочный материал обеспечить высокую производительность процесса наплавки.

Однако, для достижения запланированных результатов применения предлагаемого процесса наплавки имеется ряд проблем:

- отсутствие информации о влиянии параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика;

- отсутствие рекомендаций по выбору оптимальных режимов при аргонодуговой наплавке неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на листовые заготовки.

## **1.6 Формулировка задач исследования.**

1. Исследовать влияние параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика.

2. Провести оценку оптимальности режимов наплавки на лист неплавящимся электродом с управляемым тепловложением по критериям производительности и минимизации сварочных деформаций, и выработать рекомендации по оптимизации режимов наплавки.

3. Провести сравнительную оценку эффективности полученных рекомендаций по оптимизации режимов наплавки.

## Глава 2. Теоретические исследования влияния параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика.

### 2.1 Разработка математической модели процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением

Для теоретического исследования процесса наплавки неплавящимся электродом разработаем математическую модель процесса. Расчёты будем производить при помощи программы для инженерных расчётов MathCad. Для описания процесса наплавки будем использовать следующие формулы и величины:

По этой схеме в методе источников тепла температура в любой точке тела с координатами относительно центра источника тепла  $X, Y, Z$  описывается уравнением следующего вида:

$$T(x, y, z, t) = \int_0^t \left[ \frac{2 \cdot q}{c \cdot \rho \cdot \pi \cdot a \cdot t^{3/2} \cdot \pi \cdot a \cdot (t + t_0)} \right] \times e^{-\left(\frac{z^2}{4 \cdot a \cdot t}\right) - \frac{[x + v \cdot (t + t_0)]^2 + y^2}{4 \cdot a \cdot (t + t_0)}} dt \quad (3)$$

где:

$x, y, z$  – координаты точки в которой требуется определить температуру, см;

$q$  – эффективная мощность дуги, в частном случае равная:

$$q = I \cdot U \cdot \eta \quad (4)$$

где:  $I$  – сила сварочного тока, А;  $U$  – напряжение дуги, В;  $\eta$  - к.п.д. процесса сварки

$t$  – время прошедшее с момента начала действия источник тепла, с;

$c$  – теплоёмкость свариваемого металла, Дж/(г·К);

$\rho$  - плотность свариваемого металла, г/см<sup>3</sup>;

$a$  – температуропроводность свариваемого металла, см<sup>2</sup>/с;

$t_0$  – постоянная времени, предназначения для адаптации схемы точечного источника тепла к схеме поверхностного нормально-распределённого источника, с, равная:

$$t_0 = \frac{Rk^2}{12 \cdot a} \quad (5)$$

$$Rk = \frac{1,73}{\sqrt{k}} \quad (6)$$

где:  $k$  – коэффициент сосредоточенности теплового потока дуги, см<sup>-2</sup> (значения коэффициента брались по данным работы [22 и 23]).

Это уравнение в своём чистом виде может быть применено для описания температурного поля от поверхностного нормально-распределённого источника, воздействующего на свариваемые кромки без разделки по схеме на рис. 2. Значения коэффициента сосредоточенности и эффективных радиусов пятна нагрева брали по данным работ [22 и 23].

С учётом импульсного характера воздействия сварочной дуги на металл подложки уравнение примет следующий вид:

$$T(x_1, y_1, z_1, t) := \sum_{n=1}^{N_1} \int_{(n-1) \cdot (T_{II} + T_{II})}^{n \cdot (T_{II} + T_{II}) - T_{II}} \left[ \frac{2 \cdot q}{c \cdot \rho \cdot (4 \cdot \pi \cdot a \cdot t)^2 \cdot [4 \cdot \pi \cdot a \cdot (t_0 + t)]} \right] \cdot e^{-\left(\frac{z^2}{4at}\right) - \frac{[x+v \cdot (t_0+t)]^2 + y^2}{4a(t_0+t)}} dt \quad (7)$$

где:  $T_i$  - время импульса, с;  $T_p$  - время паузы, с.

Представляю пример расчёта параметров процесса наплавки с помощью математической модели:

### Определение температурного поля при наплавке дугой на поверхность массивного тела

#### Раздел 1: Определение исходных данных для расчёта:

1) Коэффициент теплопроводности:

$$\lambda := 0.42 \frac{\text{Вт}}{\text{см} \cdot \text{К}}$$

2) Массовая теплоёмкость

$$c := 0.49 \frac{\text{Дж}}{\text{г} \cdot \text{К}}$$

3) Плотность материала:

$$\rho := 7.83 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \quad c \cdot \rho = 3.837$$

4) Коэффициент температуропроводности:

$$a := \frac{\lambda}{c \cdot \rho} = 0.109 \frac{\text{см}^2}{\text{с}}$$

$$T_{\text{пл}} := 1540 \text{ град}$$

5) Определение тепловой мощности:

$$\text{Сила сварочного тока: } I := 150 \text{ А}$$

$$\text{Установочная длина дуги: } L_d := 0.5 \text{ см}$$

$$\text{Напряжение дуги (расчётное): } U_d := 10 + 0.04 \cdot I \quad \text{В} \quad U_d = 16$$

$$U_{d1} := 18.0$$

$$\text{Скорость сварки: } v := 0.1 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$$

$$\text{КПД дуги: } \eta := 0.947 - 0.00017 \cdot I - 0.57 \cdot L_d + 0.02 \cdot v \quad \eta = 0.639$$

$$\eta := 0.75$$

$$q := I \cdot U_d \cdot \eta \quad q = 2122.5 \quad \text{Вт}$$

$$q_{\text{п}} := \frac{q}{v} \quad q_{\text{п}} = 2.123 \times 10^4$$

### 6) Задание параметров импульсного цикла

$$\text{Время импульса:} \quad T_{\text{и}} := 1.0 \quad \text{с}$$

$$\text{Время паузы:} \quad T_{\text{п}} := 1.0 \quad \text{с}$$

$$\text{Время цикла:} \quad T_{\text{ц}} := T_{\text{и}} + T_{\text{п}}$$

$$T_{\text{ц}} = 2 \quad \text{с}$$

### 7) Расчёт количества импульсов

$$\text{Задание расстояния наработки:} \quad L_{\text{н}} := 100 \quad \text{см}$$

Расчёт количества импульсов на заданном расстоянии:

$$N1 := \text{floor}\left(\frac{L_{\text{н}} \cdot T_{\text{ц}}}{v}\right)$$

$$N1 = 2 \times 10^3$$

### 7) Диаметр проволоки, мм

$$d_{\text{п}} := 3 \quad \text{мм}$$

## Раздел 2: Подпрограмма расчёта параметров источника тепла (дуги)

### 2.2. Расчёт параметров сосредоточенности источника:

Коэффициент сосредоточенности:

$$K_{\text{с}} := 7 \quad \text{см}^{-2}$$

Постоянная времени:

$$t0 := \frac{1}{4 \cdot a \cdot K}$$

$$t0 = 0.326 \quad \text{сек}$$

## Раздел 3: Подпрограмма расчёта температуры в точке от действия источника тепла

### 3.1: Подпрограмма расчёта температуры в одной точке

$$x(x1) := x1 - v \cdot t0$$

$$y(y1) := y1$$

$$z(z1) := z1$$

$$T(x1, y1, z1, t) := \sum_{n=1}^{N1} \int_{(n-1) \cdot (Tn+Tn)}^{n \cdot (Tn+Tn) - Tn} \left[ \frac{2 \cdot q}{c \cdot \rho \cdot (4 \cdot \pi \cdot a \cdot t)^{\frac{1}{2}} \cdot [4 \cdot \pi \cdot a \cdot (t0+t)]} \right] \cdot e^{-\left(\frac{z(z1)^2}{4 \cdot a \cdot t}\right) - \frac{[x(x1)+v \cdot (t0+t)]^2 + y(y1)^2}{4 \cdot a \cdot (t0+t)}} dt$$

### 3.2: Подпрограмма поиска линии сплавления

$y1 := 0 \quad z1 := 0 \quad x1 := 0 \quad t := 30$

#### Координата X головной части ванны (передней части)

```

Хпер := | x1 ← 0
        | while T(x1, y1, z1, t) ≥ 1540
        |   x1 ← x1 + 0.05
        | x1

```

Хпер = 0.4

#### Координата X хвостовой части ванны (задней части)

```

Хзад := | x1 ← 0
        | while T(x1, y1, z1, t) ≥ 1540
        |   x1 ← x1 - 0.05
        | x1

```

Хзад = -0.45

#### Длина ванны:

$Lв := |Хпер| + |Хзад|$

$Lв = 0.85 \quad \text{см}$

### Раздел 4: Определение координат точек, лежащих на линии проплавления

$z1 := 0$

$t := 30$

```

Y1(x1, y1, z1, t) := | y1 ← 0
                    | while T(x1, y1, z1, t) > 1540
                    |   y1 ← y1 + 0.05
                    | y1

```

#### 4.1. Координата X сечения с наибольшей температурой

```
Xmax := | x1 ← 0
         | Y ← Y1(x1, y1, z1, t)
         | x1 ← x1 - 0.1
         | while Y ≤ Y1(x1, y1, z1, t)
         |   | Y ← Y1(x1, y1, z1, t)
         |   | x1 ← x1 - 0.1
         | x1
```

Xmax = -0.3

#### 4.2. Координаты Y контура сварочной ванны в сечении Z=0 (вид на ванну сверху)

```
Yгр := | i ← 1
        | for x1 ∈ Xпер, Xпер - 0.1 .. Xзад
        |   | Yi ← | y1 ← 0
        |   |       | while T(x1, y1, z1, t) > 1540
        |   |       |   y1 ← y1 + 0.05
        |   |       | y1
        |   | i ← i + 1
        | Y
```

```
Xгр := | i ← 1
        | for x1 ∈ Xпер, Xпер - 0.1 .. Xзад
        |   | Xi ← x1
        |   | i ← i + 1
        | X
```

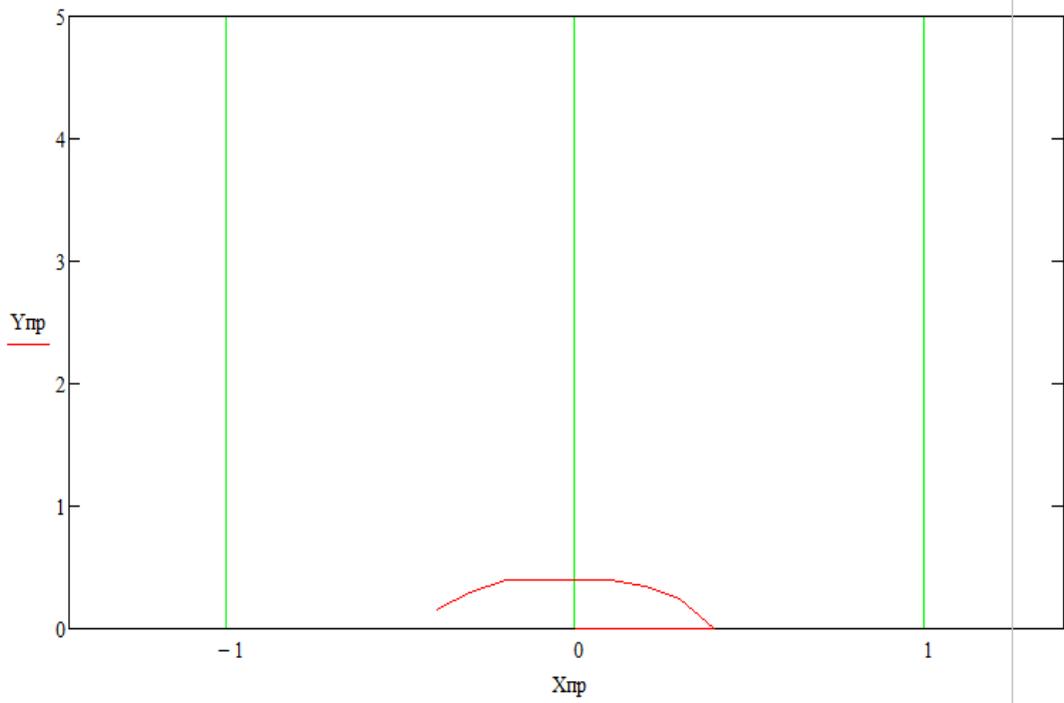
	0
0	0
1	0.4
2	0.3
3	0.2
4	0.1
5	0
6	-0.1
7	-0.2
8	-0.3
9	-0.4

$X_{гр} =$

	0
0	0
1	0
2	0.25
3	0.35
4	0.4
5	0.4
6	0.4
7	0.4
8	0.3
9	0.15

$Y_{гр} =$

Контур сварочной ванны в плоскости  $Z=0$  (на поверхности изделия). Половина ванны



#### 4.3. Координаты Z контура сварочной ванны в плоскости $X=X_{\max}$ (в поперечном сечении)

```

Zпр := | i ← 1
        | x1 ← Xmax + 0.1
        | Y7 ← Y1(x1, y1, z1, t)
        | for y1 ∈ Y7, Y7 - 0.1..0
        |   | Zi ← | z1 ← 0
        |   |   | while T(x1, y1, z1, t) > 1540
        |   |   |   z1 ← z1 - 0.05
        |   |   | z1
        |   | i ← i + 1
        | Z
    
```

---

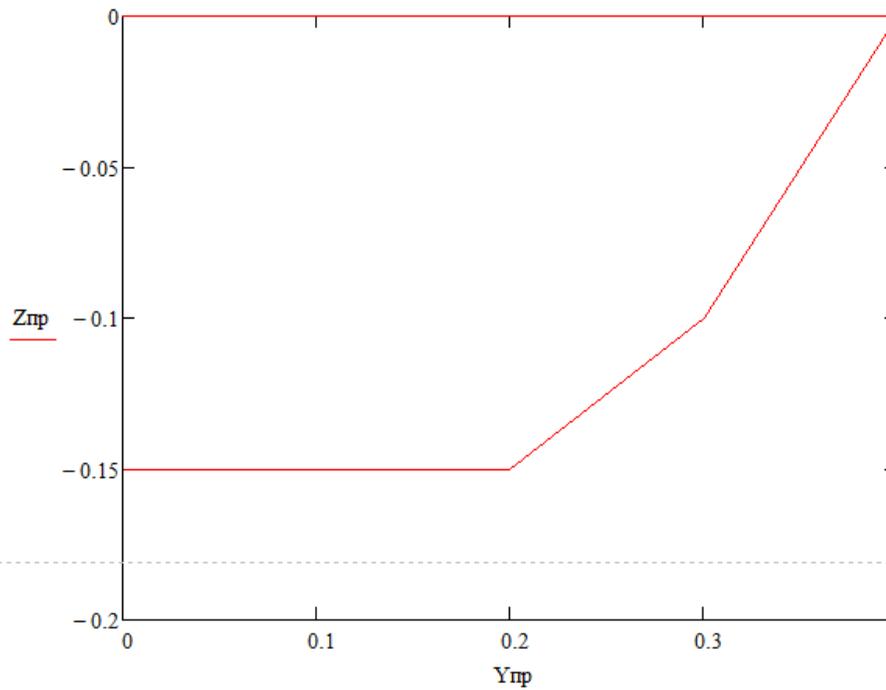
```

Yпр := | i ← 1
        | x1 ← Xmax + 0.1
        | Y7 ← Y1(x1, y1, z1, t)
        | for y1 ∈ Y7, Y7 - 0.1..0
        |   | Yi ← y1
        |   | i ← i + 1
        | Y
    
```

$$Y_{\text{пр}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.4 \\ 0.3 \\ 0.2 \\ 0.1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$Z_{\text{пр}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -0.1 \\ -0.15 \\ -0.15 \\ -0.15 \end{pmatrix}$$

**Контур сварочной ванны в плоскости  $X=X_{\max}$  (шов в поперечном сечении) - глубина и ширина провара**



#### 4.4. Размеры шва

##### 4.4.1. Ширина шва

$$B_{\text{ш}} := \begin{cases} x1 \leftarrow X_{\max} + 0.1 \\ Y7 \leftarrow Y1(x1, y1, z1, t) \\ Y7 \end{cases}$$

$$B_{\text{ш}1} := B_{\text{ш}} \cdot 2$$

$$B_{\text{ш}1} = 0.8 \text{ см}$$

##### 4.4.2. Глубина провара

$$H_{\text{ш}1} := \begin{cases} x1 \leftarrow X_{\max} + 0.1 \\ y1 \leftarrow 0 \\ z1 \leftarrow 0 \\ \text{while } T(x1, y1, z1, t) > 1540 \\ \quad z1 \leftarrow z1 - 0.05 \\ z1 \end{cases}$$

$$H_{\text{ш}} := |H_{\text{ш}1}|$$

$$H_{\text{ш}} = 0.15 \text{ см}$$

#### 4.4.3. Итоговые размеры шва

Ширина шва:  $B_{ш1} = 0.8$  см

Глубина провара:  $H_{ш} = 0.15$  см

Длина ванны:  $L_{в} = 0.85$  см

Расстояние пройденное за паузу:

$$L_{п} = 0.084$$

Предельное расстояние пройденное за паузу:  $L_{ппр} := L_{в} \cdot 0.5$

$$L_{ппр} = 0.125$$

## 2.2 Разработка методики теоретических исследований влияния параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика

**На первом этапе** исследуем возможные и рациональные диапазоны варьирования параметров при аргонодуговой наплавке с управляемым тепловложением:

- 1) Напряжение дуги будем рассчитывать по формуле для рабочей точки при аргонодуговой сварке:  $U = 10 + 0,04 \times I$  где:  $I$  - сила сварочного тока, А.
- 2) Ищем максимально возможную частоту коммутации тока в зависимости от силы тока и скорости наплавки.
  - ток во всех опытах изменяем дискретно из ряда: 150; 175; 200; 250; 300 и 350А
  - скорость сварки принимаем из ряда: 0,1; 0,3; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 и 1,4 см/сек
  - частоту коммутации тока между каналами принимаем из ряда: 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 и 10,0 Гц

- минимальный баланс, при котором рационально использовать регулировку процесса принимаем 50/50 %

Поиск максимально возможной скорости ведём по следующему алгоритму:

- устанавливаем первое значение силы тока - 200 А
- устанавливаем первое значение скорости - 0,1 см/сек
- берем первое значение значение частоты - 0,5 Гц
- минимальный баланс принимаем 50/50% (т.е. коэффициент 0,5), исходя из этого вычисляем время импульса и паузы. Время цикла = 1/частоту (1/0,5 = 2 сек.); время импульса = время цикла x 0,5 (2 x 0,5 = 1 сек.); время паузы = время цикла x 0,5 (2 x 0,5 = 1 сек.).
- подставляем рассчитанные время импульса и паузы в программу
- ускоренный контроль (чтобы не ждать полного расчёта) ведём по значению "Проверочная температура" в разделе 3 программы (см. рисунок 10)

Рис. 10

### 3.2: Подпрограмма поиска линии сплавления

```
y1 := 0   z1 := 0   x1 := 0   t := 30
Проверочная температура:
T(x1, y1, z1, t) = 3.327 × 103
```

Координата X головной части ванны (передней части)

```
Xпер := | x1 ← 0
         | while T(x1, y1, z1, t) ≥ 1540
         |   x1 ← x1 + 0.05
         | x1
```

- Если "Проверочная температура" получается больше 1540 град, то сварочная ванна будет - т.е. режим имеет смысл для исследования и можно дальше увеличивать частоту коммутации тока.
- Если "Проверочная температура" получается меньше 1540 град, то сварочной ванны не будет - т.е. режим отрицательный и не имеет смысла для исследования и текущее значение частоты не может быть применено.
- Если "Проверочная температура" получается больше 1540 град, то берём следующее значение частоты из ряда и повторяем расчёт время

импульса, паузы и расчёт "Проверочной температуры". Расчёт выполняем до той поры, пока для следующего значения частоты коммутации тока "Проверочная температура" не получается меньше 1540 град. На этом расчёт для данной скорости сварки останавливаем и фиксируем предыдущую частоту, как максимально возможную для данного тока и скорости сварки.

- После этого назначаем следующую по ряду скорость сварки (0,3 см/сек) и повторяем расчёты по поиску максимально возможной частоты для этой скорости.
- Когда все провели расчёты по всем скоростям сварки, то берём следующее значение тока (250 А) и повторяем все расчёты для этого тока, меняя скорости и частоты коммутации.
- В итоге должна получиться область рационального применения способа наплавки в зависимости от тока и скорости наплавки. Отообразим её в виде таблицы и в виде графика, как показано ниже.
- Форма таблицы:

Таблица 1

Ток дуги, А	Максимальная частота коммутации тока, Гц, при скорости сварки, см/с							
	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
150								
175								
200								
250								
300								
350								

**На втором этапе** определяем возможный и рациональный диапазон варьирования баланса процесса аргонодуговой наплавки с управляемым тепловложением:

Баланс процесса  $B = T_i/T_p$ ; где:  $T_i$  - время импульса, с;  $T_p$  - время паузы, с;  $T_i + T_p = T_c$ .

Описание ограничений на баланс процесса. Для каждого сочетания сила тока, скорость и частота коммутации есть некоторый предел регулирования баланса, при котором использование нашего способа для наплавки будет

эффективно. Нас интересует возможность максимально снизить время импульса - чтобы получить минимальный провар. Поэтому будем исследовать ограничения именно в направлении максимально возможного уменьшения  $T_{и}$ .

Здесь мы должны учитывать два физических ограничения:

1) наличие сварочной ванны. Это ограничение контролируется значением "Проверочной температуры" (оно не должно быть ниже 1540 град.).

2) второе ограничение связано со стабильностью формирования валика. Сформулируем его так: за время паузы электрод должен проходить путь не более чем, половина длины сварочной ванны, образовавшейся на подложке за время импульса. Т.е.:

$$T_{и} \leq \frac{0,5 \cdot L_{в}}{v_{св}} \quad (8)$$

где:  $L_{в}$  - длина сварочной ванны, см

$v_{св}$  - скорость сварки, см/с.

Для контроля этого ограничения предусмотрены параметры: расстояние пройденное за паузу  $L_{п}$  и предельное (т.е. максимально возможное) расстояние, пройденное за паузу  $L_{ппр}$ . Эти параметры считаются в конце программы (см. рис.8) :

Рис.8

Расстояние пройденное за паузу:  $L_{п} := v \cdot T_{п}$

$L_{п} = 0.7$  см

Предельное расстояние пройденное за паузу:  $L_{ппр} := L_{в} \cdot 0.5$

$L_{ппр} = 0.725$  см

Условие эффективной наплавки  $L_{п} < L_{ппр}$ .

Методика поиска предельного значения баланса (минимально возможного времени импульса). Принимаем, что минимально возможная (по рациональности) частота процесса должна быть не менее 0,25 Гц - т.е. это нижняя граница диапазона частоты. Верхняя граница диапазона частоты

нами для каждого значения тока и скорости наплавки уже найдена (см. таблицу по п. 2).

- Для каждого сочетания тока и скорости сварки (см. таблицу по п. 2) указываем диапазон частот коммутации: от 0,25 Гц до максимального по таблице п. 2 (Например, для тока 175 А и скорости 0,3 см/с - диапазон частот 0,25 - 2 Гц и т.д.)
- разбиваем диапазон на три точка - мин, макс и среднее значение. Например для диапазона 0,25 - 2 Гц. Мин - 0,25; Макс - 2; среднее - 1,125 - округляем до 1,15 (округляем до сотых с кратностью 0,05 - т.к. оборудование позволяет выставлять такие значения только с такой кратностью). Расчёт выполняем в помощью математической модели процесса.
- расчётные данные заносим в таблицу:

Таблица 2

Ток дуги, А	Скорость наплавки, см/с	Частота коммутации, Гц	Предельное значение баланса (Ти/Тп), %
150	0,1	0,25	10/90
		0,6	25/75
		1,0	50/50
	0,3	0,25	
		0,35	
		0,5	
175	0,1	И т.п.	
	0,3		
	0,5		
	0,6		
0,8			
И т.п.			

На третьем этапе проводим исследования влияния параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика. Для этого нужно рассчитать и занести в таблицу значимые для нас параметры процесса наплавки такие как глубина провара и ширина шва во всем интересующем нас диапазоне параметров режима наплавки.

Пример (начало) плана эксперимента приведено в таблице:

Таблица 3

Ток дуги, А	Скорость наплавки, см/с	Частота коммутации, Гц	Баланс процесса (Ти/Тп), %	Глубина провара, мм	Ширина шва, мм
150	0,1	0,25	90/10		
			80/20		
			70/30		
			60/40		
			50/50		
			45/55		
		0,5	90/10		
			80/20		
			70/30		
			60/40		
			50/50		
			45/55		
		1,0	90/10		
			80/20		
			70/30		
	60/40				
	50/50				
	45/55				
	0,3	0,25	90/10		
			85/15		
		И т.п.			

Т.е. для всей рациональной области режимов наплавки нужно рассчитать значения получающейся глубины провара и ширины шва.

Далее построим графики влияния параметров на глубину провара и ширину валика.

## 2.3 Проведение теоретических исследований влияния параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика

2.3.1 Поиск максимально возможной частоты коммутации тока в зависимости от силы тока и скорости наплавки. Расчёты производятся с помощью математической модели процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением, построенной в программе для инженерных расчётов MathCad 14 версии. Результаты расчётов занесены в таблицу 4 и построен график области рационального применения способа наплавки в зависимости от тока и скорости наплавки (рис.11).

Таблица 4

Ток дуги, А	Максимальная частота коммутации тока, Гц, при скорости сварки, см/с							
	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
150	1	0,5						
175	4	2	1	1	0,5			
200	10	6	2	2	1	1	0,5	
250	10	10	10	10	8	4	4	2
300	10	10	10	10	10	10	10	10
350	10	10	10	10	10	10	10	10

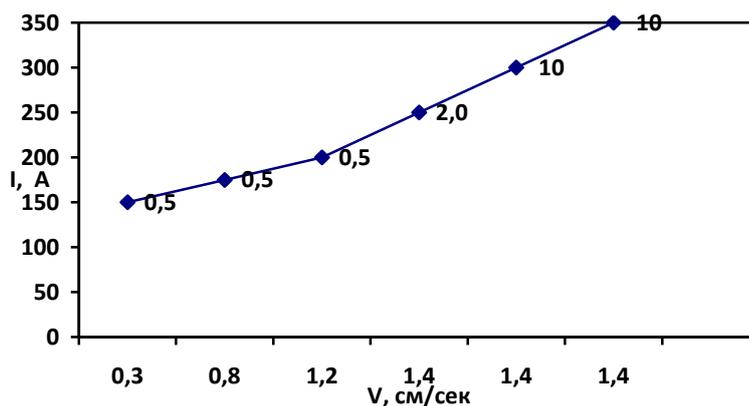


Рис. 11 Область рационального применения способа наплавки в зависимости от тока и скорости наплавки.

2.3.2 Определяем возможный и рациональный диапазон варьирования баланса процесса аргонодуговой наплавки с управляемым тепловложением.

Расчёт проводим с помощью математической модели процесса. Расчётные данные заносим в таблицу 5

Таблица 5

Ток дуги, А	Скорость наплавки, см/с	Частота коммутации, Гц	Предельное значение баланса (Гн/Гп), %	
150	0,1	0,25	25/75	
		0,6	30/70	
		1,0	30/70	
	0,3	0,25	70/30	
		0,35	60/40	
		0,5	50/50	
175	0,1	0,25	20/80	
		2,15	20/80	
		4	30/70	
	0,3	0,25	70/30	
		1,15	55/45	
		2	30/70	
	0,5	0,25	80/20	
		0,6	65/35	
		1,0	50/50	
	0,6	0,25	90/10	
		0,6	75/25	
		1,0	60/40	
	0,8	0,25	90/10	
		0,35	85/15	
		0,5	80/20	
	200	0,1	0,25	20/80
			5,15	25/75
			10	30/70
		0,3	0,25	60/40
			3,15	45/55
			6	25/75
		0,5	0,25	80/20
			1,15	55/45
			2	30/70
0,6		0,25	80/20	
		1,15	55/45	
		2	30/70	
0,8		0,25	90/10	
		0,6	75/25	
		1,0	60/40	
1,0		0,25	90/10	
		0,6	80/20	
		1,0	65/35	
1,2		0,25	90/10	
		0,35	90/10	
		0,5	95/5	

Продолжение таблицы 5

250	0,1	0,25	<i>10/90</i>	
		5,15	<i>15/85</i>	
		10	<i>20/80</i>	
	0,3	0,25	<i>50/50</i>	
		5,15	<i>35/65</i>	
		10	<i>20/80</i>	
	0,5	0,25	<i>80/20</i>	
		5,15	<i>50/50</i>	
		10	<i>20/80</i>	
	0,6	0,25	<i>80/20</i>	
		5,15	<i>50/50</i>	
		10	<i>20/80</i>	
	0,8	0,25	<i>80/20</i>	
		4,15	<i>55/45</i>	
		8	<i>20/80</i>	
	1,0	0,25	<i>90/10</i>	
		2,15	<i>55/45</i>	
		4	<i>20/80</i>	
	1,2	0,25	<i>90/10</i>	
		2,15	<i>60/40</i>	
		4	<i>30/70</i>	
	1,4	0,25	<i>95/5</i>	
		1,15	<i>70/30</i>	
		2	<i>50/50</i>	
300	0,1	0,25	<i>5/95</i>	
		5,15	<i>15/85</i>	
		10	<i>20/80</i>	
	0,3	0,25	<i>60/40</i>	
		5,15	<i>25/75</i>	
		10	<i>20/80</i>	
	0,5	0,25	<i>70/30</i>	
		5,15	<i>60/40</i>	
		10	<i>50/50</i>	
	0,6	0,25	<i>80/20</i>	
		5,15	<i>50/50</i>	
		10	<i>20/80</i>	
	0,8	0,25	<i>90/10</i>	
		5,15	<i>35/65</i>	
		10	<i>55/45</i>	
	1,0	0,25	<i>90/10</i>	
		5,15	<i>50/50</i>	
		10	<i>20/80</i>	
	1,2	0,25	<i>90/10</i>	
		5,15	<i>55/45</i>	
		10	<i>20/80</i>	
	1,4	0,25	<i>95/5</i>	
		5,15	<i>50/50</i>	
		10	<i>55/45</i>	
	350	0,1	0,25	<i>10/90</i>
			5,15	<i>20/80</i>
			10	<i>5/95</i>

Продолжение таблицы 5

	0,3	0,25	<i>50/50</i>
		5,15	<i>20/80</i>
		10	<i>10/90</i>
	0,5	0,25	<i>60/40</i>
		5,15	<i>35/65</i>
		10	<i>10/90</i>
	0,6	0,25	<i>70/30</i>
		5,15	<i>40/60</i>
		10	<i>10/90</i>
	0,8	0,25	<i>85/15</i>
		5,15	<i>40/60</i>
		10	<i>10/90</i>
	1,0	0,25	<i>90/10</i>
		5,15	<i>30/70</i>
		10	<i>35/65</i>
1,2	0,25	<i>90/10</i>	
	5,15	<i>50/50</i>	
	10	<i>10/90</i>	
1,4	0,25	<i>90/10</i>	
	5,15	<i>50/50</i>	
	10	<i>10/90</i>	

2.3.3 Рассчитываем и заносим в таблицу 6 значимые для нас параметры процесса наплавки, такие как глубина провара и ширина шва во всем интересующем нас диапазоне параметров режима наплавки. Более расширенные таблицы с вычислениями приведены в Приложении к данной работе (табл.13-19).

Таблица 6

Ток дуги, А	Скорость наплавки, см/с	Частота коммутации, Гц	Предельное значение баланса (Тн/Тп), %	Глубина провара, мм	Ширина шва, мм
150	0,1	0,25	<i>45/55</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
		0,6	<i>45/55</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
		1,0	<i>50/50</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>
	0,3	0,25	<i>85/15</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
		0,35	<i>80/20</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
		0,5	<i>70/30</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
175	0,1	0,25	<i>35/75</i>	<i>0,1</i>	<i>0,5</i>
		2,15	<i>40/60</i>	<i>0,05</i>	<i>0,1</i>
		4	<i>60/40</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
	0,3	0,25	<i>80/20</i>	<i>0,1</i>	<i>0,6</i>
		1,15	<i>55/45</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
		2	<i>60/40</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
	0,5	0,25	<i>90/10</i>	<i>0,1</i>	<i>0,5</i>
		0,6	<i>80/20</i>	<i>0,05</i>	<i>0,5</i>
		1,0	<i>70/30</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>

Продолжение таблицы 6

	0,6	0,25	<i>95/5</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>	
		0,6	<i>85/15</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>	
		1,0	<i>80/20</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>	
	0,8	0,25	<i>95/5</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
		0,35	<i>95/5</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
		0,5	<i>95/5</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
200	0,1	0,25	<i>30/70</i>	<i>0,1</i>	<i>0,6</i>	
		5,15	<i>45/55</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
		10	<i>50/50</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>	
	0,3	0,25	<i>75/25</i>	<i>0,15</i>	<i>0,7</i>	
		3,15	<i>45/55</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>	
		6	<i>50/50</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>	
	0,5	0,25	<i>85/15</i>	<i>0,1</i>	<i>0,6</i>	
		1,15	<i>55/45</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>	
		2	<i>50/50</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
	0,6	0,25	<i>90/10</i>	<i>0,1</i>	<i>0,6</i>	
		1,15	<i>65/35</i>	<i>0,05</i>	<i>0,5</i>	
		2	<i>60/40</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>	
	0,8	0,25	<i>90/10</i>	<i>0,1</i>	<i>0,5</i>	
		0,6	<i>85/15</i>	<i>0,05</i>	<i>0,5</i>	
		1,0	<i>75/25</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>	
	1,0	0,25	<i>95/5</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>	
		0,6	<i>85/15</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>	
		1,0	<i>85/15</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>	
	1,2	0,25	<i>96/4</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
		0,35	<i>95/5</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
		0,5	<i>95/5</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
	250	0,1	0,25	<i>20/80</i>	<i>0,1</i>	<i>0,7</i>
			5,15	<i>30/70</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
			10	<i>35/65</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>
0,3		0,25	<i>65/35</i>	<i>0,2</i>	<i>0,9</i>	
		5,15	<i>35/65</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
		10	<i>45/55</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
0,5		0,25	<i>80/20</i>	<i>0,15</i>	<i>0,8</i>	
		5,15	<i>40/60</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>	
		10	<i>50/50</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
0,6		0,25	<i>85/15</i>	<i>0,15</i>	<i>0,7</i>	
		5,15	<i>45/55</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
		10	<i>50/50</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>	
0,8		0,25	<i>90/10</i>	<i>0,15</i>	<i>0,7</i>	
		4,15	<i>55/45</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>	
		8	<i>70/30</i>	<i>0,05</i>	<i>0,5</i>	
1,0		0,25	<i>95/5</i>	<i>0,1</i>	<i>0,6</i>	
		2,15	<i>55/45</i>	<i>0,05</i>	<i>0,5</i>	
		4	<i>50/50</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
1,2		0,25	<i>95/5</i>	<i>0,1</i>	<i>0,5</i>	
		2,15	<i>60/40</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>	
		4	<i>55/45</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>	
1,4		0,25	<i>96/4</i>	<i>0,1</i>	<i>0,5</i>	
		1,15	<i>80/20</i>	<i>0,1</i>	<i>0,5</i>	
		2	<i>70/30</i>	<i>0,1</i>	<i>0,5</i>	

Продолжение таблицы 6

300	0,1	0,25	<i>15/85</i>	<i>0,15</i>	<i>0,8</i>
		5,15	<i>25/75</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
		10	<i>30/70</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
	0,3	0,25	<i>60/40</i>	<i>0,25</i>	<i>1,0</i>
		5,15	<i>25/75</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>
		10	<i>20/80</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
	0,5	0,25	<i>75/25</i>	<i>0,25</i>	<i>0,9</i>
		5,15	<i>30/70</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
		10	<i>35/65</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>
	0,6	0,25	<i>85/15</i>	<i>0,2</i>	<i>0,9</i>
		5,15	<i>30/70</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>
		10	<i>45/55</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
	0,8	0,25	<i>90/10</i>	<i>0,2</i>	<i>0,8</i>
		5,15	<i>35/65</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
		10	<i>55/45</i>	<i>0,05</i>	<i>0,5</i>
	1,0	0,25	<i>90/10</i>	<i>0,15</i>	<i>0,7</i>
		5,15	<i>40/60</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
		10	<i>45/55</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>
	1,2	0,25	<i>95/5</i>	<i>0,15</i>	<i>0,7</i>
		5,15	<i>45/55</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
		10	<i>50/50</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
	1,4	0,25	<i>95/5</i>	<i>0,1</i>	<i>0,6</i>
		5,15	<i>50/50</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
		10	<i>55/45</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
350	0,1	0,25	<i>10/90</i>	<i>0,15</i>	<i>0,8</i>
		5,15	<i>20/80</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
		10	<i>25/75</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
	0,3	0,25	<i>55/45</i>	<i>0,3</i>	<i>1,1</i>
		5,15	<i>20/80</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>
		10	<i>25/75</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>
	0,5	0,25	<i>75/25</i>	<i>0,3</i>	<i>1,0</i>
		5,15	<i>25/75</i>	<i>0,1</i>	<i>0,7</i>
		10	<i>30/70</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
	0,6	0,25	<i>80/20</i>	<i>0,25</i>	<i>1,0</i>
		5,15	<i>25/75</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
		10	<i>30/70</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>
	0,8	0,25	<i>85/15</i>	<i>0,25</i>	<i>0,9</i>
		5,15	<i>30/70</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
		10	<i>35/65</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
	1,0	0,25	<i>90/10</i>	<i>0,2</i>	<i>0,8</i>
		5,15	<i>30/70</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
		10	<i>35/65</i>	<i>0,05</i>	<i>0,2</i>
	1,2	0,25	<i>95/5</i>	<i>0,15</i>	<i>0,8</i>
		5,15	<i>35/65</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
		10	<i>40/60</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>
	1,4	0,25	<i>95/5</i>	<i>0,15</i>	<i>0,7</i>
		5,15	<i>40/60</i>	<i>0,05</i>	<i>0,4</i>
		10	<i>40/60</i>	<i>0,05</i>	<i>0,3</i>

Строим графики влияния параметров на глубину провара и ширину валика (Рис. 12-80).

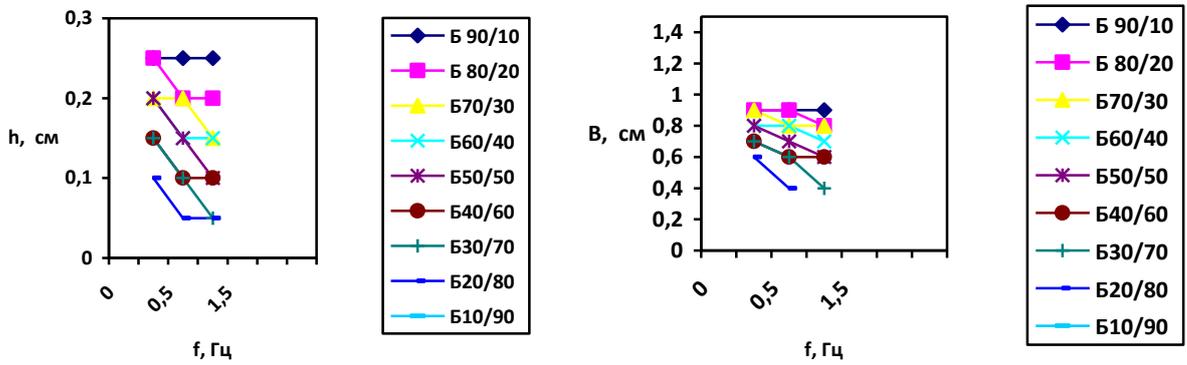


Рис. 12 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=150A$ ,  $V_{св}=0,1$  см/сек

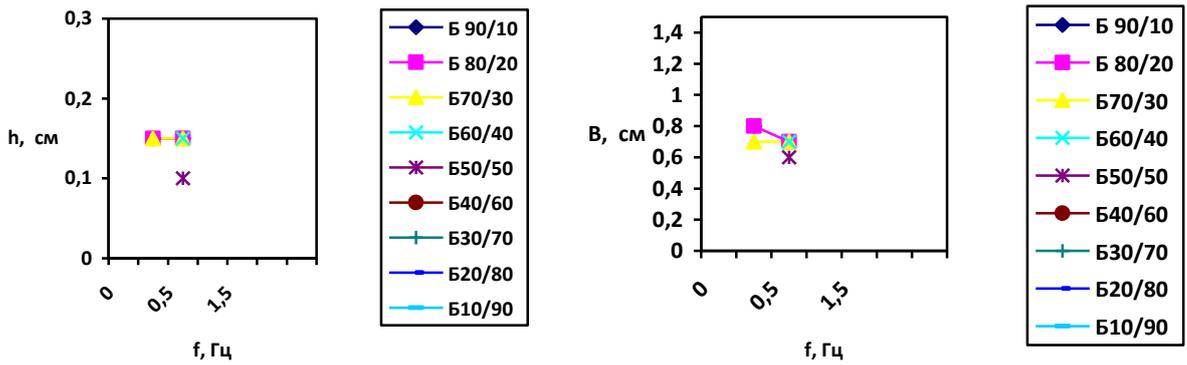


Рис. 13 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=150A$ ,  $V_{св}=0,3$  см/с

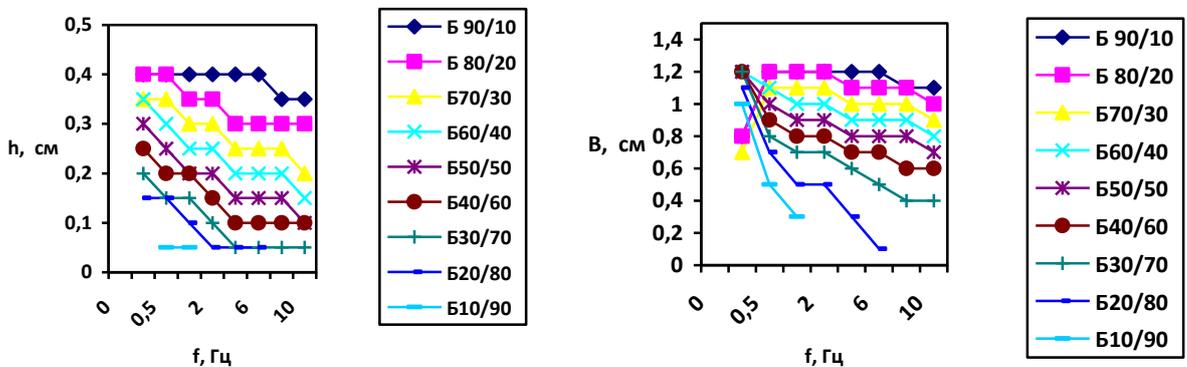


Рис. 14 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=200\text{A}$ ,  $V_{CB}=0,1\text{ см/с}$

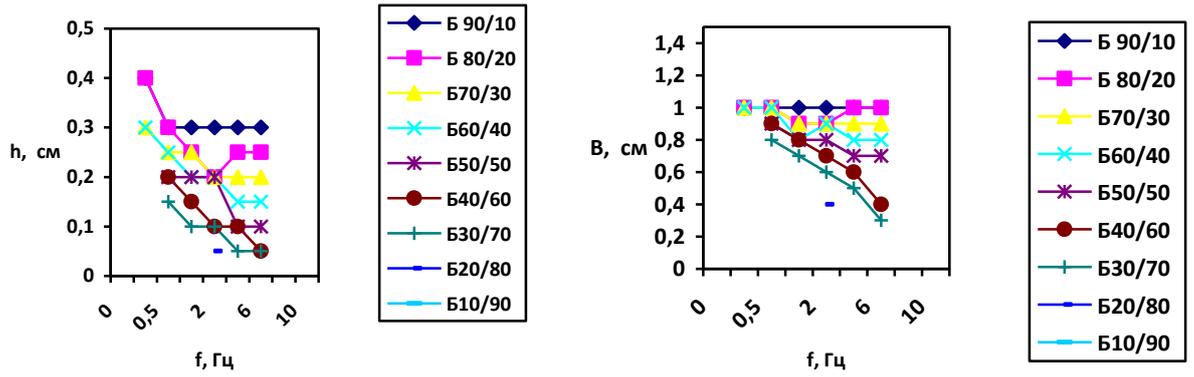


Рис. 15 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=200\text{A}$ ,  $V_{CB}=0,3\text{ см/с}$

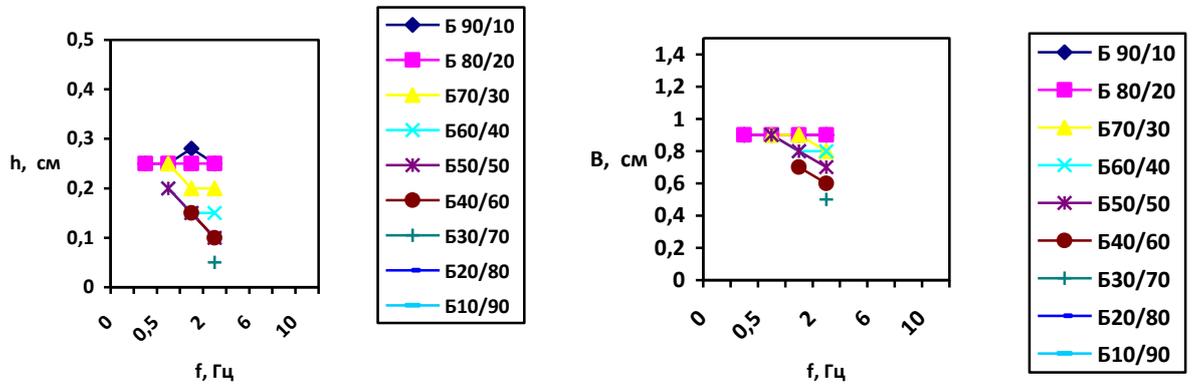


Рис. 16 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=200\text{A}$ ,  $V_{CB}=0,5\text{ см/с}$

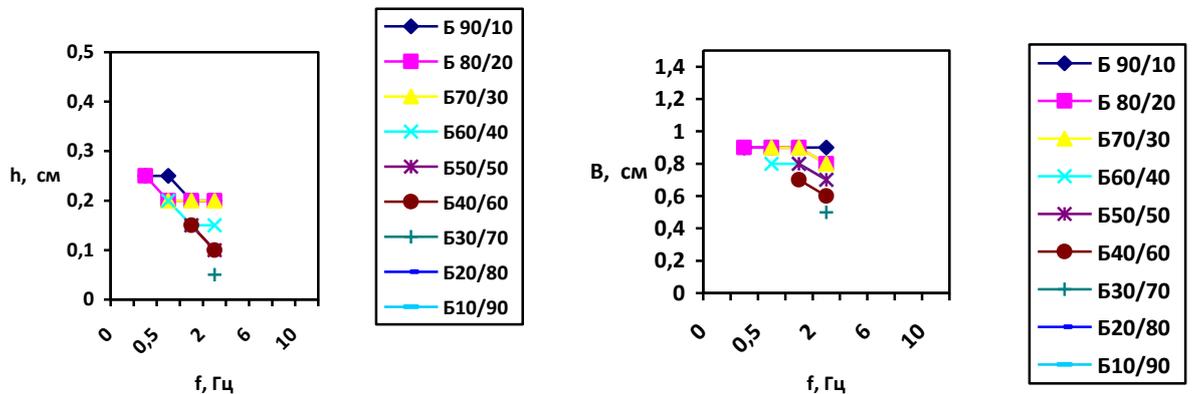


Рис. 17 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=200\text{A}$ ,  $V_{CB}=0,6\text{ см/с}$

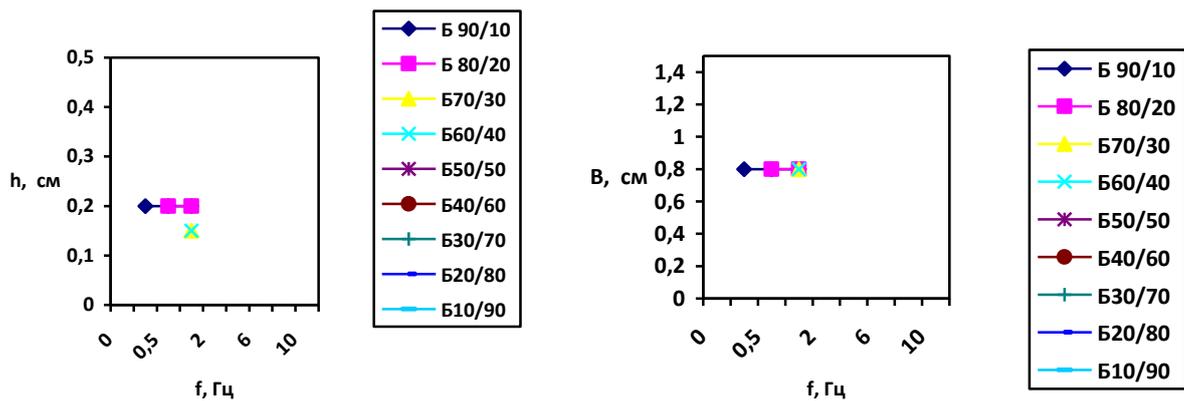


Рис. 18 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=200\text{A}$ ,  $V_{cb}=0,8\text{ см/с}$

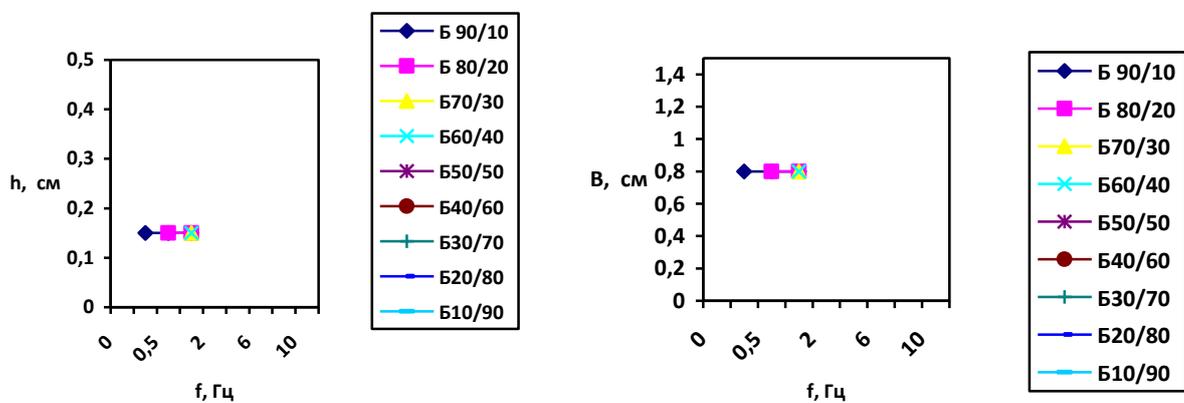


Рис. 19 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=200\text{A}$ ,  $V_{cb}=1,0\text{ см/с}$

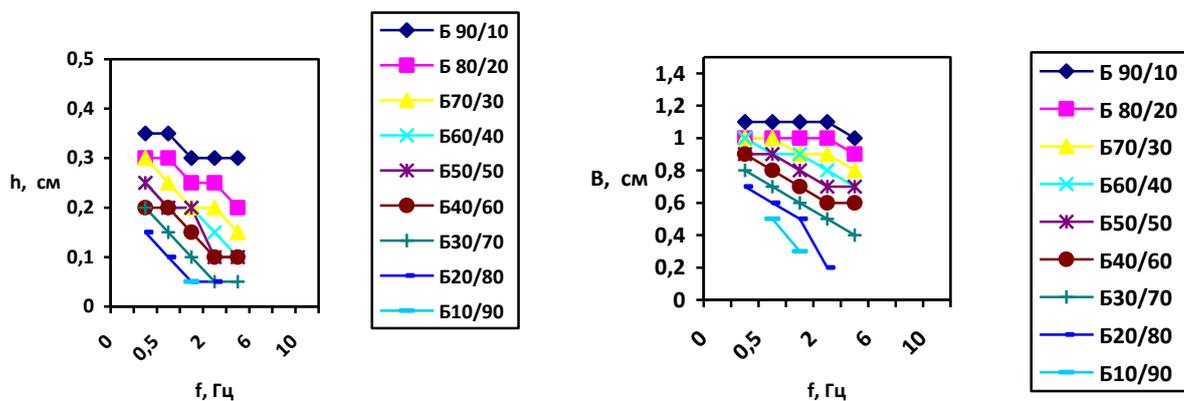


Рис. 20 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=175\text{A}$ ,  $V_{cb}=0,1\text{ см/с}$

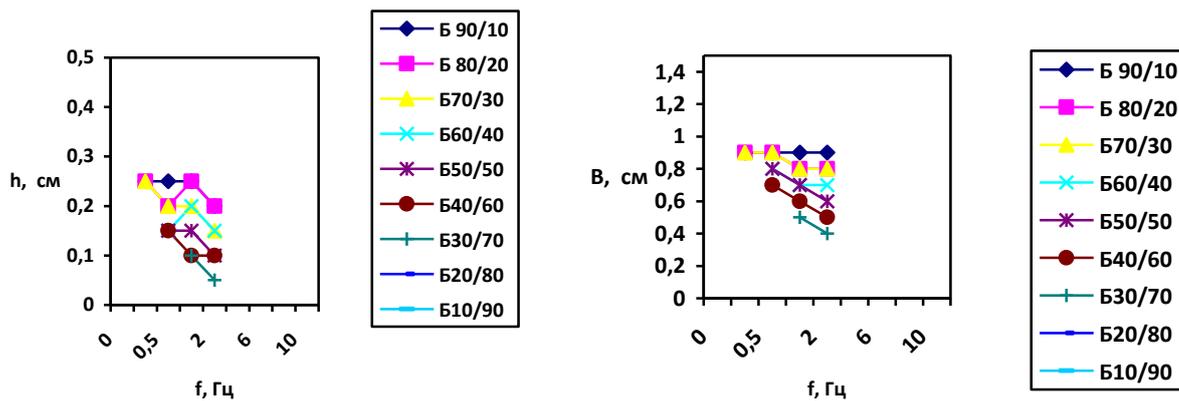


Рис.21 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=175A, V_{св}=0,3 \text{ см/с}$

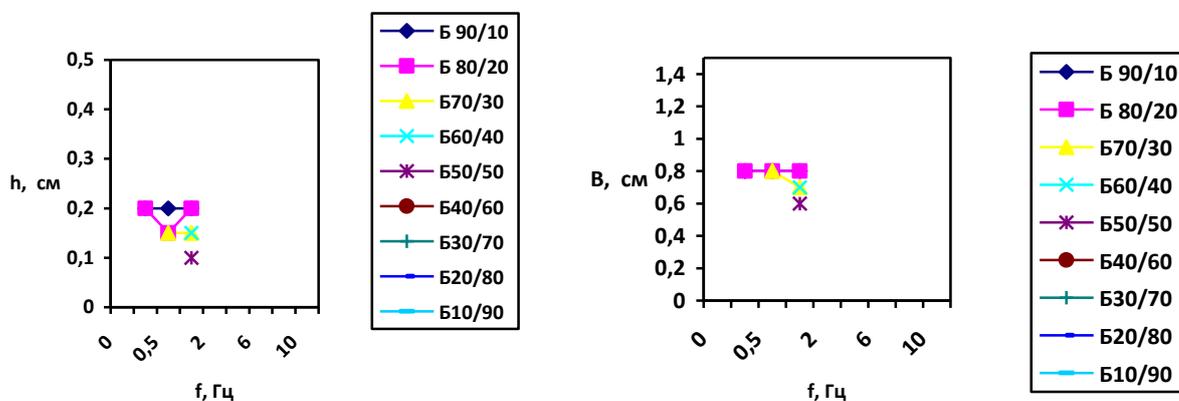


Рис. 22 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=175A, V_{св}=0,5 \text{ см/с}$

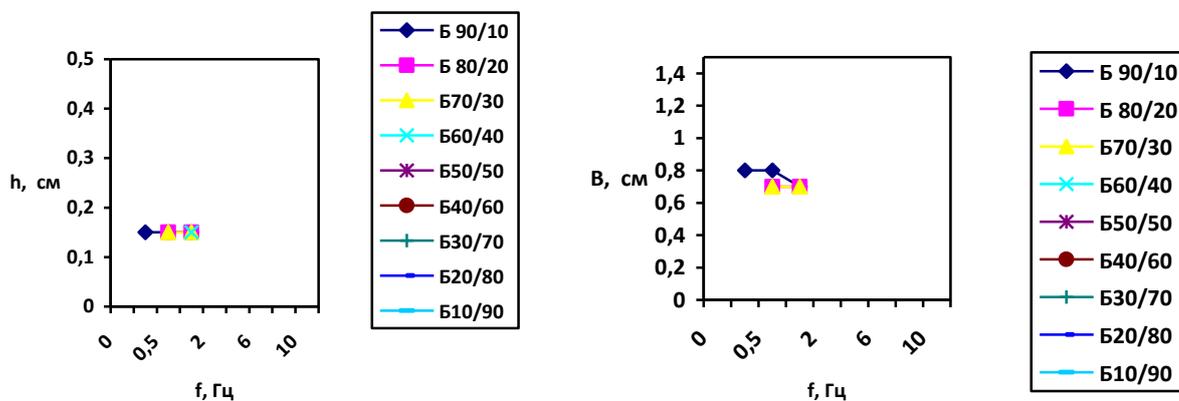


Рис.23 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=175A, V_{св}=0,6 \text{ см/с}$

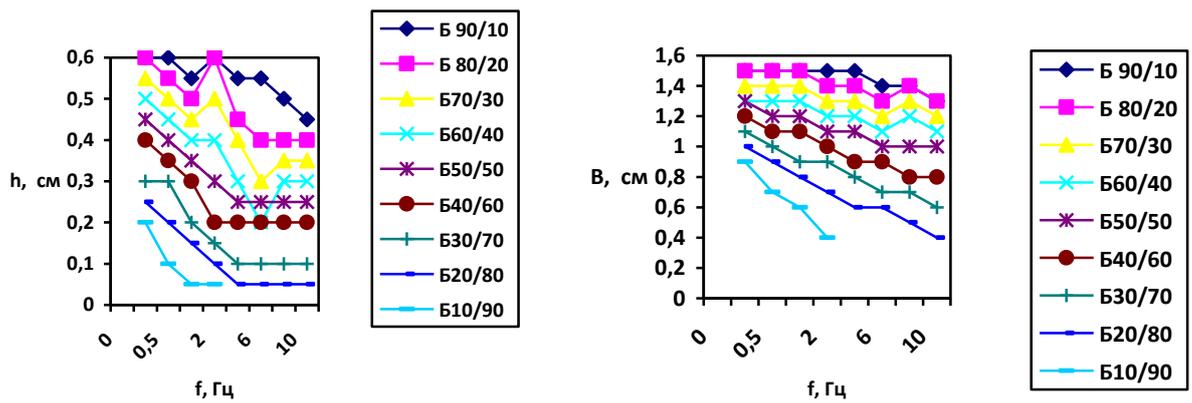


Рис.24 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=0,1 \text{ см/с}$

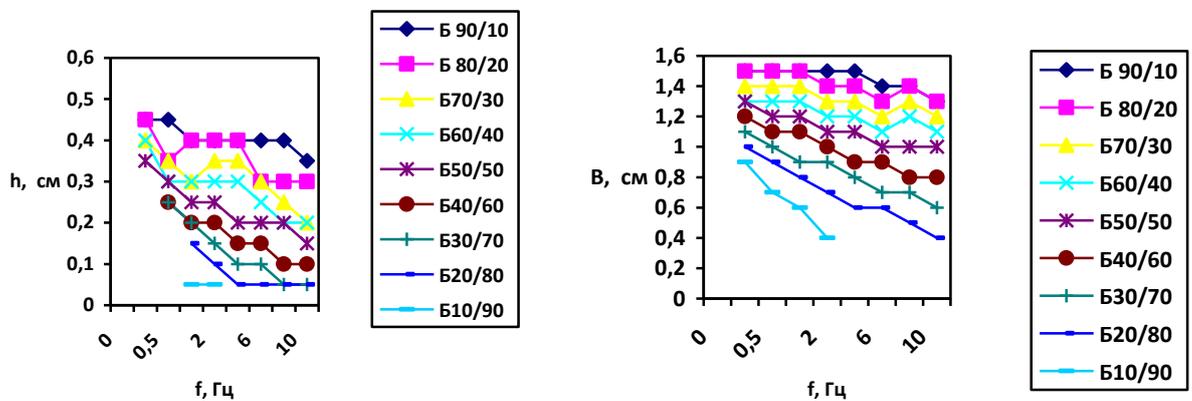


Рис. 25 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=0,3 \text{ см/с}$

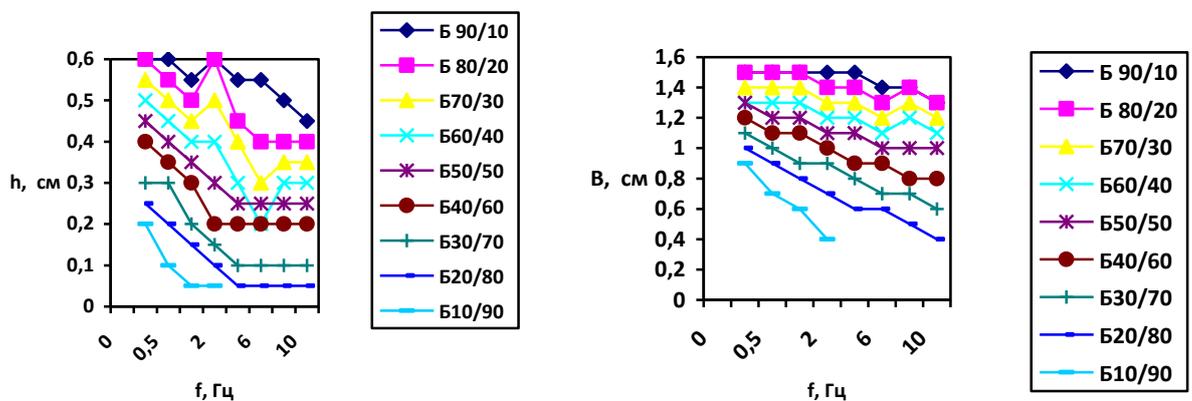


Рис. 26 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=0,1 \text{ см/с}$

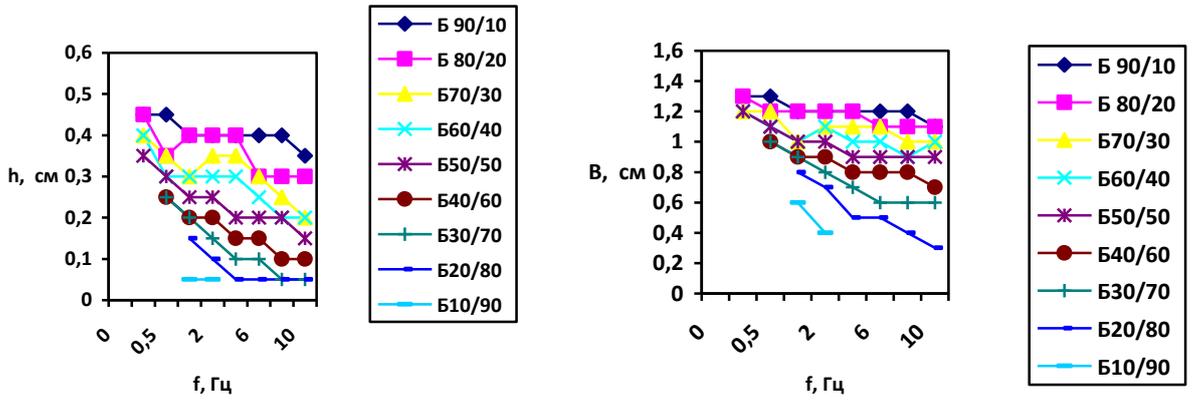


Рис. 27 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=0,3 \text{ см/с}$

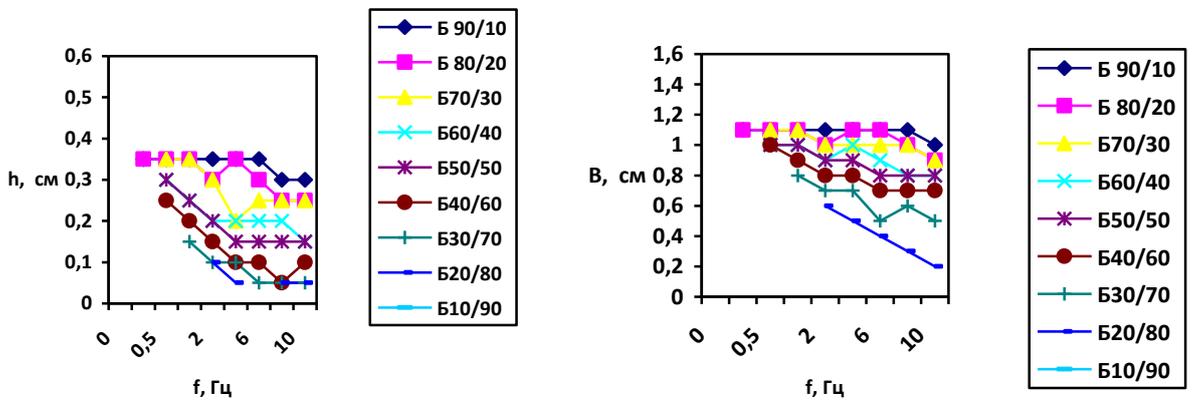


Рис.28 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=0,5 \text{ см/с}$

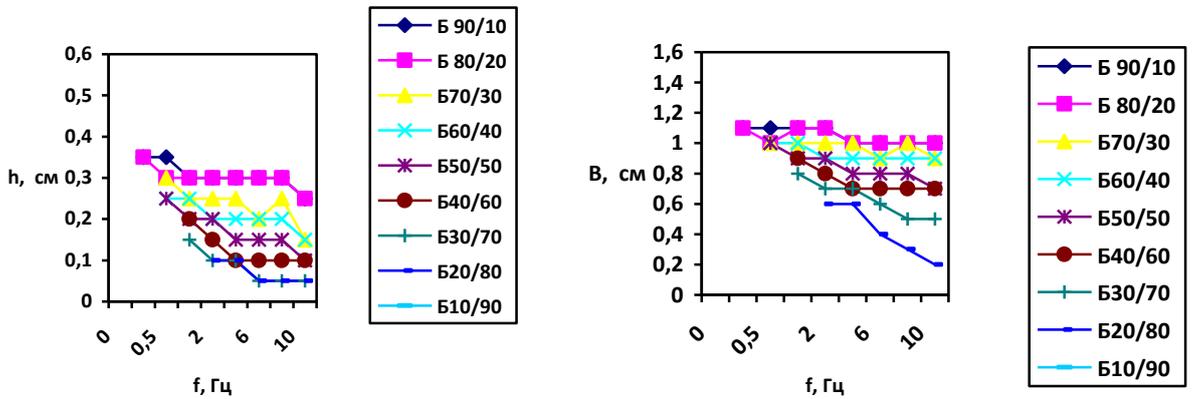


Рис.29 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=0,6 \text{ см/с}$

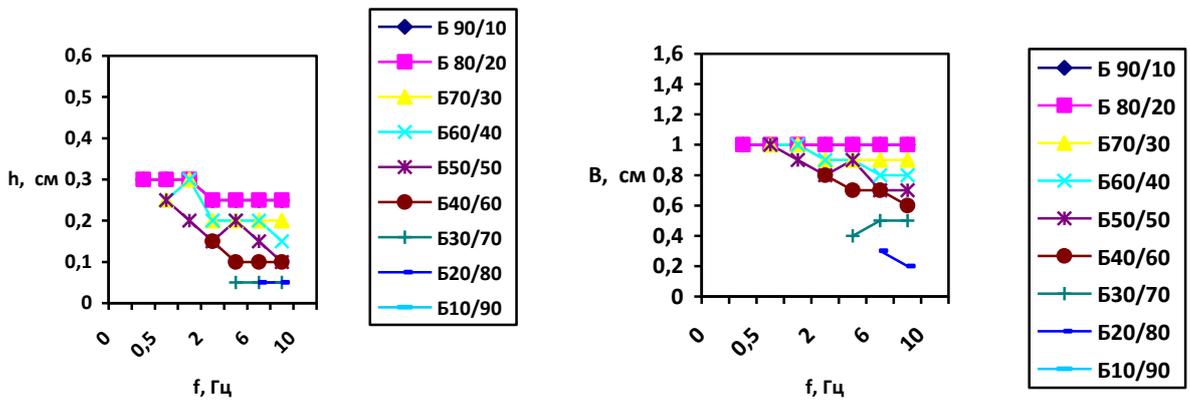


Рис.30 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{cb}=0,8 \text{ см/с}$

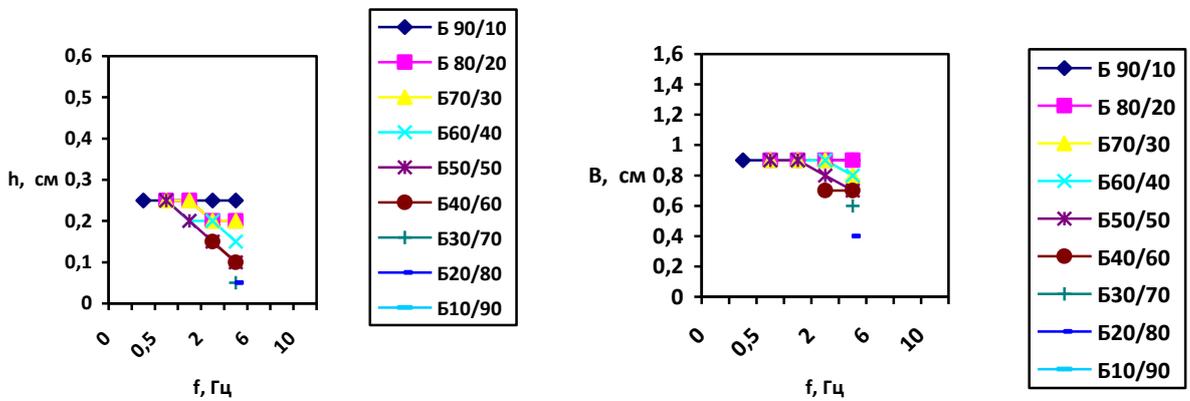


Рис.31 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{cb}=1,0 \text{ см/с}$

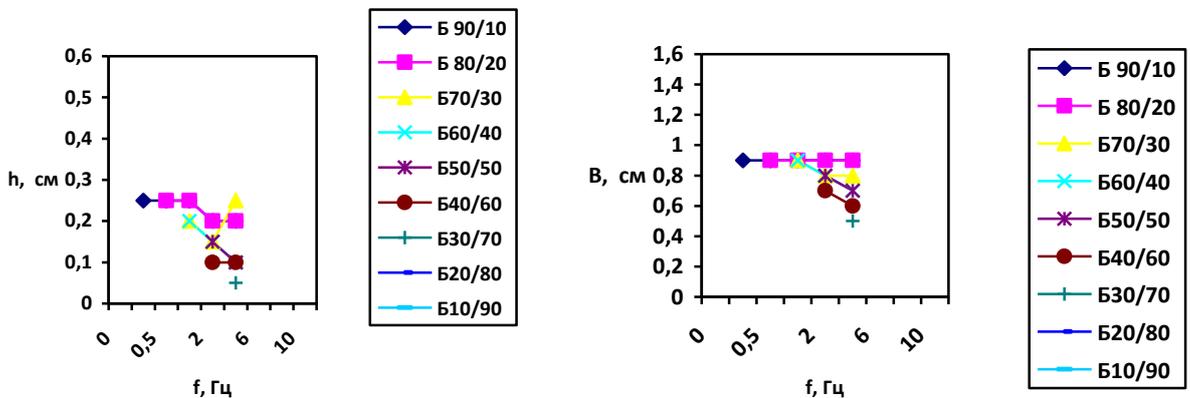


Рис. 32 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{cb}=1,2 \text{ см/с}$

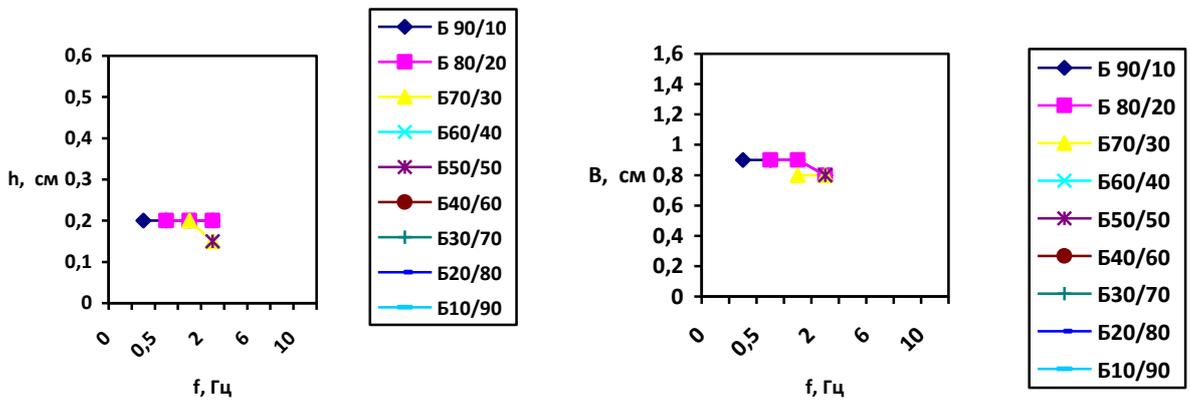


Рис.33 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I = 250\text{A}$ ,  $V_{св} = 1,4 \text{ см/с}$

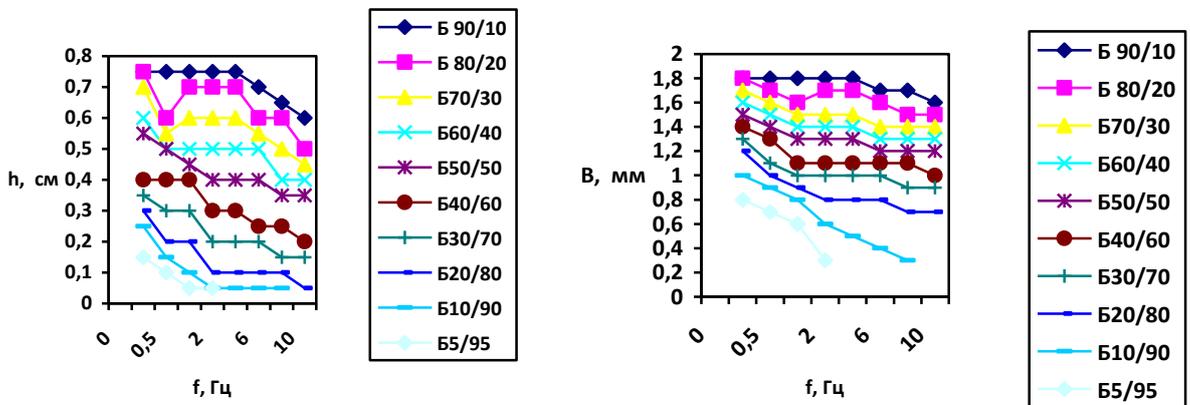


Рис.34 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I = 300\text{A}$ ,  $V_{св} = 0,1 \text{ см/с}$

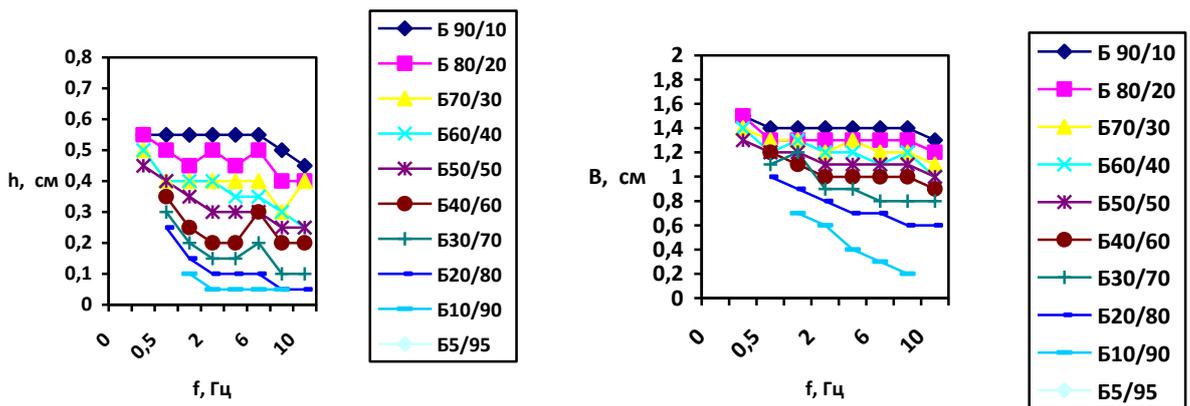


Рис. 35 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I = 300\text{A}$ ,  $V_{св} = 0,3 \text{ см/с}$

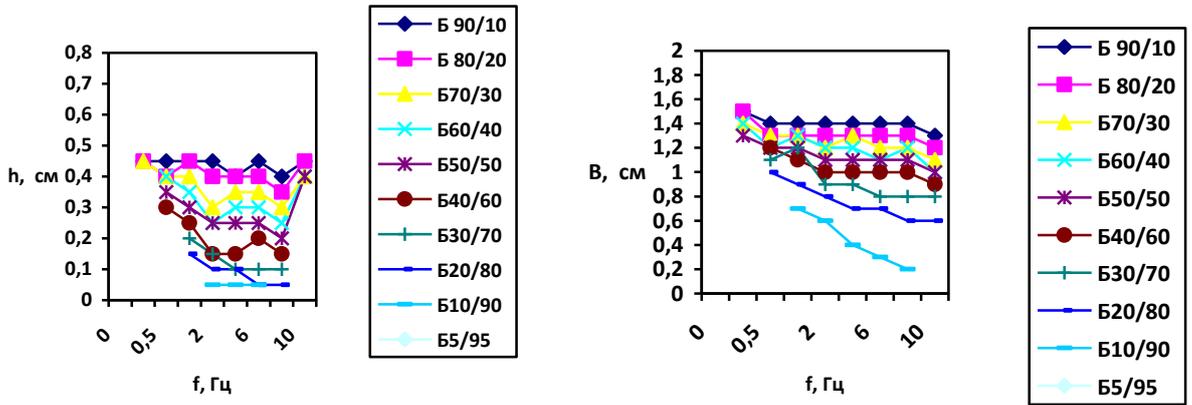


Рис. 36 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=300\text{A}$ ,  $V_{св}=0,5\text{ см/с}$

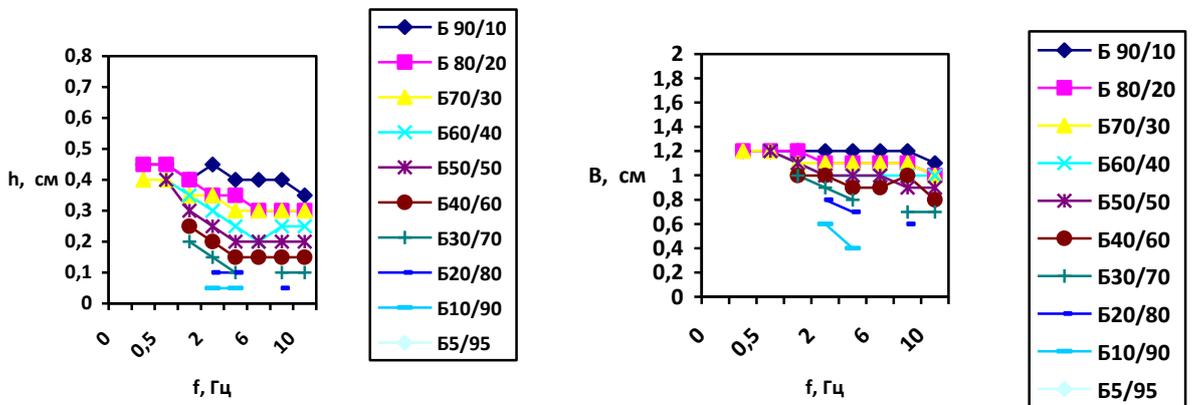


Рис. 37 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=300\text{A}$ ,  $V_{св}=0,6\text{ см/с}$

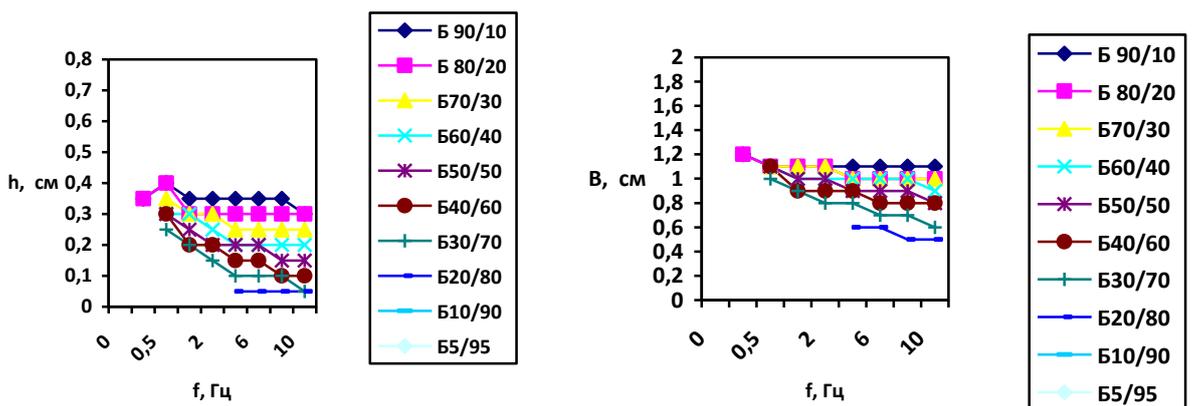


Рис. 38 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=300\text{A}$ ,  $V_{св}=0,8\text{ см/с}$

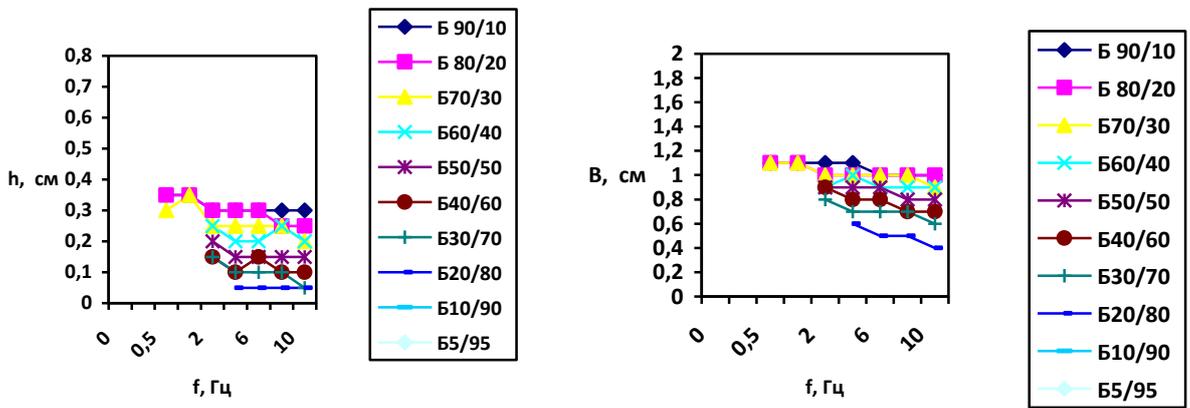


Рис. 39 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=300A$ ,  $V_{св}=1,0$  см/с

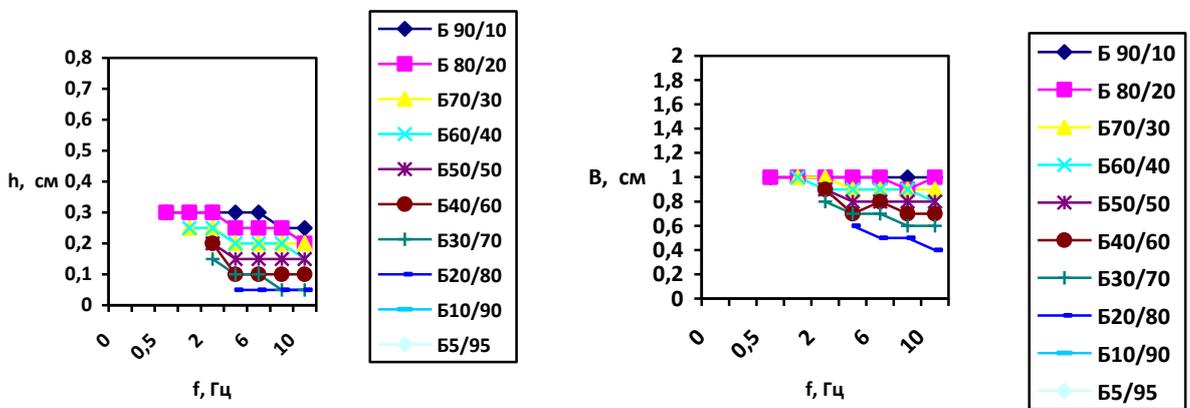


Рис.40 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=300A$ ,  $V_{св}=1,2$  см/с

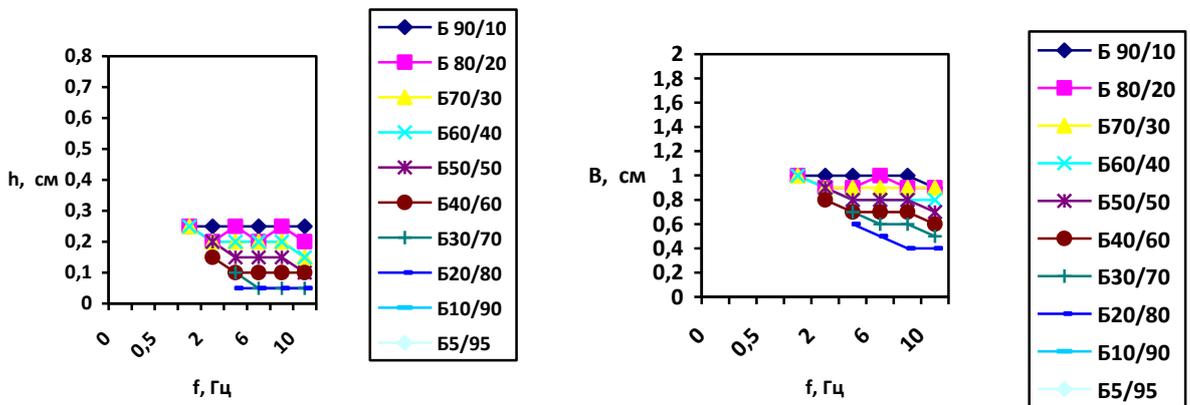


Рис. 41 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I=300A$ ,  $V_{св}=1,4$  см/с

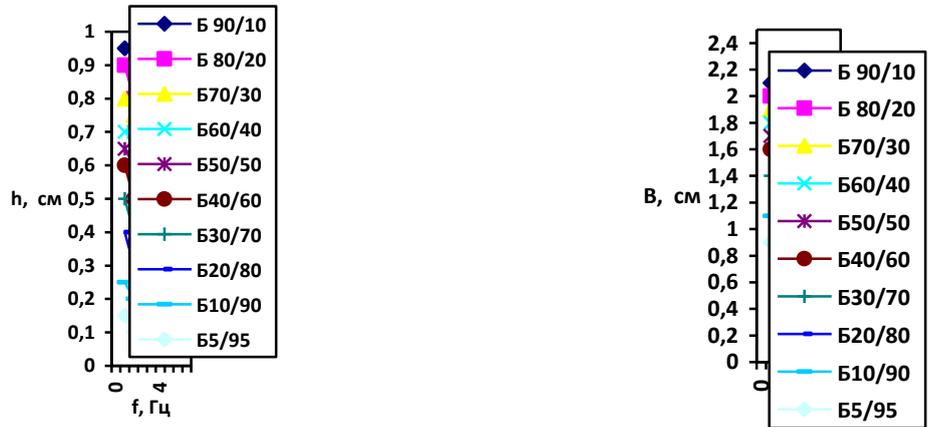


Рис. 42 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I = 350\text{A}$ ,  $V_{\text{св}} = 0,1 \text{ см/с}$

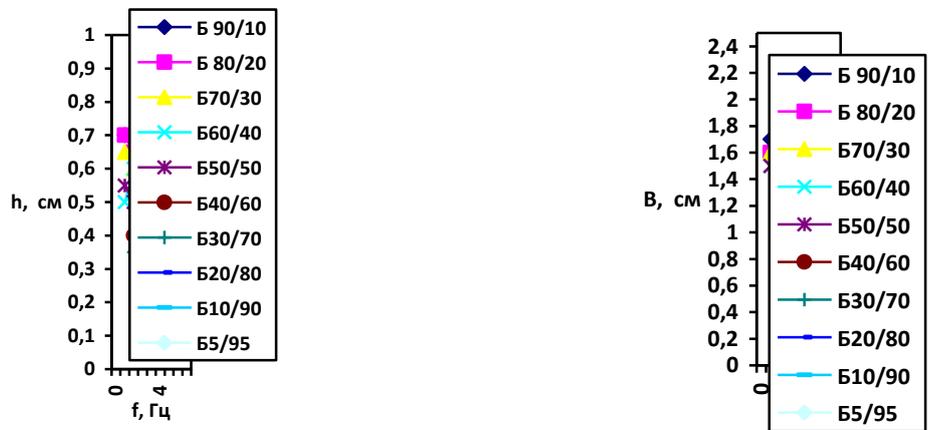


Рис. 43 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I = 350\text{A}$ ,  $V_{\text{св}} = 0,3 \text{ см/с}$

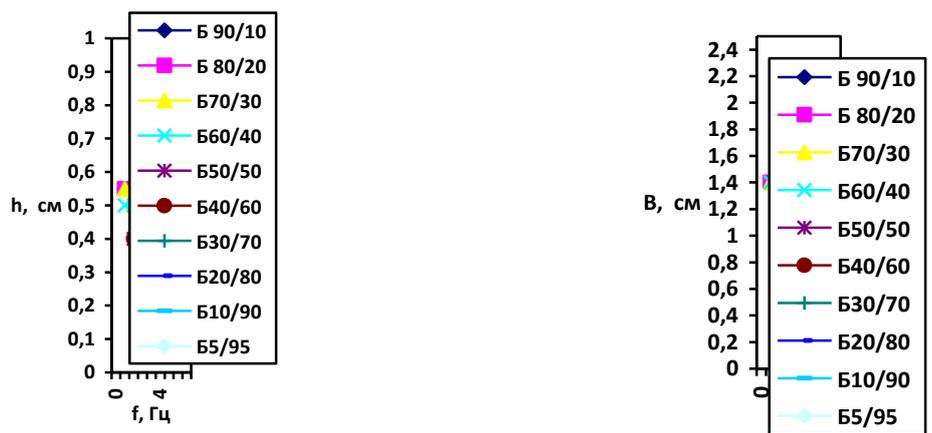


Рис. 44 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I = 350\text{A}$ ,  $V_{\text{св}} = 0,5 \text{ см/с}$

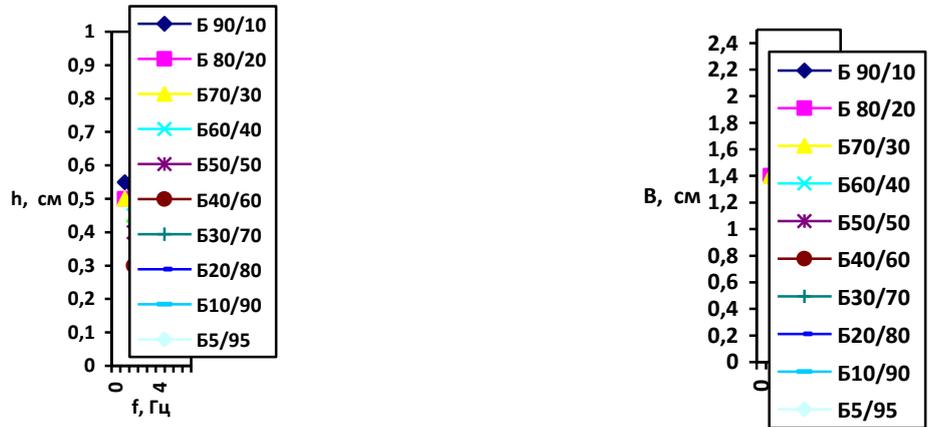


Рис. 45 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I = 350\text{A}$ ,  $V_{\text{св}} = 0,6 \text{ см/с}$

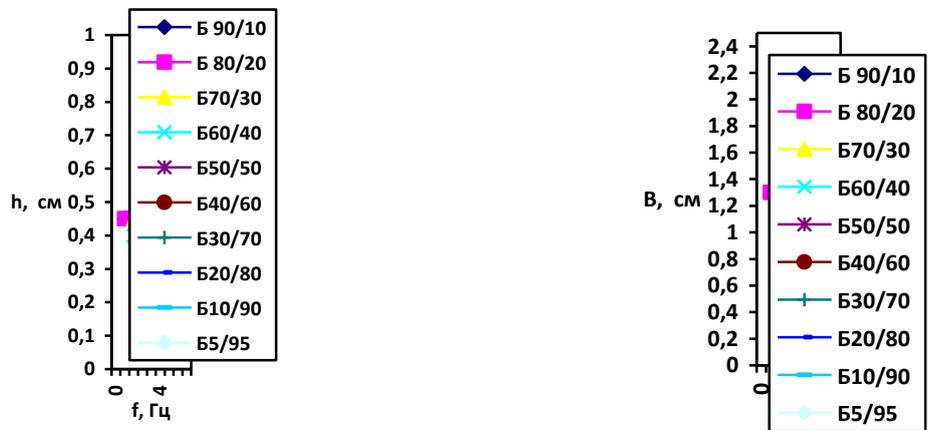


Рис. 46 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I = 350\text{A}$ ,  $V_{\text{св}} = 0,8 \text{ см/с}$

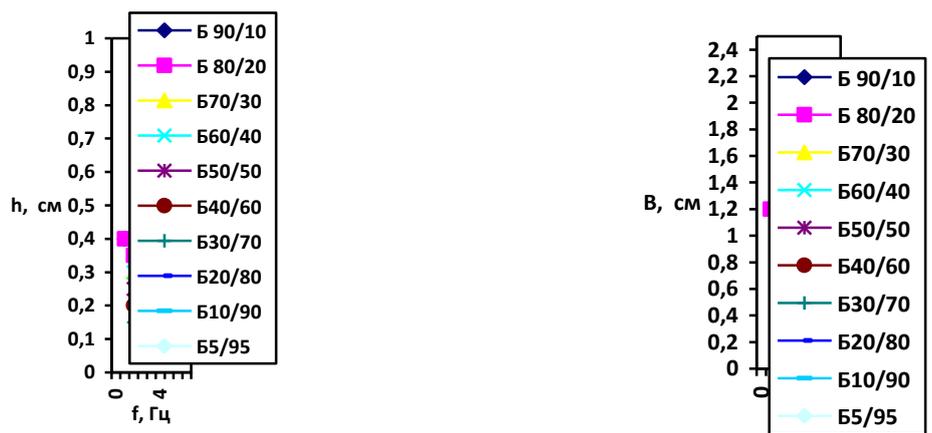


Рис. 47 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I = 350\text{A}$ ,  $V_{\text{св}} = 1,0 \text{ см/с}$

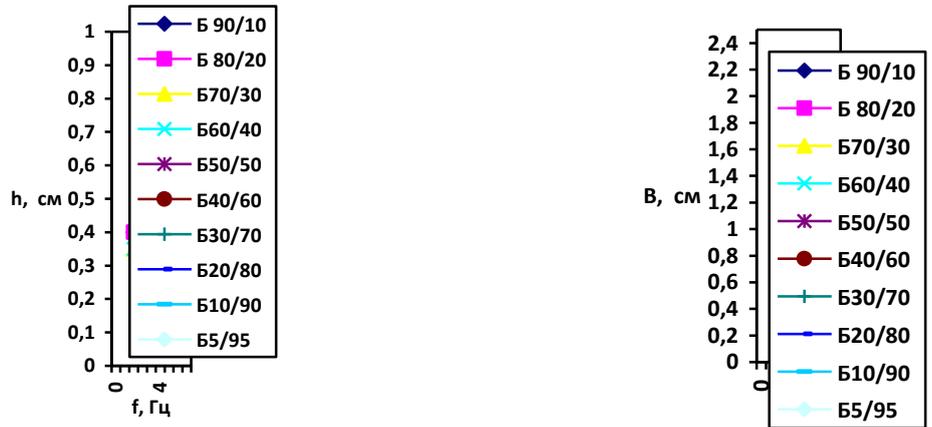


Рис. 48 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I = 350\text{A}$ ,  $V_{\text{св}} = 1,2 \text{ см/с}$

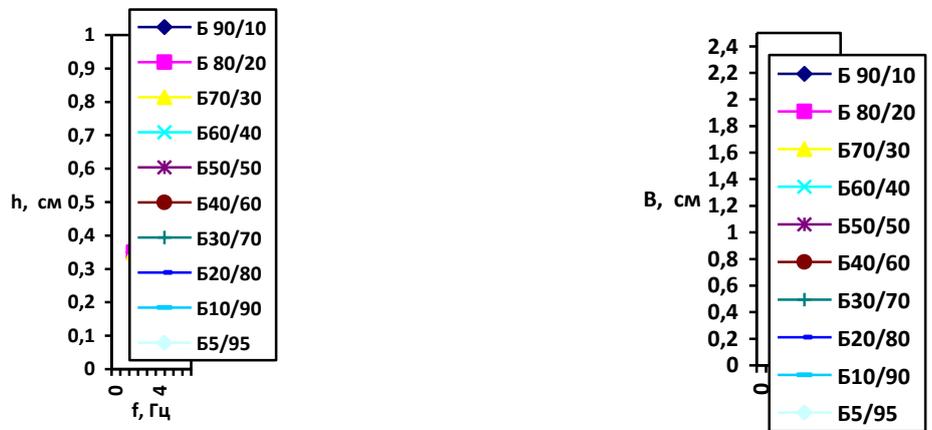


Рис.49 Влияние частоты коммутации на глубину провара и ширину шва

$I = 350\text{A}$ ,  $V_{\text{св}} = 1,4 \text{ см/с}$

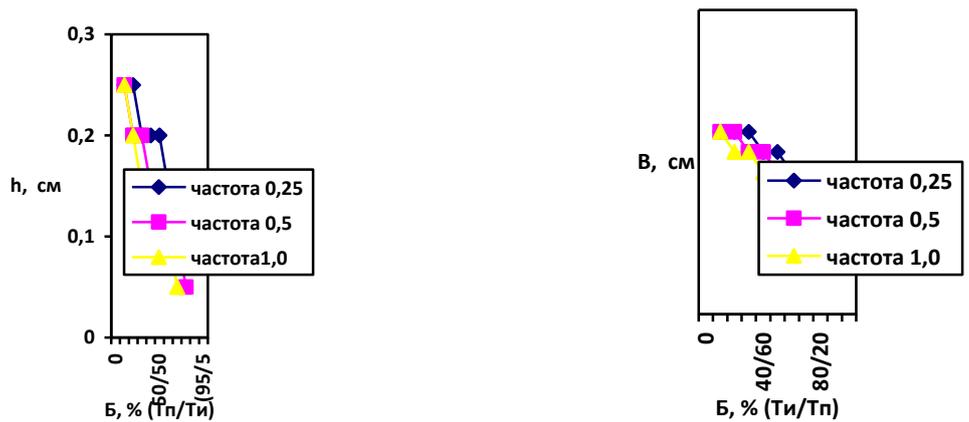


Рис.50 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I = 150\text{A}$ ,  $V_{\text{св}} = 0,1 \text{ см/сек}$

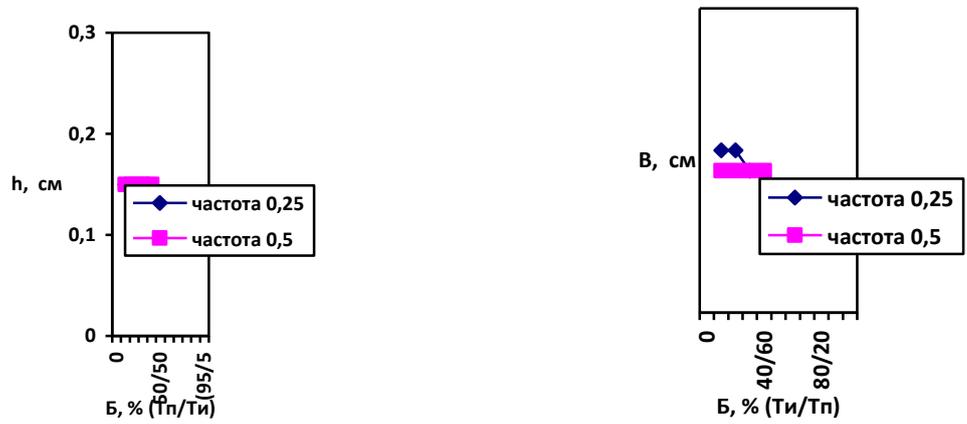


Рис. 51 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=150A$ ,  $V_{св}=0,3$  см/сек

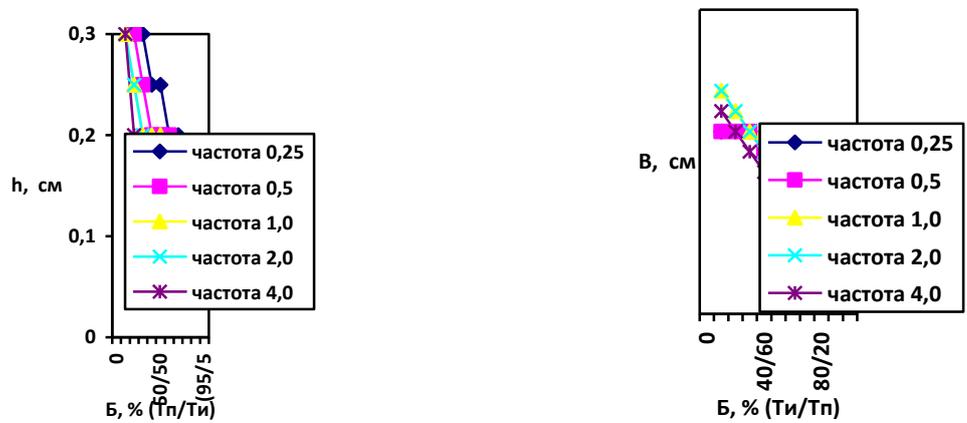


Рис. 52 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=175A$ ,  $V_{св}=0,1$  см/сек

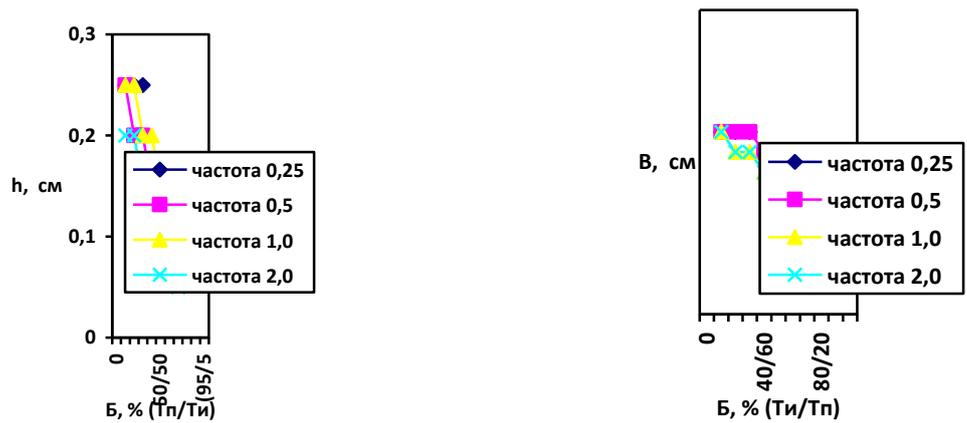


Рис. 53 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=175A$ ,  $V_{св}=0,3$  см/сек

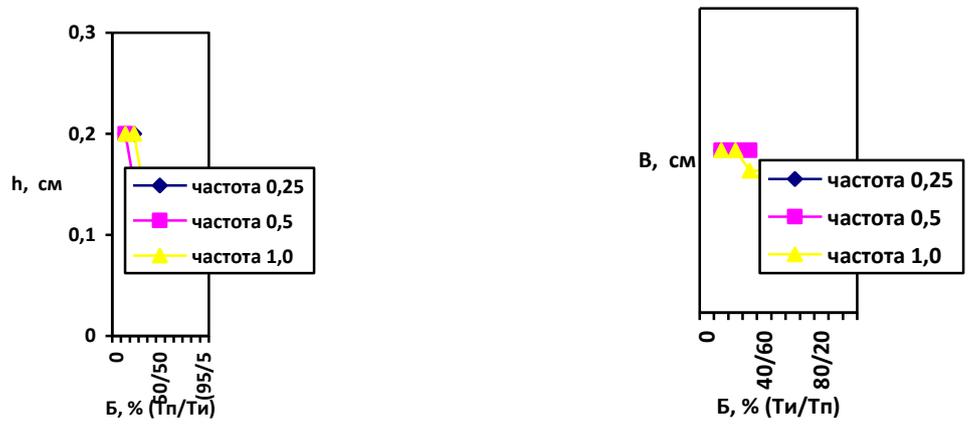


Рис. 54 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=175A, V_{св}=0,5$  см/сек

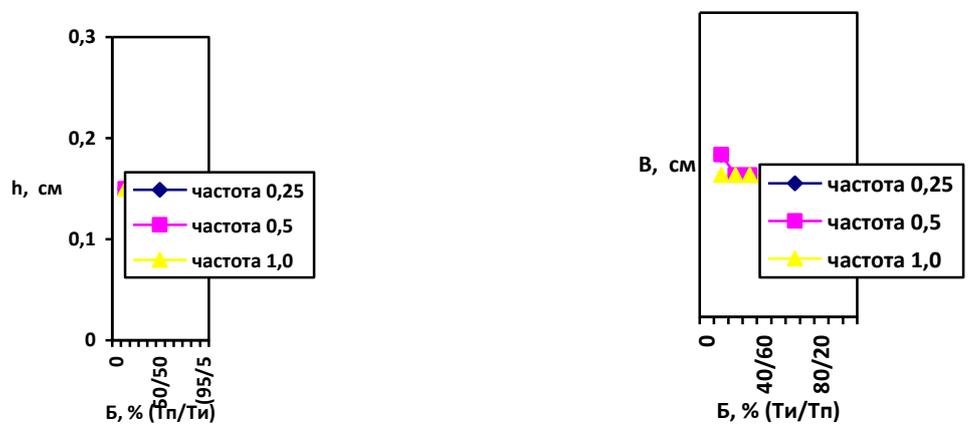


Рис.55 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=175A, V_{св}=0,6$  см/сек

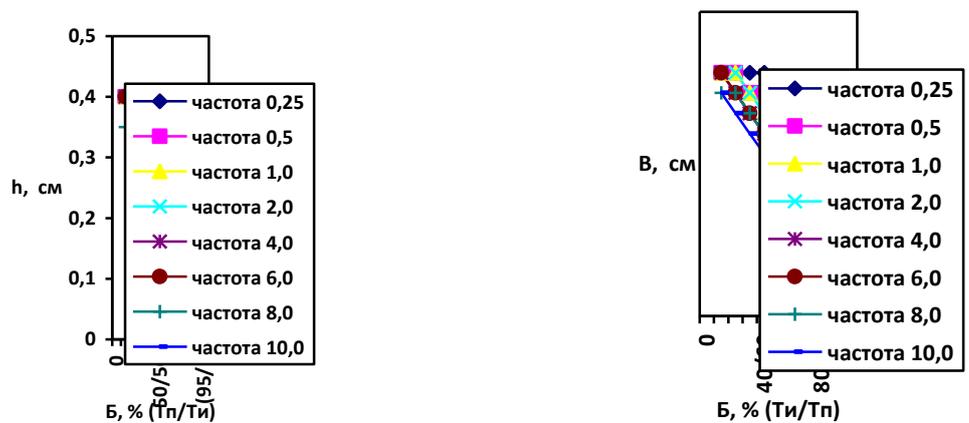


Рис.56 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=200A, V_{св}=0,1$  см/сек

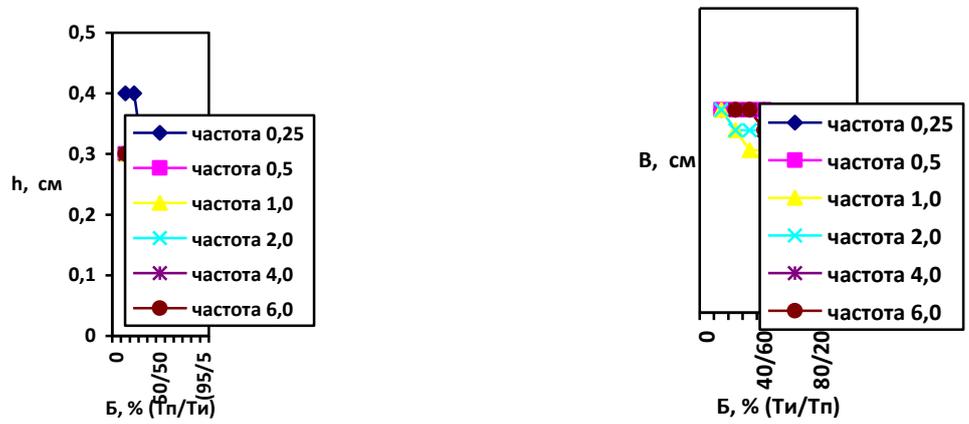


Рис. 57 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=200A, V_{св}=0,3 \text{ см/сек}$

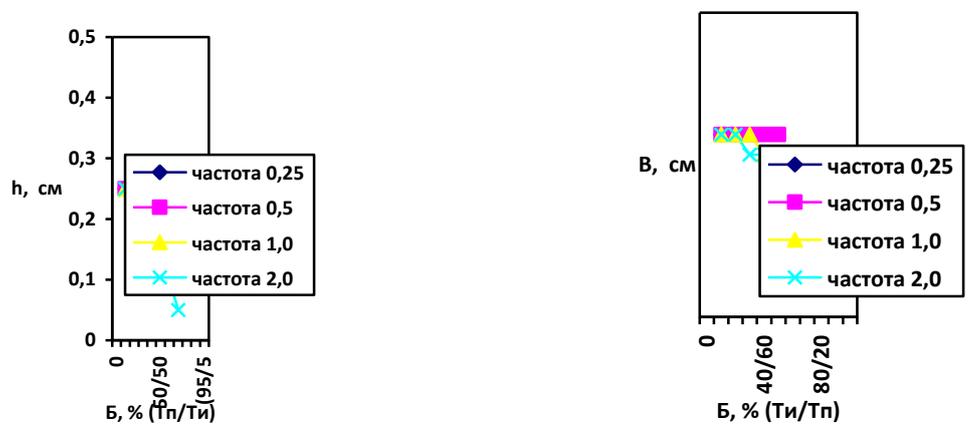


Рис. 58 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=200A, V_{св}=0,5 \text{ см/сек}$

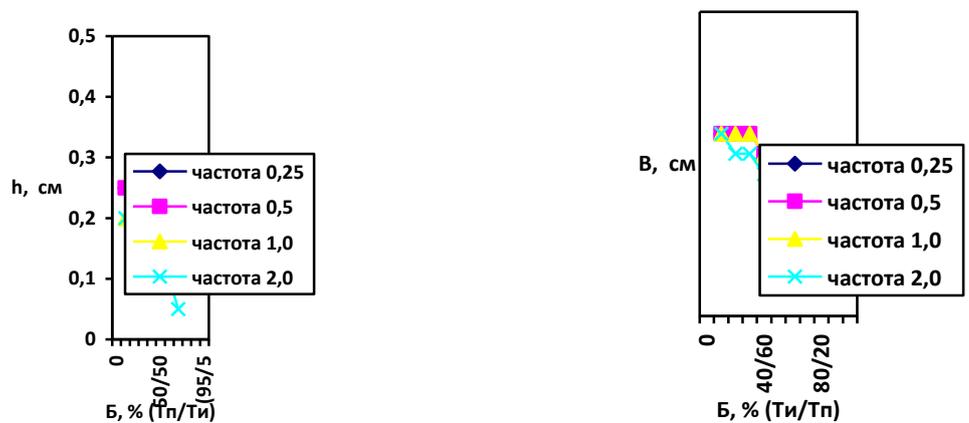


Рис. 59 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=200A, V_{св}=0,6 \text{ см/сек}$

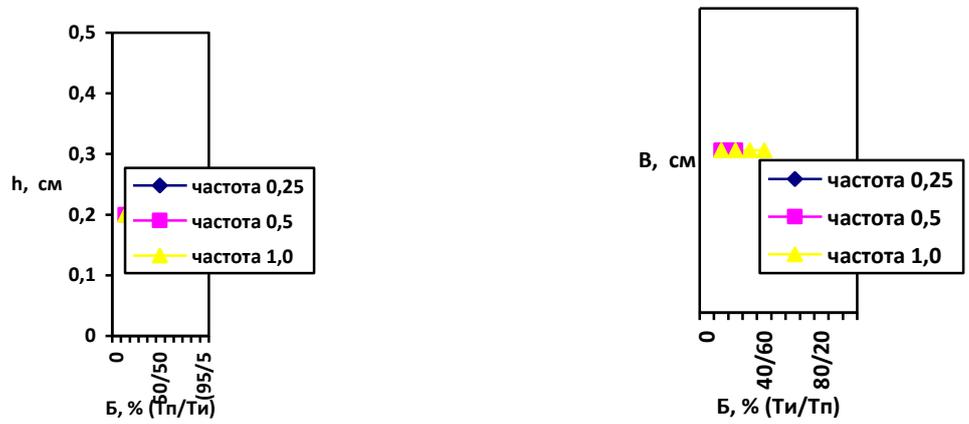


Рис. 60 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=200A, V_{св}=0,8$  см/сек

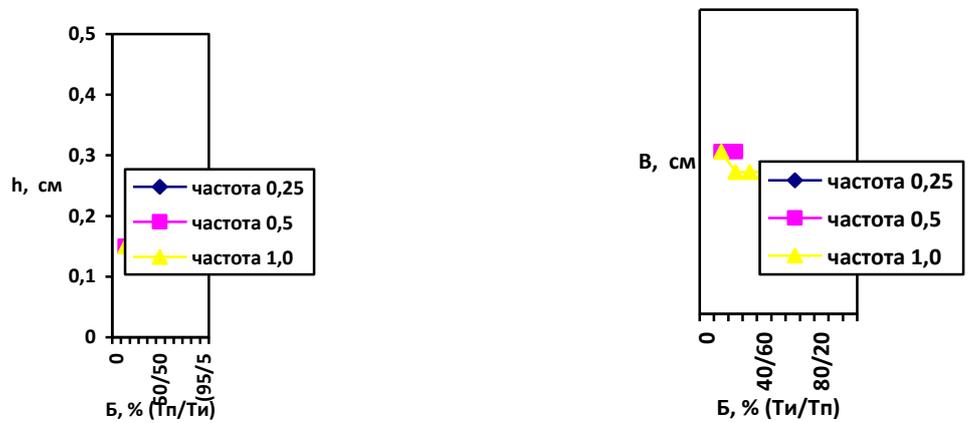


Рис.61 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=200A, V_{св}=1,0$  см/сек

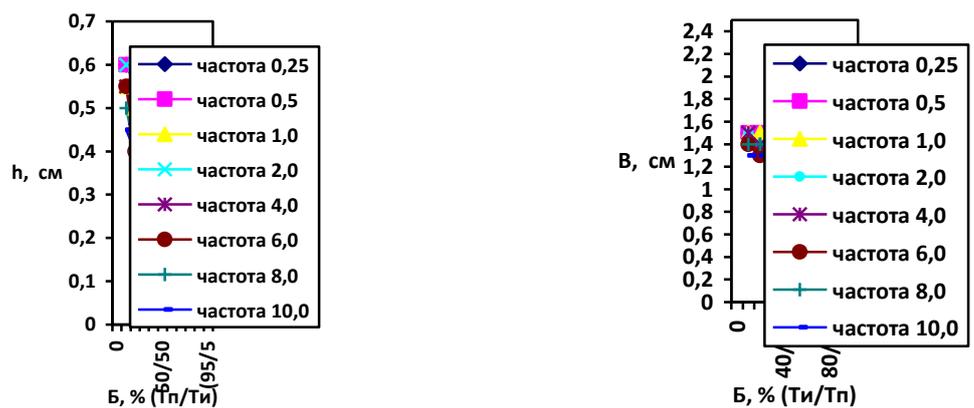


Рис.62 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=0,1$  см/сек

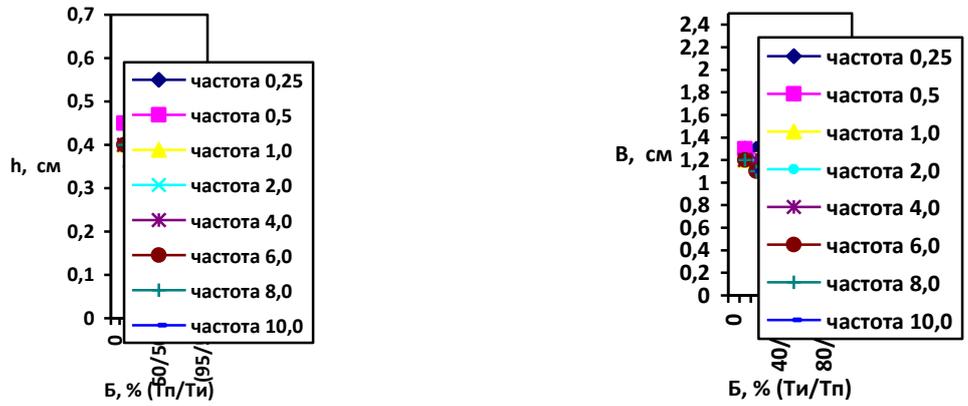


Рис.63 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=0,3$  см/сек

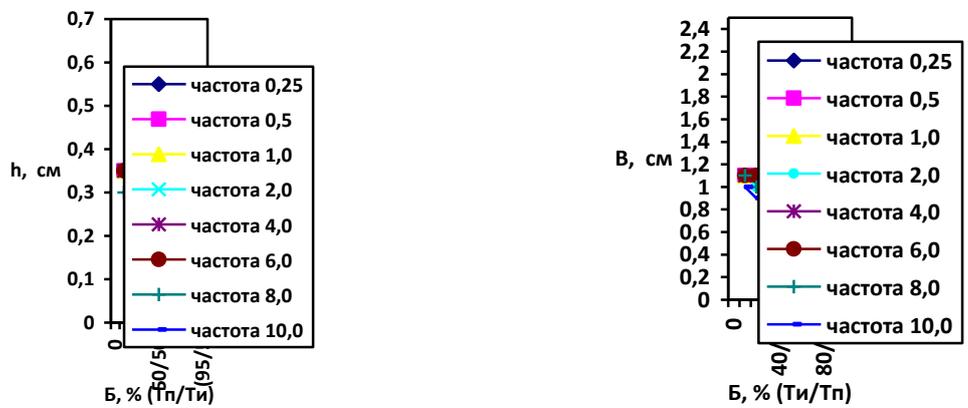


Рис.64 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=0,5$  см/сек

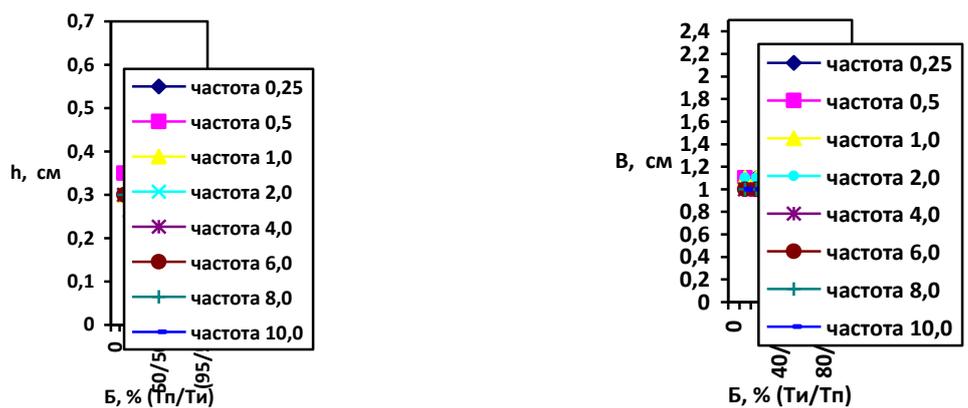


Рис.65 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=0,6$  см/сек

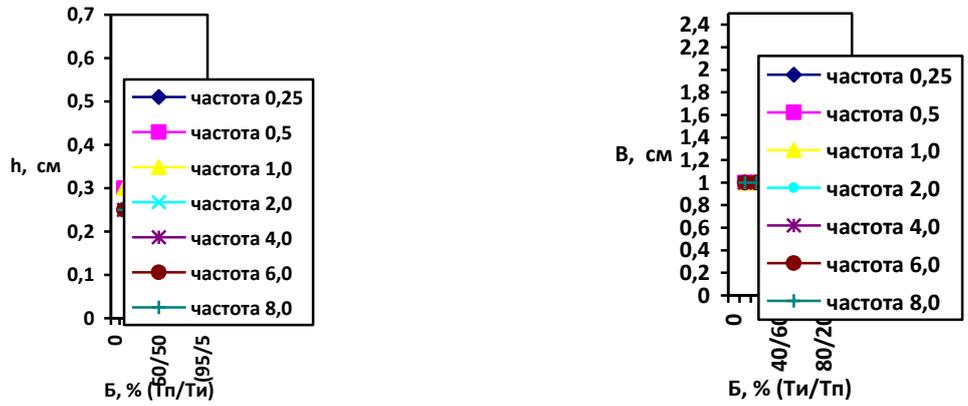


Рис.66 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=0,8$  см/сек

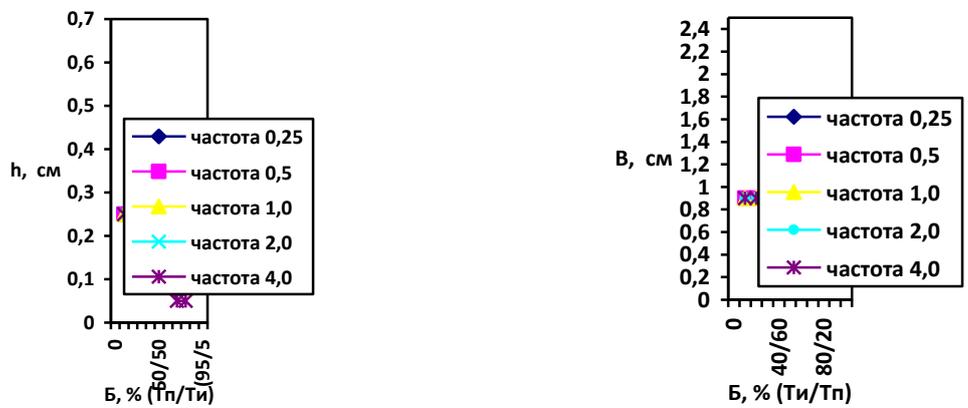


Рис. 67 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=1,0$  см/сек

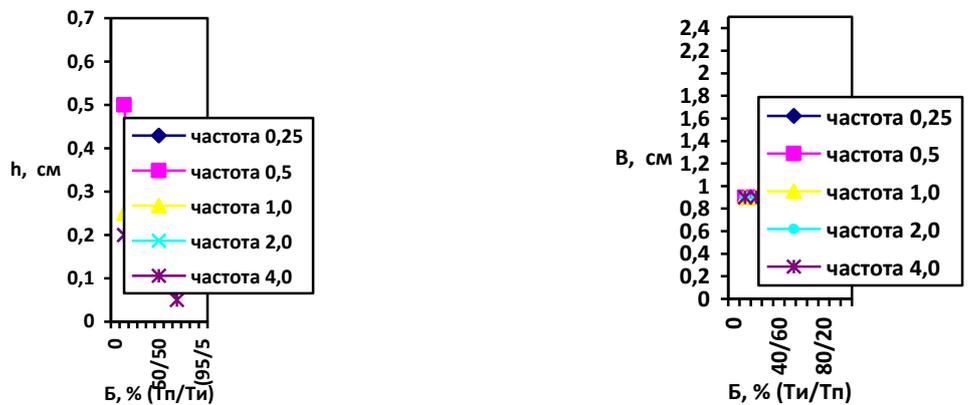


Рис. 68 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=1,2$  см/сек

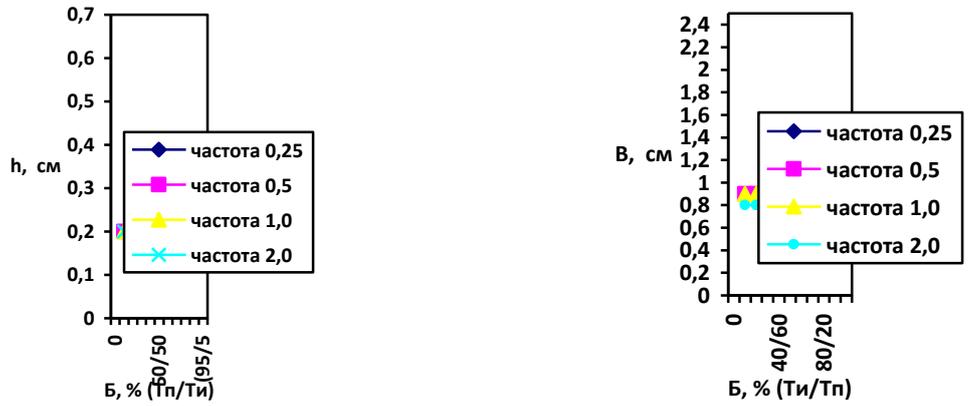


Рис. 69 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=250A, V_{св}=1,4$  см/сек

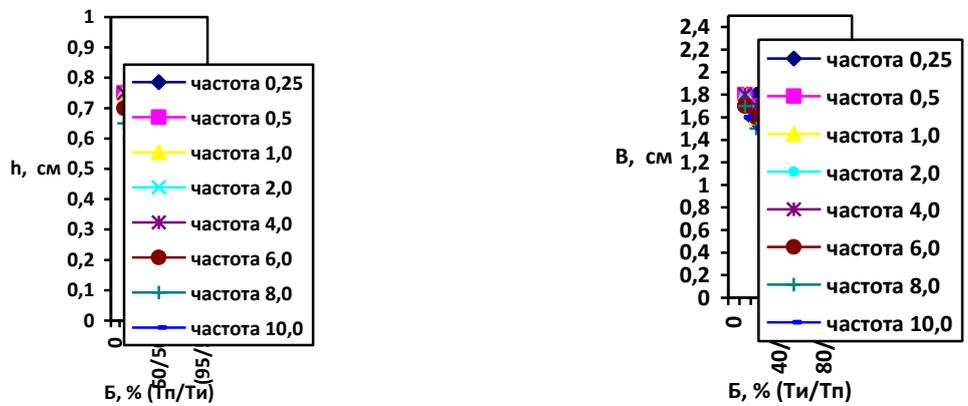


Рис.70 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=300A, V_{св}=0,1$  см/сек

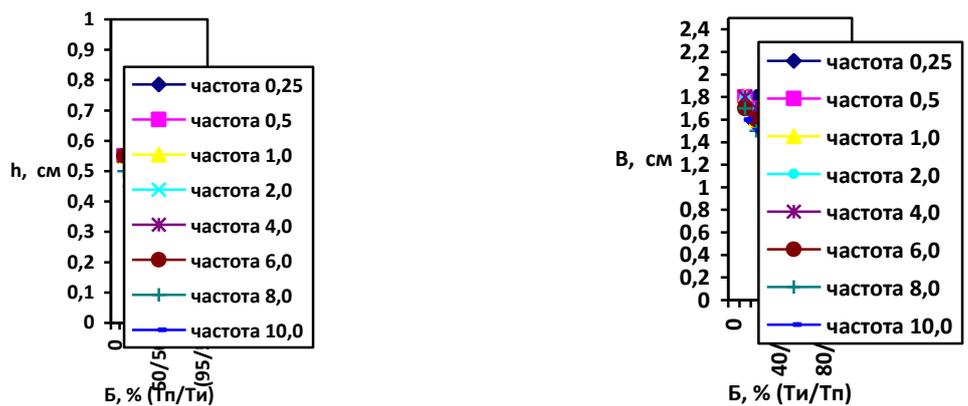


Рис.71 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=300A, V_{св}=0,3$  см/сек

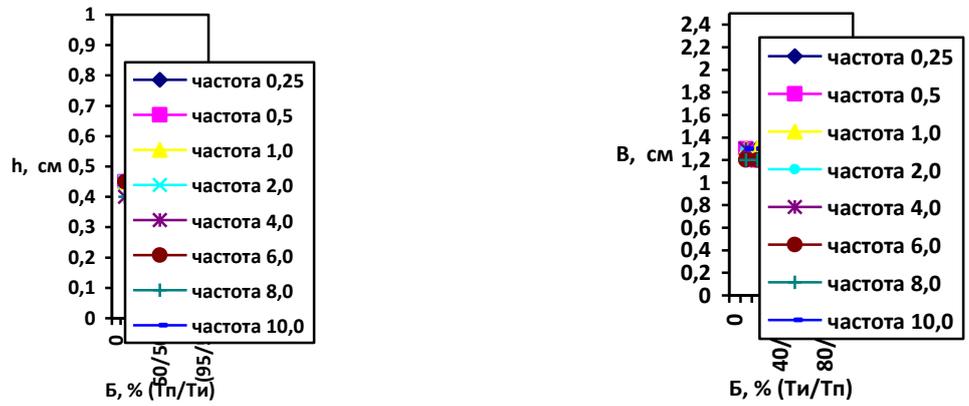


Рис. 72 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=300A, V_{св}=0,5$  см/сек

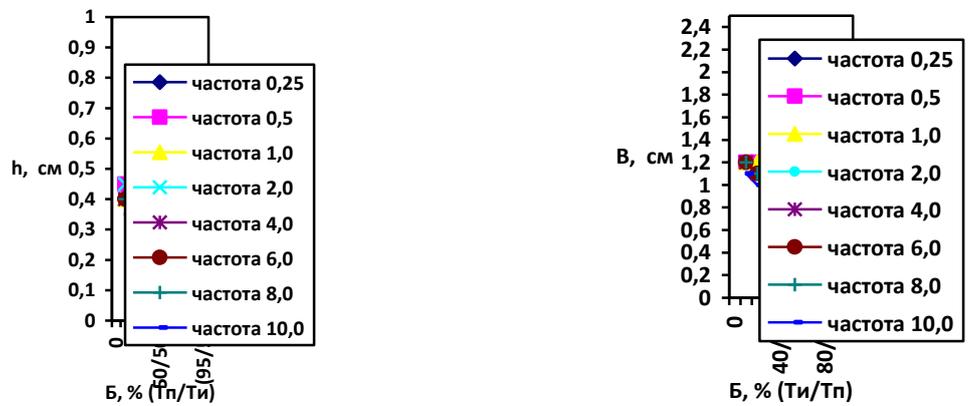


Рис. 73 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=300A, V_{св}=0,6$  см/сек

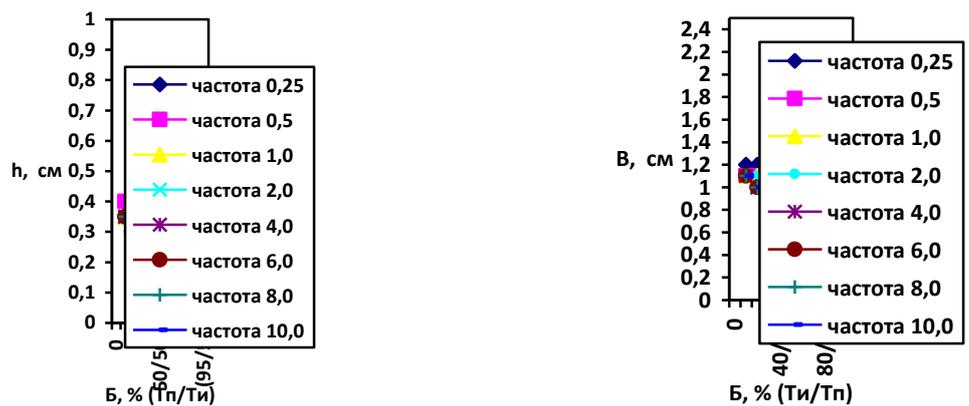


Рис.74 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=300A, V_{св}=0,8$  см/сек

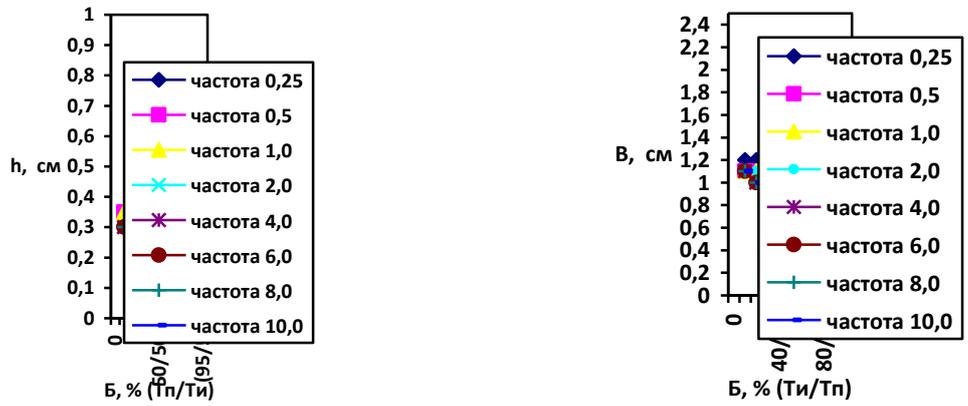


Рис.75 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=300A$ ,  $V_{св}=1,0$  см/сек

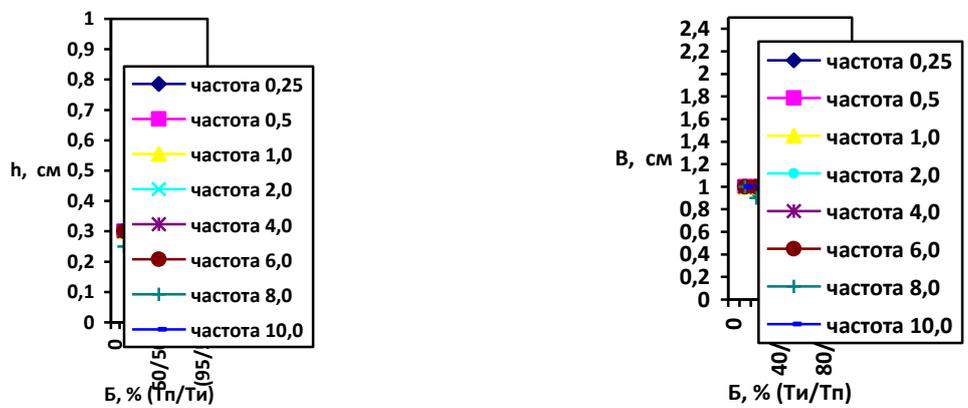


Рис.76 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=300A$ ,  $V_{св}=1,2$  см/сек

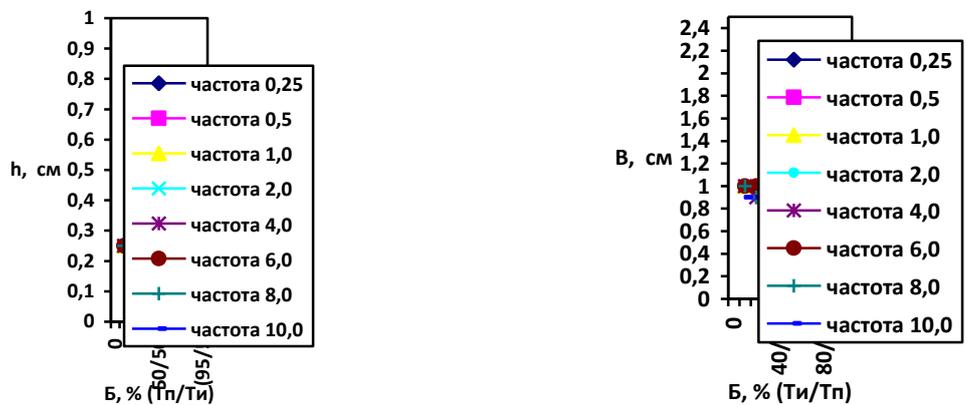


Рис. 77 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=300A$ ,  $V_{св}=1,4$  см/сек

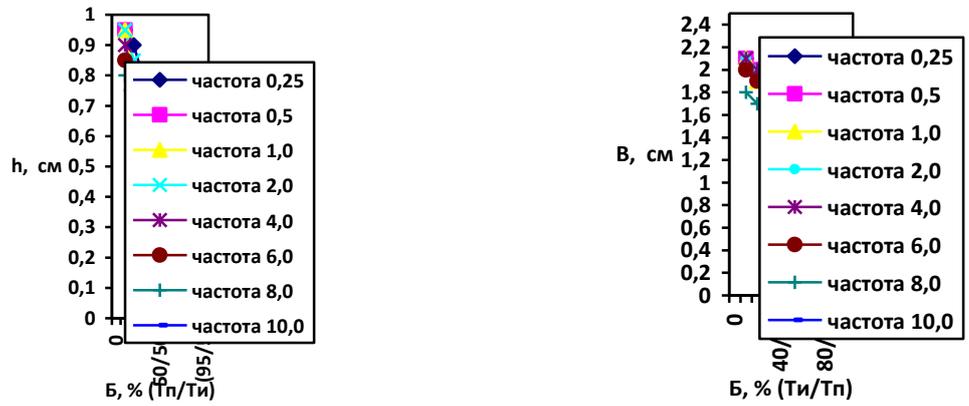


Рис. 78 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=350A, V_{св}=0,1$  см/сек

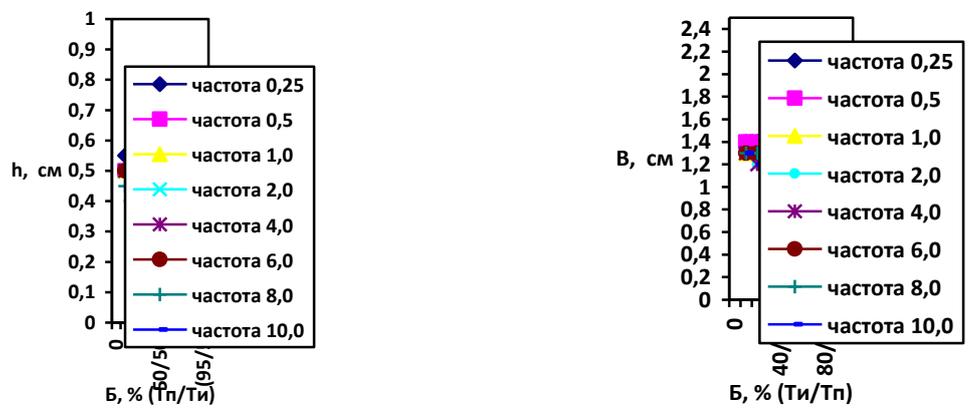


Рис. 79 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=350A, V_{св}=0,6$  см/сек

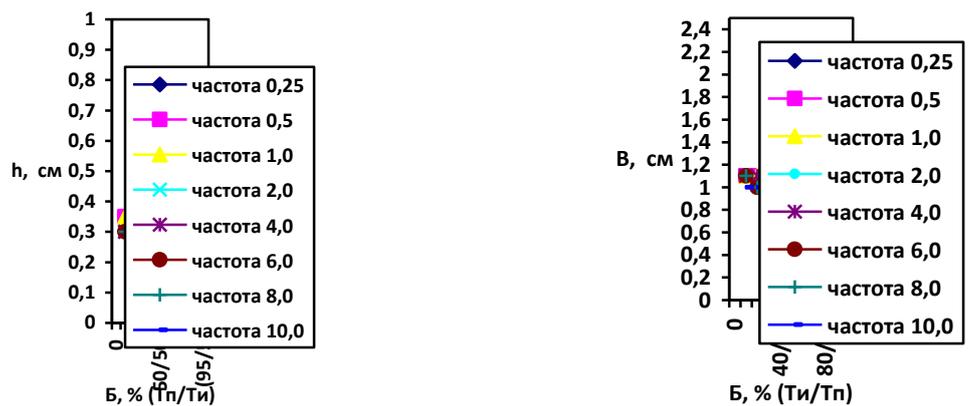


Рис. 80 Влияние баланса процесса на глубину провара и ширину шва

$I=350A, V_{св}=1,4$  см/сек

## 2.4 Обобщение результатов исследований.

На основании проведённых теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1. При применении способа аргодуговой наплавки с управляемым тепловложением наибольшими диапазонами варьирования параметров процесса наплавки обладают режимы на токах 250-350 А.
2. Установлено, что при увеличении частоты коммутации тока между поверхностью детали и проволокой, при неизменном балансе процесса, происходит постепенное уменьшение глубины провара и ширины наплавляемого валика. При этом скорость уменьшения глубины провара с ростом частоты коммутации до 2-3 раз выше чем скорость снижения ширины наплавленного валика.
3. Установлено, что при изменении баланса процесса в направлении снижения времени горения дуги на основной металл, при неизменно частоте коммутации тока, происходит постепенное уменьшение глубины провара и ширины наплавляемого валика. При этом скорость уменьшения глубины провара при изменении баланса процесса в направлении снижения времени горения дуги на основной металл может составлять до 5 раз выше чем скорость снижения ширины наплавленного валика.
4. Наибольшее влияние на изменение глубины провара и ширины наплавленного валика оказывает изменение баланса процесса в направлении снижения времени горения дуги на основной металл. Наиболее оптимальным может считаться увеличение частоты коммутации тока между поверхностью детали и проволокой с одновременным изменением баланса процесса в направлении снижения времени горения дуги на основной металл.

### **Глава 3. Оптимизация режимов наплавки на лист неплавящимся электродом с управляемым тепловложением по критериям производительности и минимизации сварочных деформаций.**

#### **3.1 Разработка методики оценки оптимальности режимов наплавки**

Оптимальный режим наплавочного процесса это такой режим, который обеспечивает заданные исходные технические требования (показатели) наплавленного металла с минимальными затратами на наплавку и механическую обработку. В соответствии с данным определением, для решения указанной задачи в общем виде необходимо установить основные показатели, характеризующие качество формирования наплавленного слоя и технико-экономические показатели его получения.

Качество наплавленной детали определяется режимами наплавки, которые характеризуются следующими параметрами:

- $V_n$  – скорость наплавки, см/с;
- $V_{ш}$  – скорость подачи проволоки, см/с;
- $I_{эд}$  - сила тока дуги «электрод-деталь»;
- $I_{эп}$  – сила тока дуги «электрод-проволока»;
- $F$  – частота коммутаций тока между электродом и проволокой, Гц;
- $B$  – баланс процесса, % (показывает отношение времени горения дуги «электрод- проволока» ( $T_{эп}$ ) ко времени цикла сварки ( $T_{ц}$ ), выраженное в процентах и отношение времени горения дуги «электрод-деталь» ( $T_{эд}$ ) ко времени цикла сварки ( $T_{ц}$ ).

Параметры режима наплавки выбирают исходя из толщины слоя наплавляемого металла, размеров детали, требуемой формы наплавляемого валика, химического состава наплавляемого валика, производительности наплавки и величиной допускаемых сварочных деформаций.

При оценке оптимальности режимов наплавки необходимо определиться с наиболее важными критериями, которые необходимо достичь при проведении процесса. В данной работе критерием оптимальности режимов наплавки для нас будет являться обеспечение минимальной глубины проплавления, при этом обеспечение наиболее возможной производительности процесса в сочетании с минимальной величиной погонной энергии. Выработка критериев оптимальности:

- по глубине провара - это глубина провара;

- по производительности (при заданной скорости сварки) - это ширина шва (т.е. при заданной скорости сварки наиболее производительным будет процесс обеспечивающий наибольшую ширину валика);

- по величине погонной энергии - это погонная энергия. Обобщая ширину шва и глубину провара в один параметр - коэффициент формы провара ( $F$ ) - отношение ширины шва к глубине провара. В соответствии с задачами исследовательской работы, чем большее значение будет иметь этот коэффициент, тем наиболее оптимальным является режим наплавки, т.е. чем больше величина коэффициента, тем меньше проплавление основного металла и больше производительность наплавки за счёт большей ширины наплавленного валика. Далее приводим обобщённый критерий оптимальности в следующем виде:  $K = G/(F \times V)$  (9); где -  $G$  - погонная энергия сварки Дж/см<sup>2</sup>;  $F$  - коэффициент формы провара;  $V$  - скорость сварки, см/с. Условие оптимальности - чем меньше значение предложенного критерия  $K$ , тем оптимальнее считаем режим по уровню деформаций и производительности - т.е. режим обеспечивающий оптимальные соотношения уровня деформаций и производительности процесса наплавки.

### 3.2 Оценка оптимальности режимов наплавки на лист неплавящимся электродом по критериям производительности и минимизации сварочных деформаций

При проведении расчётов экспериментальные данные были занесены в таблицы и приведены в Приложении к данной работе в виде таблиц 1-6. Затем проводился анализ оптимальности данных режимов по критериям оптимальности изложенным в п. 3.1 данной работы. Исследования показали, что при выборе существенных параметров (сила, тока, скорость сварки, частота коммутации, баланс процесса) можно подобрать оптимальные режимы сварки в разных сочетаниях данных параметров. Некоторые наиболее оптимальные режимы наплавки приведём в таблице 7. Режимы наплавки, отвечающие требованиям оптимальности отмечены в таблицах 13-19 Приложения к данной работе.

Таблица 7

Ток дуги, А	Скорость наплавки, см/с	Частота коммутации, Гц	Предельное значение баланса (Тн/Тп), %	Глубина провара, см	Ширина шва, см	Коэффициент провара $F=V/h$	Погонная энергия $q_{п}$	$K=q_{п}/F*V$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
350	1,4	10	20/80	0,05	0,6	12,00	4500	267
350	1,4	8	20/80	0,05	0,6	12,00	4500	267
350	1,4	6	20/80	0,05	0,6	12,00	4500	267
350	1,2	6	20/80	0,05	0,7	14,00	5250	312,5
350	1,2	6	20/80	0,05	0,7	14,00	5250	312,5
300	1,4	8	30/70	0,05	0,6	12,00	3536	210
300	1,4	6	30/70	0,05	0,6	12,00	3536	210
250	1,2	4	30/70	0,05	0,5	10,00	3125	260
250	1,0	4	30/70	0,05	0,6	12,00	3750	312
200	0,6	2	30/70	0,05	0,5	10,00	5400	900
175	0,3	2	30/70	0,05	0,4	8	7438	3099
150	0,3	0,5	50/50	0,1	0,6	3,60	6000	3752,3

### **3.3 Выработка рекомендаций по выбору оптимальных режимов наплавки в зависимости от требований к наплавке и условий наплавки**

В зависимости от требований к наплавке и условий аргонодуговой наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением при выборе оптимальных режимов рекомендуется:

- регулировкой баланса процесса  $T_{и}/T_{п}$  при неизменной силе тока, скорости сварки, частоте коммутации возможно добиться разной величины наплавленного валика, то есть при увеличении времени горения дуги  $T_{и}$  ширина наплавленного валика увеличивается, при уменьшении  $T_{и}$  - уменьшается;

- для увеличения ширины наплавленного валика при неизменной силе тока и скорости сварки необходимо увеличивать частоту коммутации тока;

- при применении способа аргонодуговой наплавки с управляемым тепловложением наибольшими диапазонами варьирования параметров процесса наплавки обладают режимы на токах 250-350 А;

- установлено, что при увеличении частоты коммутации тока между поверхностью детали и проволокой, при неизменном балансе процесса, происходит постепенное уменьшение глубины провара и ширины наплаваемого валика. При этом скорость уменьшения глубины провара с ростом частоты коммутации до 2-3 раз выше чем скорость снижения ширины наплавленного валика;

- наибольшее влияние на изменение глубины провара и ширины наплавленного валика оказывает изменение баланса процесса в направлении снижения времени горения дуги на основной металл. Наиболее оптимальным может считаться увеличение частоты коммутации тока между поверхностью детали и проволокой с одновременным изменением баланса процесса в направлении снижения времени горения дуги на основной металл;

- при наплавке на изделие из углеродистой стали с применением аргонодуговой наплавки с управляемым тепловложением наиболее оптимальными с точки зрения минимизации сварочных деформаций с

одновременным обеспечением высокой производительности процесса являются режимы наплавки на токах порядка 300-350, скоростях сварки 1 - 1,4 см/сек., частоте коммутации тока от 6-10 Гц и балансе процесса, характеризующимся временем горения дуги на основной металл в пределах 10-20% времени общего цикла горения дуги.

## **Глава 4. Оценка эффективности полученных рекомендаций по оптимизации режимов наплавки на лист неплавящимся электродом с управляемым тепловложением.**

### **4.1 Методика оценки эффективности**

Все процессы сварки металлов осуществляются за счет введения термической или механической энергии, либо той и другой одновременно. Основными критериями выбора сварочного процесса для изготовления конкретного изделия являются: техническая возможность применения процесса, качество получаемого соединения, энергетическая и экономическая эффективности процесса. Чтобы найти оптимальное решение, необходимо проанализировать только последние два критерия, так как выполнение первого является обязательным. Для правильного и обоснованного учёта факторов качества и надёжности соединений одновременно со степенью эффективности применяемого процесса сварки нужна единая методика их количественной оценки. Для сравнительной оценки различных видов сварки целесообразно применять удельные показатели эффективности. Подсчет удельных затрат энергии, труда или средств на единицу площади соединения дает возможность получить универсальные критерии эффективности любого способа, которым соединение выполняется.

**Энергетическая эффективность** определяется общими затратами энергии в расчете на единицу площади соединения.

Общая удельная энергия (Дж/мм<sup>2</sup>)

$$\epsilon_o = \epsilon_{св} + \epsilon_{всп} \quad (10)$$

где  $\epsilon_{св}$  — расход энергии на сварку, Дж/мм<sup>2</sup>;  $\epsilon_{всп}$  — расход энергии на вспомогательные операции, Дж/мм<sup>2</sup>.

Удельная энергия, расходуемая на сварку,

$$\epsilon_{св} = Q/\vartheta_{св} \delta \quad (11)$$

где  $Q$  — полная тепловая мощность, Дж/с;  $v_{св}$  — скорость сварки, мм/с;  $\delta$  — толщина свариваемого металла, мм.

Удельная энергия, введенная в заготовку (Дж/мм<sup>2</sup>),

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_{св} \eta, \quad (12)$$

где  $\eta$  — эффективный КПД процесса нагрева.

**Экономическая эффективность** оценивается производительностью процесса и удельными затратами на 1 м длины шва или на 1 кг наплавленного металла.

Сравнение эффективности различных сварочных процессов показывает, что процессы сварки плавлением более энергоемки, чем механические и термомеханические. Например, для выполнения стыкового соединения стальных стержней диаметром 20 мм дуговой сваркой требуется удельная энергия, равная 1800 Дж/мм<sup>2</sup>, контактной стыковой сваркой оплавлением — около 400 Дж/мм<sup>2</sup>, сваркой трением — примерно 130 Дж/мм<sup>2</sup>. Диаграмма затрат удельной энергии при различных способах сварки плавлением приведена на рис. 81.

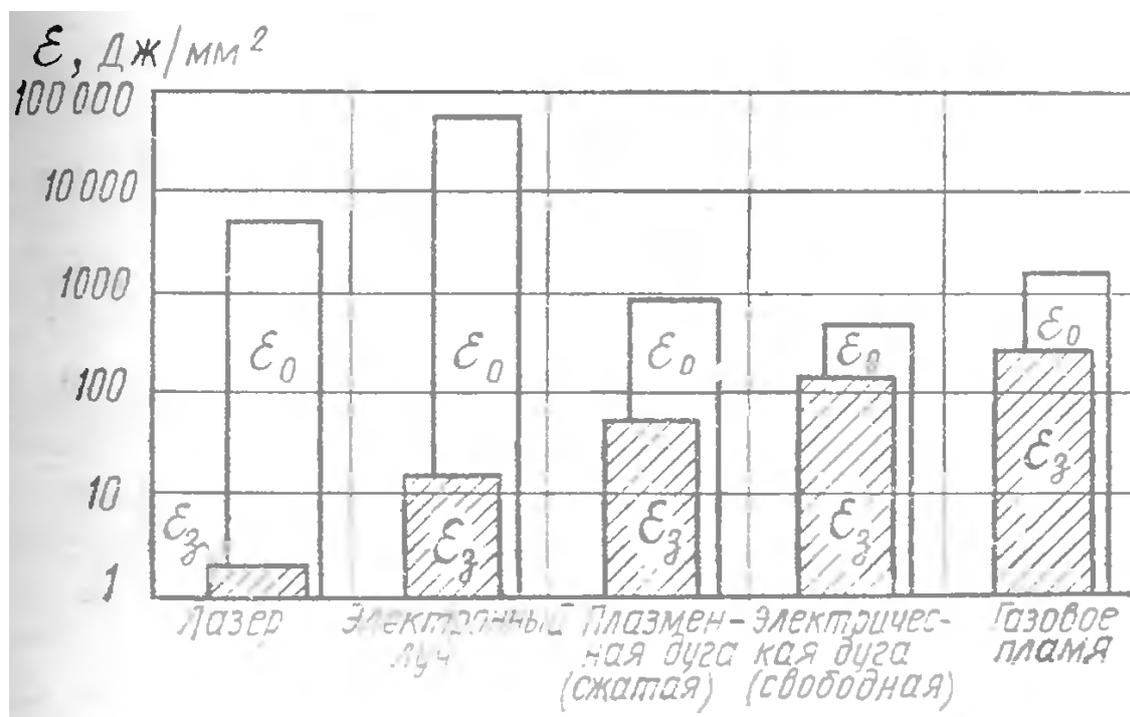


Рис. 81 Диаграмма затрат удельной энергии при различных способах однопроводной сварки стали.

В ходе проведения исследования процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением, считаю возможным провести сравнение эффективности этого способа с одним из наиболее широко применяющихся в настоящее время способов наплавки – автоматической наплавкой под слоем флюса. В связи с тем, что данные способы сильно отличаются по основным параметрам проведения сварочного процесса (сила тока, напряжение, скорость сварки, скорость подачи проволоки) предлагаю провести сравнение эффективности по двум критериям: погонной энергии сварки и производительности процесса наплавки, при возможности получения наплавленной детали с минимальными сварочными деформациями. При проведении сравнительной оценки эффективности процессов сравним погонную энергию аргонодуговой наплавки неплавящимся электродом и дуговой наплавки под слоем флюса, при условии получения наиболее качественного образца (критерий – минимальные сварочные деформации) и максимальной производительности наплавки. Производительность процесса аргонодуговой наплавки неплавящимся электродом и дуговой наплавки под слоем флюса будем сравнивать по норме времени необходимой для наплавки  $0,1 \text{ м}^2$  поверхности листа при условии получения качественного образца и оптимальных режимах наплавочного процесса. Показателем качества каждого процесса при сравнительной оценке эффективности будут являться наименьшие сварочные деформации, полученные при наплавке разными методами, при условии максимальной производительности процессов.

Для сравнительной экспериментальной оценки эффективности наплавки листов автоматической наплавкой неплавящимся электродом и автоматической наплавкой под флюсом сначала определим оптимальные режимы наплавки под флюсом. Для чего:

1. Определим полученные экспериментальным способом режимы наплавки под флюсом при разных величинах тока, по критерию наименьшая

глубина проплавления основного металла. Наплавка дуговой сваркой под слоем флюса, металл — 09Г2С, толщина — 10 мм. Составляем таблицу:

Таблица 8

№ п / п	Сила тока	Напряжение	Скорость сварки см/сек	Вылет электрода	Ширина валика факт	Глубина проплавления факт см
1						
2						
3						

2. Далее выбираем из ряда полученных значений глубины провара минимальной и определяем для этого режима наплавки погонную энергию сварки  $q_{п}$ . Полученные значения сводим в таблицу:

Таблица 9

Исв, А	Нш, см	$q_{п}$ , Дж/см

3. Затем величину погонной энергии, полученную при расчётах режимов наплавки под флюсом, сравниваем с величинами погонной энергии оптимальных (с точки зрения, минимальной величины проплавления и максимальной скорости наплавки) режимов наплавки неплавящимся электродом. Сравнение производим в абсолютных величинах значений погонной энергии. В результате сравнения сделаем вывод об энергетической эффективности того или иного метода наплавки.

## 4.2 Проведение сравнительной экспериментальной оценки эффективности наплавки листов автоматической наплавкой неплавящимся электродом с управляемым тепловложением и автоматической наплавкой под слоем флюса.

4.2.1 Определим оптимальные режимы наплавки под флюсом при разных величинах тока, по критерию наименьшая глубина проплавления основного металла. Данные заносим в табл. 10.

Таблица 10 Экспериментальные параметры наплавки под флюсом

№п/п	Сила тока	Напряже ние	Скорость сварки см/сек	Вылет электрода	Ширина валика факт	Глубина проплавления факт см
1	350	36	0,83	40	20	0,26
2	470	33	0,83	40	22,5	0,28

4.2.2 Далее выбираем из ряда полученных значений глубины провара минимальной и определяем для этого режима наплавки погонную энергию сварки  $q_{п}$ . Полученные значения сводим в таблицу 11:

Таблица 11

Исв, А	Нш, см	$q_{п}$ , Дж/см, $\times 10^4$
350	0,26	1,29
470	0,28	1,73

4.2.3Сравним полученные результаты расчётов погонной энергии сварки на оптимальном режиме для автоматической наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением и автоматической наплавки под слоем флюса:

Таблица 12

Метод сварки	Сила тока I, А	Частота коммутации тока между электродом и проволокой, F, Гц	Баланс процесса, %	Скорость сварки, V <sub>св</sub> , см/сек	Глубина проплавления, Нщ, см	Погонная энергия сварки, Q <sub>п</sub> , Дж/см
Автоматическая наплавка под слоем флюса	350	-	-	0,33	0,26	14010
Автоматическая наплавка неплавящимся электродом	350	10	20/80	0,55	0,05	14000

Исходя из полученных выше результатов можно сделать вывод о том, применение автоматической наплавки неплавящимся электродом для минимизации сварочных деформаций при наплавке антикоррозионных материалов на низкоуглеродистые стали более предпочтительна в сравнении с автоматической наплавкой под флюсом.

4.2.4 Для проведения сравнения производительности определим основное (машинное) время для наплавки разными методами площади поверхностью 0,1 м<sup>2</sup>. Данные для расчётов:

- при автоматической аргодуговой наплавке неплавящимся электродом: длина шва, L – 100 см, скорость сварки, V<sub>св</sub> – 0,55 см/сек, ширина шва, Вш – 0,5 см, количество валиков для наплавки участка поверхности шириной 10 см, при условии перекрытия ранее наплавленного валика на 1/3, n – 56 шт.

$$T_0 = (L/V_{св}) \times n = (100/0,55) \times 56 = 8545 \text{ сек} = 142 \text{ мин.}$$

- при автоматической наплавке под слоем флюса: длина шва, L – 100 см, скорость сварки, V<sub>св</sub> – 1,03 см/сек, ширина шва, Вш – 2,25 см, количество валиков для наплавки участка поверхности шириной 10 см, при условии перекрытия ранее наплавленного валика на 1/3, n – 10 шт.

$$T_0 = (L/V_{св}) \times n = (100/0,83) \times 10 = 1000 \text{ сек} = 17 \text{ мин.}$$

Из сравнения получаем, что производительность наплавки под слоем флюса примерно в 8 раз выше, чем производительность автоматической наплавки неплавящимся электродом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследовательской работы:

- проведён аналитический обзор существующих технологий наплавки антикоррозионных материалов на низколегированные стали с выявлением проблем и сложностей, возникающих при наплавке, а так же путей устранения этих сложностей;
- составлена методика проведения теоретических исследований влияния параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика;
- проведены теоретические исследования влияния параметров процесса наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением на величину проплавления основы и размеры наплавляемого валика, составлены графики влияния частоты коммутации на глубину провара и ширину шва, графики влияния баланса процесса на глубину провара и ширину шва;
- выполнена оценка оптимальности режимов наплавки на лист неплавящимся электродом с управляемым тепловложением по критериям производительности и минимизации сварочных деформаций;
- разработаны рекомендации по выбору оптимальных режимов наплавки в зависимости от требований к наплавке и условий наплавки;
- проведена сравнительная оценка эффективности наплавки листов автоматической наплавкой неплавящимся электродом с управляемым тепловложением и автоматической наплавкой под слоем флюса.

## ВЫВОДЫ

Основываясь на результатах, полученных в ходе исследования процесса автоматической наплавки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением можно сделать следующие выводы:

- 1) При применении способа аргонодуговой наплавки с управляемым тепловложением наибольшими диапазонами варьирования параметров процесса наплавки обладают режимы на токах 250-350 А.
- 2) Установлено, что при увеличении частоты коммутации тока между поверхностью детали и проволокой, при неизменном балансе процесса, происходит постепенное уменьшение глубины провара и ширины наплавляемого валика. При этом скорость уменьшения глубины провара с ростом частоты коммутации до 2-3 раз выше чем скорость снижения ширины наплавленного валика.
- 3) Установлено, что при изменении баланса процесса в направлении снижения времени горения дуги на основной металл, при неизменно частоте коммутации тока, происходит постепенное уменьшение глубины провара и ширины наплавляемого валика. При этом скорость уменьшения глубины провара при изменении баланса процесса в направлении снижения времени горения дуги на основной металл может составлять до 5 раз выше чем скорость снижения ширины наплавленного валика.
- 4) Наибольшее влияние на изменение глубины провара и ширины наплавленного валика оказывает изменение баланса процесса в направлении снижения времени горения дуги на основной металл. Наиболее оптимальным может считаться увеличение частоты коммутации тока между поверхностью детали и проволокой с одновременным изменением баланса процесса в направлении снижения времени горения дуги на основной металл.
- 5) С точки зрения минимизации сварочных деформаций с одновременным обеспечением высокой производительности процесса, оптимальными являются режимы аргонодуговой наплавки с управляемым тепловложением с

максимальными значениями сварочного тока, реализуемыми на скоростях наплавки близких к скоростям наплавки под слоем флюса, на высокой частоте коммутации тока между каналами и балансе процесса с минимальным временем горения дуги на основной металл.

6) При наплавке на изделие из углеродистой стали с применением аргонодуговой наплавки с управляемым тепловложением наиболее оптимальными с точки зрения минимизации сварочных деформаций с одновременным обеспечением высокой производительности процесса являются режимы наплавки на токах порядка 300-350, скоростях сварки 1 - 1,4 см/сек., частоте коммутации тока от 6-10 Гц и балансе процесса, характеризующимся временем горения дуги на основной металл в пределах 10-20% времени общего цикла горения дуги.

7) Аргонодуговая наплавка с управляемым тепловложением предпочтительнее при наплавке тонкостенных деталей по сравнению с автоматической наплавкой под флюсом за счет минимизации сварочных деформаций возникающих в процессе наплавки. Рекомендуется применение данного метода наплавки при изготовлении ответственных конструкций с жёсткими требованиями к заданным геометрическим характеристикам получаемым после наплавки и отсутствию послесварочных деформаций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. [Текст]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996г. – С. 59.
2. Алешин, Н.П. Сварка. Резка. Контроль. Том 2[Текст]: Справочник. В 2-х томах/Под общ. ред. Н. П. Алешина, Г. Г. Чернышова. - М.: Машиностроение, 2004 г., - 480 с.: ил.
3. Будник, Ю.В. Получение сварных соединений из разнородных металлов [Текст] / Ю.В. Будник // Сварочное производство - М.: Машиностроение, 2010 - №1, с. 13 – 16.
4. Думов, С.И. Технология электрической сварки плавлением [Текст]: учебник для машиностроительных техникумов/ С.И. Думов - Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1987.
5. Киселев, С.Н. Соединение труб из разнородных металлов[Текст]/ С.Н. Киселёв - М. : Машиностроение, 1981. - 176 с. : ил.
6. Рыкалкин, Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке [Текст]/Н.Н. Рыкалкин – М.: МАШИИЗ, 1951. – 291 с.
7. Рябов, В. Р. Сварка разнородных металлов и сплавов [Текст] / Д. М. Рабкин, Р. С. Курочко, Л. Г. Стрижевская – М.: Машиностроение, 1984. – 350с.
8. Николаев, Г.А. Сварка в машиностроении: Справочник: В 4 т. [Текст] / В.И. Махненко, Н.А. Ольшанский, А.И Акулов, В.А. Винокуров, Ю.Н. Зорин – М.: Машиностроение, 1979, 567 с.: ил.
9. Сидоров, В.П. Управление пространственным положением дуги в процессе сварки корня шва за счет ее собственного магнитного поля [Текст]/ В.П. Сидоров, И.В. Смирнов, Н.Е. Машнин// Сб. ст. по докладам Всероссийской научно-технической конференции 15-17 ноября, Тольятти: ТГУ, 2006. Ч. 1. С. 144-147.
10. Сидоров, В.П. Повышение пространственной устойчивости дуги на кромках при сварке корня шва [Текст]/ В.П. Сидоров, И.В. Смирнов,

- Н.Е. Машнин // Сб. ст. по докладам Всероссийской н/т конференции 15-17 ноября, Тольятти: ТГУ, 2006. Ч. 1. С. 141-144.
11. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: учебное пособие [Текст]/ И.В. Смирнов. - Тольятти: ТГУ, 2008. - 245 с.
12. Смирнов, И.В. Управление тепловложением в свариваемые кромки при дуговой сварке неплавящимся электродом [Текст]/ И.В. Смирнов, А.И. Захаренко // Сварочное производство. - 2009. - № 12. - С. 32-36.
13. Смирнов, И.В. Уменьшение влияния магнитного дутья на пространственное положение дуги при сварке [Текст]/ И.В. Смирнов, А.И. Захаренко, У. Фюссель // Изв. Самарского НЦ РАН.- 2010.- Т. 12- № 4. - С. 257-261.
14. Смирнов, И.В., , Специфические аспекты описания процесса автоматической аргонодуговой сварки дугой, отклоняемой собственным магнитным полем [Текст]/ И.В. Смирнов, // В.П. Сидоров, А.И. Захаренко // Сварочное производство.- 2010.- № 1.- С. 3-6.
15. Смирнов, И.В. Установка для автоматической аргонодуговой сварки труб дугой, отклоняемой собственным магнитным полем [Текст] / И.В. Смирнов, В.П. Сидоров, А.И. Захаренко, Э.С. Гилязев // Славяновские чтения: сборник трудов Международной НТК. 4-5 июня 2009 г. Липецк. – Кн. 1. – Липецк: Издательство ЛГТУ, 2009. – 344 с. – (Сварка – XXI век).
16. Фролов, В.В. Теория сварочных процессов: Учеб. для вузов по спец. «Оборуд. и технология сварочн. пр-ва» [Текст] / В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др.; – М.: Высш. шк., 1988. – 559 с.: ил.
17. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением [Текст]: Учебник/ Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.

18. Цепенев, Р.А. Основы научных исследований и техника эксперимента[Текст]: Учеб. Пособие/ Р.А. Цепенев – Тольятти: ТГУ, 2006. – С. 50.
19. Фрумин, И.И. Автоматическая электродуговая наплавка/ И.И. Фрумин – Х.: Metallurgizdat, 1961. – 212 с.
20. Сидоров, В.П. Астахин Оценка возможности регулирования рода и полярности тока, доли основного металла в шве при сварке под флюсом[Текст]/ В.П. Сидоров, М.В. Астахин // Сварочное производство.- 2013.- №5. -С. 16-18.
21. Ольшанский, Н.А. Сварка в машиностроении[Текст] : Справочник/ под ред. Н.А. Ольшанского. – 1т. - М.: Машиностроение, 1978. -252 с.
22. Судник В.А. Математическая модель источника теплоты при дуговой сварке плавящимся электродом в смеси защитных газов. Часть 1. Нормальный процесс/ В.А. Судник, А.В.Иванов[Текст] // Сварочное производство – 1998. - №9 – с. 3 – 9.
23. Судник, В.А. Расчетно-экспериментальные модели движущейся дуги неплавящегося электрода в аргоне [Текст]/ В.А. Судник, А.С.Рыбаков // Сварочное производство.- 1990. -№ 11. -С. 32-34.
24. Киселев, С.Н. Температурные поля при сварке цилиндрических оболочек из разнородных металлов/ С.Н. Киселев// Сварочное производство, М. - Машиностроение, 1975 - №12, с. 1 – 3.
25. Макаров, Сварка и свариваемые материалы: Справочник[Текст]/ Э.Л. Макаров – М.:Металлургия, 1991 – Т.1 – С.128
26. Фролов, В.В. Теория сварочных процессов[Текст]: Учеб. для вузов по спец. «Оборуд. и технология сварочн. пр-ва» / В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др.– М.: Высш. шк., 1988. – 559 с.: ил.
27. Чекмарев А.А. Справочник по машиностроительному черчению / А.А. Чекмарев, В.К. Осипов. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2002. – 493 с.: ил.
28. Гуревич, С.М. Сварка химически активных и тугоплавких металлов и сплавов/ С.М. Гуревич - М.: Машиностроение, 1982. -95 е., ил.

29. Грудзинский, Б.В., , О взаимодействии расплавленной меди со сталями при наплавке и сварке[Текст]/ И.А.Шлямнева, Г.А. Степанов// Сварочное производство. – 1970.- №12. – С. 10-12.
30. Григорьев, И.С. Физические величины: Справочник[Текст]/И.С. Григорьев, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1234 с.: ил.

Расчётные параметры процесса наплавки при величине тока 150 А.

Ток дуги, А	Скорость наплавки, см/с	Частота коммутации, Гц	Предельное значение баланса (Гн/Тп), %	Глубина провара, см	Ширина шва, см	Коэффициент провара F=B/h	Погонная энергия q <sub>п</sub>	K=q <sub>п</sub> /F*V
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
150	0,1	0,25	90/10	0,25	0,9	3,60	18000	50000
			80/20	0,25	0,9	3,60	18000	50000
			70/30	0,2	0,9	4,50	18000	40000
			60/40	0,2	0,8	4,00	18000	45000
			50/50	0,2	0,8	4,00	18000	45000
			40/60	0,15	0,7	4,67	18000	38543,9
			30/70	0,15	0,7	4,67	18000	38543,9
			25/75	0,1	0,6	6,00	18000	30000
		0,5	90/10	0,25	0,9	3,60	18000	50000
			80/20	0,2	0,9	4,50	18000	40000
			70/30	0,2	0,8	4,00	18000	45000
			60/40	0,15	0,8	5,33	18000	33771,1
			50/50	0,15	0,7	4,67	18000	38543,9
			40/60	0,1	0,6	6,00	18000	30000
			30/70	0,1	0,6	6,00	18000	30000
			20/80	0,05	0,4	8,00	18000	22500
		1,0	90/10	0,25	0,9	3,60	18000	50000
			80/20	0,2	0,8	4,00	18000	45000
			70/30	0,15	0,8	5,33	18000	33771,1
			60/40	0,15	0,7	4,67	18000	38543,9
			50/50	0,1	0,6	6,00	18000	30000
			40/60	0,1	0,6	6,00	18000	30000
			30/70	0,05	0,4	8,00	18000	22500
			20/80	0,05	0,4	8,00	18000	22500
	0,3	0,25	90/10	0,15	0,8	5,33	6000	3752,3
			80/20	0,15	0,8	5,33	6000	3752,33
			70/30	0,15	0,7	4,67	6000	4282,6
			60/40	0,15	0,7	4,67	6000	4282,6
			50/50	0,15	0,7	4,67	6000	4282,6
			40/60	0,15	0,7	4,67	6000	4282,6
		0,5	90/10	0,15	0,7	4,67	6000	4282,6
			80/20	0,15	0,7	4,67	6000	4282,6
			70/30	0,15	0,7	4,67	6000	4282,6
			60/40	0,15	0,7	4,67	6000	4282,6
			50/50	0,1	0,6	3,60	6000	3752,3
			40/60	0,1	0,6	3,60	6000	3752,3

## Расчётные параметры процесса наплавки при величине тока 175 А.

Ток дуги, А	Скорость наплавки, см/с	Частота коммутации, Гц	Предельное значение баланса (Тн/Тп), %	Глубина провара, см	Ширина шва, см	Коэффициент провара F=B/h	Погонная энергия q <sub>п</sub>	K=q <sub>п</sub> /F*V
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
175	0,1	0,25	90/10	0,35	1,1	3,14	22310	23683,6
			80/20	0,3	1,0	3,33	22310	22332,3
			70/30	0,3	1,0	3,33	22310	22332,3
			60/40	0,25	1,0	4	22310	18591,6
			50/50	0,25	0,9	3,6	22310	20657,4
			40/60	0,2	0,9	4,5	22310	16525,9
			30/70	0,2	0,8	4	22310	18591,6
			20/80	0,15	0,7	4,67	22310	47773
		0,5	90/10	0,35	1,1	3,14	22310	71051
			80/20	0,3	1,0	3,33	22310	66997
			70/30	0,25	1,0	4	22310	55775
			60/40	0,2	0,9	4,5	22310	49577,8
			50/50	0,2	0,9	4,5	22310	49577,8
			40/60	0,2	0,8	4	22310	55775
	30/70		0,15	0,7	4,67	22310	47773	
	20/80		0,1	0,6	6	22310	37183,3	
	15/85	0,05	0,5	10	22310	22310		
	1	0,25	90/10	0,3	1,1	3,67	22310	60790,2
			80/20	0,25	1,0	4	22310	55775
			70/30	0,2	0,9	4,5	22310	49577,8
			60/40	0,2	0,9	4,5	22310	49577,8
			50/50	0,2	0,8	4	22310	55775
			40/60	0,15	0,7	4,67	22310	47773
			30/70	0,1	0,6	6	22310	37183,3
			20/80	0,05	0,5	10	22310	22310
		0,15	15/85	0,05	0,3	6	22310	37183,3
			90/10	0,3	1,1	3,67	22310	60790,2
			80/20	0,25	1	4	22310	55775
			70/30	0,2	0,9	4,5	22310	49577,8
			60/40	0,15	0,8	5,33	22310	41857,4
			50/50	0,1	0,7	7	22310	31871,4
	0,1	40/60	0,1	0,6	6	22310	37183,3	
		30/70	0,05	0,5	10	22310	22310	
		20/80	0,05	0,2	4	22310	55775	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.		
	4		90/10	0,3	1,0	3,3	22310	22535,37		
			80/20	0,2	0,9	4,5	22310	16525,93		
			70/30	0,15	0,8	5,33	22310	13952,47		
			60/40	0,1	0,7	7	22310	10623,8		
			50/50	0,1	0,7	7	22310	10623,8		
			40/60	0,1	0,6	6	22310	12394,43		
			30/70	0,05	0,4	8	22310	9295,833		
	0,3	0,25		90/10	0,25	0,9	3,6	7438	6887,033	
				80/20	0,25	0,9	3,6	7438	6887,033	
				70/30	0,25	0,9	3,6	7438	6887,033	
		0,5		90/10	0,25	0,9	3,6	7438	6887,033	
				80/20	0,2	0,9	4,5	7438	5509,633	
				70/30	0,2	0,9	4,5	7438	5509,633	
				60/40	0,15	0,8	5,33	7438	4651,667	
				50/50	0,15	0,8	5,33	7438	4651,667	
				40/60	0,15	0,7	4,67	7438	5309,067	
				30/70	0,05	0,4	8	7438	3099,167	
		1		90/10	0,25	0,9	3,6	7438	6887,033	
				80/20	0,25	0,8	3,2	7438	7747,933	
				70/30	0,2	0,8	4	7438	6198,333	
				60/40	0,2	0,7	3,5	7438	7083,8	
				50/50	0,15	0,7	4,67	7438	5309,067	
				40/60	0,1	0,6	6	7438	4132,233	
				30/70	0,1	0,5	5	7438	4958,667	
		2		90/10	0,2	0,9	4,5	7438	5509,633	
				80/20	0,2	0,8	4	7438	6198,333	
				70/30	0,15	0,8	5,33	7438	4651,667	
				60/40	0,15	0,7	4,67	7438	5309,067	
				50/50	0,1	0,6	6	7438	4132,233	
				40/60	0,1	0,5	5	7438	4958,667	
				30/70	0,05	0,4	8	7438	3099,167	
		0,5	0,25		90/10	0,2	0,8	4	4463	2231,5
					80/20	0,2	0,8	4	4463	2231,5
			0,5		90/10	0,2	0,8	4	4463	2231,5
					80/20	0,15	0,8	5,33	4463	1674,68
	70/30				0,15	0,8	5,33	4463	1674,68	
	1,0			90/10	0,2	0,8	4	4463	2231,5	
				80/20	0,2	0,8	4	4463	2231,5	
				70/30	0,15	0,7	4,67	4463	1911,34	
				60/40	0,15	0,7	4,67	4463	1911,34	
				50/50	0,1	0,6	6	4463	1487,66	
	0,6		0,25		90/10	0,15	0,8	5,33	4463	1395,567
		80/20			0,15	0,7	4,67	4463	1592,783	
		0,5		90/10	0,15	0,8	5,33	4463	1395,567	
				70/30	0,15	0,7	4,67	4463	1592,783	
	0,8	1,0		90/10	0,15	0,7	4,67	4463	1194,588	
				80/20	0,15	0,7	4,67	4463	1194,588	
70/30				0,15	0,7	4,67	4463	1194,588		
60/40				0,15	0,7	4,67	4463	1194,588		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
		0,25	90/10	0,15	0,7	4,67	4463	1194,588
		0,5	90/10	0,15	0,7	4,67	4463	1194,588
			80/20	0,15	0,7	4,67	4463	1194,588

Таблица 15

Расчётные параметры процесса наплавки при величине тока 200 А.

Ток дуги, А	Скорость наплавки, см/с	Частота коммутации, Гц	Предельное значение баланса (Тн/Тп), %	Глубина провара, см	Ширина шва, см	Коэффициент провара $F=B/h$	Погонная энергия $q_p$	$K=q_p / F \cdot V$
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
200	0,1	0,25	90/10	0,4	1,2	3,00	27000	90000
			80/20	0,4	1,2	3,00	27000	90000
			70/30	0,35	1,2	3,43	27000	78717,2
			60/40	0,35	1,2	3,43	27000	78717,2
			50/50	0,3	1,1	3,67	27000	73569,5
			40/40	0,25	1,0	4,00	27000	67500
			30/70	0,2	0,9	4,50	27000	60000
		20/80	0,15	0,8	5,33	27000	50656,7	
		0,5	90/10	0,4	1,2	3,00	27000	90000
			80/20	0,4	1,2	3,00	27000	90000
			70/30	0,35	1,1	3,14	27000	85987,3
			60/40	0,3	1,1	3,67	27000	73569,5
			50/50	0,25	1,0	4,00	27000	67500
			40/60	0,2	0,9	4,50	27000	60000
			30/70	0,15	0,8	5,33	27000	50656,7
			20/80	0,15	0,7	4,67	27000	57815,8
			10/90	0,05	0,5	10,00	27000	27000
		1	90/10	0,4	1,2	3,00	27000	90000
			80/20	0,35	1,2	3,43	27000	78717,2
			70/30	0,3	1,1	3,67	27000	73569,5
			60/40	0,25	1,0	4,00	27000	67500
			50/50	0,2	0,9	4,50	27000	60000
			45/55	0,2	0,8	4,00	27000	67500
			30/70	0,15	0,7	4,67	27000	57815,8
			20/80	0,1	0,5	5,00	27000	54000
			10/90	0,05	0,3	6,00	27000	45000
		2	90/10	0,4	1,2	3,00	27000	90000
80/20	0,35		1,2	3,43	27000	78717,2		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
200		2	70/30	0,3	1,1	3,67	27000	73569,5	
			60/40	0,25	1,0	4,00	27000	67500	
			50/50	0,2	0,9	4,50	27000	60000	
			40/60	0,15	0,8	5,33	27000	50656,7	
			30/70	0,1	0,7	7,00	27000	38571,4	
			20/80	0,05	0,5	10,00	27000	27000	
		4	90/10	0,4	1,2	3,00	27000	90000	
			80/20	0,3	1,1	3,67	27000	73569,5	
			70/30	0,25	1,0	4,00	27000	67500	
			60/40	0,2	0,9	4,50	27000	60000	
			50/50	0,15	0,8	5,33	27000	50656,7	
			45/55	0,1	0,7	7,00	27000	38571,4	
			30/70	0,05	0,6	12,00	27000	22500	
			20/80	0,05	0,3	6,00	27000	45000	
		6	90/10	0,4	1,2	3,00	27000	90000	
			80/20	0,3	1,1	3,67	27000	73569,5	
			70/30	0,25	1,0	4,00	27000	67500	
			60/40	0,2	0,9	4,50	27000	60000	
			50/50	0,15	0,8	5,33	27000	50656,7	
			45/55	0,1	0,7	7,00	27000	38571,4	
			30/70	0,05	0,5	10,00	27000	27000	
			20/80	0,05	0,1	2,00	27000	135000	
		8	90/10	0,35	1,1	3,14	27000	85987,3	
			80/20	0,3	1,1	3,67	27000	73569,5	
			70/30	0,25	1,0	4,00	27000	67500	
			60/40	0,2	0,9	4,50	27000	60000	
			50/50	0,15	0,8	5,33	27000	50656,7	
			40/60	0,1	0,6	6,00	27000	45000	
			30/70	0,05	0,4	8,00	27000	33750	
		10	90/10	0,35	1,1	3,14	27000	85987,3	
			80/20	0,3	1,0	3,33	27000	81081,1	
			70/30	0,2	0,9	4,50	27000	60000	
			60/40	0,15	0,8	5,33	27000	50656,7	
			50/50	0,1	0,7	7,00	27000	38571,4	
			40/60	0,1	0,6	6,00	27000	45000	
			30/70	0,05	0,4	8,00	27000	33750	
		0,3	0,25	90/10	0,4	1,0	2,50	9000	12000
				80/20	0,4	1,0	2,50	9000	12000
				70/30	0,3	1,0	3,33	9000	9009
				60/40	0,3	1,0	3,33	9000	9009
			0,5	90/10	0,3	1,0	3,33	9000	9009

Продолжение таблицы 15

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
200	0,3	1	80/20	0,3	1,0	3,33	9000	9009
			70/30	0,25	1,0	4,00	9000	7500
			60/40	0,25	1,0	4,00	9000	7500
			50/50	0,2	0,9	4,50	9000	6666,667
			45/55	0,2	0,9	4,50	9000	6666,667
			35/65	0,15	0,8	5,33	9000	5628,533
		1	90/10	0,3	1,0	3,33	9000	9009
			80/20	0,25	0,9	3,60	9000	8333,333
			70/30	0,25	0,9	3,60	9000	8333,333
			60/40	0,2	0,8	4,00	9000	7500
			50/50	0,2	0,8	4,00	9000	7500
			45/55	0,15	0,8	5,33	9000	5628,533
		30/70	0,1	0,7	7,00	9000	4285,7	
		2	90/10	0,3	1,0	3,33	9000	9009
			80/20	0,2	0,9	4,50	9000	6666,667
			70/30	0,2	0,9	4,50	9000	6666,667
			60/40	0,2	0,9	4,50	9000	6666,667
			50/50	0,2	0,8	4,00	9000	7500
			45/55	0,1	0,7	7,00	9000	4285,7
			30/70	0,1	0,6	6,00	9000	5000
			20/80	0,05	0,4	8,00	9000	3750
		4	90/10	0,3	1,0	3,33	9000	9009
			80/20	0,25	1,0	4,00	9000	7500
			70/30	0,2	0,9	4,50	9000	6666,667
	60/40		0,15	0,8	5,33	9000	5628,533	
	50/50		0,1	0,7	7,00	9000	4285,7	
	45/55		0,1	0,6	6,00	9000	5000	
	30/70		0,05	0,5	10,00	9000	3000	
	6	90/10	0,3	1,0	3,33	9000	9009	
		80/20	0,25	1,0	4,00	9000	7500	
		70/30	0,2	0,9	4,50	9000	6666,667	
		60/40	0,15	0,8	5,33	9000	5628,533	
		50/50	0,1	0,7	7,00	9000	4285,7	
		30/70	0,05	0,4	8,00	9000	3750	
		25/75	0,05	0,3	6,00	9000	5000	
	0,5	0,25	90/10	0,25	0,9	3,60	5400	3000
			80/20	0,25	0,9	3,60	5400	3000
		0,5	90/10	0,25	0,9	3,60	5400	3000
			80/20	0,25	0,9	3,60	5400	3000
			70/30	0,25	0,9	3,60	5400	3000
			60/40	0,2	0,9	4,50	5400	2400

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
200	0,5		55/45	0,2	0,9	4,50	5400	2400	
		1		90/10	0,28	0,9	3,21	5400	3364,48
				80/20	0,25	0,9	3,60	5400	3000
				70/30	0,2	0,9	4,50	5400	2400
				60/40	0,15	0,8	5,33	5400	2026,26
				50/50	0,15	0,8	5,33	5400	2026,26
				40/50	0,15	0,7	4,67	5400	2312,64
		2		90/10	0,25	0,9	3,60	5400	3000
				80/20	0,25	0,9	3,60	5400	3000
				70/30	0,2	0,8	4,00	5400	2700
				60/40	0,15	0,8	5,33	5400	2026,26
				50/50	0,1	0,7	7,00	5400	1542,86
				40/60	0,1	0,6	6,00	5400	1800
			30/70	0,05	0,5	10,00	5400	1080	
	0,6	0,25		90/10	0,25	0,9	3,60	5400	2500
				80/20	0,25	0,9	3,60	5400	2500
		0,5		90/10	0,25	0,9	3,60	5400	2500
				80/20	0,2	0,9	4,50	5400	2000
				70/30	0,2	0,9	4,50	5400	2000
				65/35	0,2	0,8	4,00	5400	2250
		1		90/10	0,2	0,9	4,50	5400	2000
				80/20	0,2	0,9	4,50	5400	2000
				70/30	0,2	0,9	4,50	5400	2000
				65/35	0,15	0,8	5,33	5400	1688,55
				50/50	0,15	0,8	5,33	5400	1688,55
				40/60	0,15	0,7	4,67	5400	1927,2
		2		90/10	0,2	0,9	4,50	5400	2000
				80/20	0,2	0,8	4,00	5400	2250
				70/30	0,2	0,8	4,00	5400	2250
				60/40	0,15	0,7	4,67	5400	1927,2
				50/50	0,1	0,7	7,00	5400	1285,717
				40/60	0,1	0,6	6,00	5400	1500
		30/70	0,05	0,5	10,00	5400	900		
0,8	0,25		90/10	0,2	0,8	4,00	4500	1406,25	
	0,5		90/10	0,2	0,8	4,00	4500	1406,25	
			80/20	0,2	0,8	4,00	4500	1406,25	
	1,0		90/10	0,2	0,8	4,00	4500	1406,25	
			80/20	0,2	0,8	4,00	4500	1406,25	
			70/30	0,15	0,8	5,33	4500	1055,35	
	60/40	0,15	0,8	5,33	4500	1055,35			
1,0	0,25		90/10	0,15	0,8	5,33	4500	844,28	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
200	1,0	0,5	90/10	0,15	0,8	5,33	4500	844,28
			80/20	0,15	0,8	5,33	4500	844,28
		1,0	90/10	0,15	0,8	5,33	4500	844,28
			85/15	0,15	0,7	4,67	4500	963,60
			70/30	0,15	0,7	4,67	4500	963,60
			65/35	0,15	0,7	4,67	4500	963,60
	1,2	0,25	95/5	0,15	0,7	4,67	4500	803
		0,5	90/10	0,15	0,7	4,67	4500	803

Таблица 16

Расчётные параметры процесса наплавки при величине тока 250 А.

Ток дуги, А	Скорость наплавки, см/с	Частота коммутации, Гц	Предельное значение баланса (Тн/Тп), %	Глубина провара, см	Ширина шва, см	Коэффициент провара F=B/h	Погонная энергия Qп	K=qп /F*V
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
250	0,1	0,25	90/10	0,6	1,5	2,50	37500	150000
			80/20	0,6	1,5	2,50	37500	150000
			70/30	0,55	1,4	2,55	37500	147058,8
			60/40	0,5	1,3	2,60	37500	144230,8
			50/50	0,45	1,3	2,89	37500	129757,8
			40/60	0,4	1,2	3,00	37500	125000
			30/70	0,3	1,1	3,67	37500	102179,8
			20/80	0,25	1,0	4,00	37500	93750
			10/90	0,2	0,9	4,50	37500	83333,3
		0,5	90/10	0,6	1,5	2,50	37500	150000
			80/20	0,55	1,5	2,73	37500	137362,6
			70/30	0,5	1,4	2,80	37500	133928,6
			60/40	0,45	1,3	2,89	37500	129757,8
			50/50	0,4	1,2	3,00	37500	125000
			40/60	0,35	1,1	3,14	37500	119426,8
			30/70	0,3	1,0	3,33	37500	112612,6
			20/80	0,2	0,9	4,50	37500	83333,3
			10/90	0,1	0,7	7,00	37500	53571,4
			5/95	0,05	0,6	12,00	37500	31250
			1	90/10	0,55	1,5	2,73	37500
		80/20		0,5	1,5	3,00	37500	125000
		70/30		0,45	1,4	3,11	37500	120578,8

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
250	0,1	1	60/40	0,4	1,3	3,25	37500	115384,6
			50/50	0,35	1,2	3,43	37500	109329,4
			40/60	0,3	1,1	3,67	37500	102179,8
			30/70	0,2	0,9	4,50	37500	83333,3
			20/80	0,15	0,8	5,33	37500	70356,5
			10/90	0,05	0,6	12,00	37500	31250
			5/95	0,05	0,3	6,00	37500	62500
		2	90/10	0,6	1,5	2,50	37500	150000
			80/20	0,6	1,4	2,33	37500	160944,2
			70/30	0,5	1,3	2,60	37500	144230,8
			60/40	0,4	1,2	3,00	37500	125000
			50/50	0,3	1,1	3,67	37500	102179,8
			40/60	0,2	1,0	5,00	37500	75000
			30/70	0,15	0,9	2,50	37500	150000
			20/80	0,1	0,7	2,50	37500	150000
			10/90	0,05	0,4	2,55	37500	147058,8
		4	90/10	0,55	1,5	2,60	37500	144230,8
			80/20	0,45	1,4	2,89	37500	129757,8
			70/30	0,4	1,3	3,00	37500	125000
			60/40	0,3	1,2	3,67	37500	102179,8
			50/50	0,25	1,1	4,00	37500	93750
			40/60	0,2	0,9	4,50	37500	83333,3
			30/70	0,1	0,8	2,50	37500	150000
			20/80	0,05	0,6	2,73	37500	137362,6
		6	90/10	0,55	1,4	2,80	37500	133928,6
			80/20	0,4	1,3	2,89	37500	129757,8
			70/30	0,3	1,2	3,00	37500	125000
			60/40	0,2	1,1	3,14	37500	119426,8
			50/50	0,25	1,0	4,00	37500	93750
			40/60	0,2	0,9	4,50	37500	83333,3
			30/70	0,1	0,7	7,00	37500	53571,4
			20/80	0,05	0,6	12,00	37500	31250
		8	90/10	0,5	1,4	2,80	37500	133928,6
			80/20	0,4	1,4	3,50	37500	107142,9
			70/30	0,35	1,3	3,71	37500	101078,2
			60/40	0,3	1,2	4,00	37500	93750
			50/50	0,25	1,0	4,00	37500	93750
			40/60	0,2	0,8	4,00	37500	93750
			30/70	0,1	0,7	7,00	37500	53571,4
			20/80	0,05	0,5	10,00	37500	37500
		10	90/10	0,45	1,3	2,89	37500	129757,8

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
250	0,1		80/20	0,4	1,3	3,25	37500	115384,6	
			70/30	0,35	1,2	3,43	37500	109329,4	
			60/40	0,3	1,1	3,67	37500	102179,8	
			50/50	0,25	1,0	4,00	37500	93750	
			40/60	0,2	0,8	4,00	37500	93750	
			30/70	0,1	0,6	6,00	37500	62500	
			20/80	0,05	0,4	8,00	37500	46875	
	0,3	0,25		90/10	0,45	1,3	2,89	12500	14417,53
				80/20	0,45	1,3	2,89	12500	14417,53
				70/30	0,4	1,2	3,00	12500	13888,9
				60/40	0,4	1,2	3,00	12500	13888,9
				50/50	0,35	1,2	3,43	12500	12147,7
		0,5		90/10	0,45	1,3	2,89	12500	14417,53
				80/20	0,35	1,2	3,43	12500	12147,7
				70/30	0,35	1,2	3,43	12500	12147,7
				60/40	0,3	1,1	3,67	12500	11353,3
				50/50	0,3	1,1	3,67	12500	11353,3
				40/60	0,25	1,0	4,00	12500	10416,67
		1		30/70	0,25	1,0	4,00	12500	10416,67
				90/10	0,4	1,2	3,00	12500	13888,9
				80/20	0,4	1,2	3,00	12500	14417,53
				70/30	0,3	1,0	3,33	12500	12512,5
	60/40			0,3	1,0	3,33	12500	12512,5	
	50/50			0,25	1,0	4,00	12500	10416,67	
	40/60			0,2	0,9	4,50	12500	9259,267	
	30/70			0,2	0,9	4,50	12500	9259,267	
	2		20/70	0,15	0,8	5,33	12500	7817,4	
			10/90	0,05	0,6	12,00	12500	3472,233	
			90/10	0,4	1,2	3,00	12500	13888,9	
			80/20	0,4	1,2	3,00	12500	13888,9	
			70/30	0,35	1,1	3,14	12500	13269,63	
			60/40	0,3	1,1	3,67	12500	11353,3	
			50/50	0,25	1,0	4,00	12500	10416,67	
			40/60	0,2	0,9	4,50	12500	9259,267	
			30/70	0,15	0,8	5,33	12500	7817,4	
	4		20/80	0,1	0,7	7,00	12500	5952,367	
			10/90	0,05	0,4	8,00	12500	5208,333	
			90/10	0,4	1,2	3,00	12500	13888,9	
			80/20	0,4	1,2	3,00	12500	13888,9	
			70/30	0,35	1,1	3,14	12500	13269,63	
			60/40	0,3	1,0	3,33	12500	12512,5	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
			50/50	0,2	0,9	4,50	12500	9259,267	
			40/60	0,15	0,8	5,33	12500	7817,4	
			30/70	0,1	0,7	7,00	12500	5952,367	
			20/80	0,05	0,5	10,00	12500	4166,667	
		6	90/10	0,4	1,2	3,00	12500	13888,9	
			80/20	0,3	1,1	3,67	12500	11353,3	
			70/30	0,3	1,1	3,67	12500	11353,3	
			60/40	0,25	1,0	4,00	12500	10416,67	
			50/50	0,2	0,9	4,50	12500	9259,267	
			40/60	0,15	0,8	5,33	12500	7817,4	
			35/65	0,1	0,6	6,00	12500	6944,433	
			20/80	0,05	0,5	10,00	12500	4166,667	
		8	90/10	0,4	1,2	3,00	12500	13888,9	
			80/20	0,3	1,1	3,67	12500	11353,3	
			70/30	0,25	1,0	4,00	12500	10416,67	
			60/40	0,2	0,9	4,50	12500	9259,267	
			50/50	0,2	0,9	4,50	12500	9259,267	
			40/60	0,1	0,8	8,00	12500	5208,333	
			30/70	0,05	0,6	12,00	12500	3472,233	
			20/80	0,05	0,4	8,00	12500	5208,333	
		10	90/10	0,35	1,1	3,14	12500	13269,63	
			80/20	0,3	1,1	3,67	12500	11353,3	
			70/30	0,2	1,0	5,00	12500	8333,333	
			60/40	0,2	1,0	5,00	12500	8333,333	
			50/50	0,15	0,9	6,00	12500	6944,433	
			40/60	0,1	0,7	7,00	12500	5952,367	
			30/70	0,05	0,6	12,00	12500	3472,233	
			20/80	0,05	0,3	6,00	12500	6944,433	
		0,5	0,25	90/10	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
				80/20	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
			0,5	90/10	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
				80/20	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
				70/30	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
				60/40	0,3	1,0	3,33	7500	4504,5
				50/50	0,3	1,0	3,33	7500	4504,5
				45/55	0,25	1,0	4,00	7500	3750
			1	90/10	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
				80/20	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
				70/30	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
				60/40	0,25	1,0	4,00	7500	3750
50/50	0,25			1,0	4,00	7500	3750		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			40/60	0,2	0,9	4,50	7500	3333,34
			30/70	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
		2	90/10	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
			80/20	0,3	1,0	3,33	7500	4504,5
			70/30	0,3	1,0	3,33	7500	4504,5
			60/40	0,2	0,9	4,50	7500	3333,34
			50/50	0,2	0,9	4,50	7500	3333,34
			40/60	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
			30/70	0,1	0,7	7,00	7500	2142,86
			20/80	0,1	0,6	6,00	7500	2500
		4	90/10	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
			80/20	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
			70/30	0,2	1,0	5,00	7500	3000
			60/40	0,2	1,0	5,00	7500	3000
			50/50	0,15	0,9	6,00	7500	2500
			40/60	0,1	0,8	8,00	7500	1875
			30/70	0,1	0,7	7,00	7500	2142,86
			20/80	0,05	0,5	10,00	7500	1500
		6	90/10	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
			80/20	0,3	1,1	3,67	7500	4087,2
			70/30	0,25	1,0	4,00	7500	3750
			60/40	0,2	0,9	4,50	7500	3333,34
			50/50	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
			40/60	0,1	0,7	7,00	7500	2142,86
			30/70	0,05	0,5	10,00	7500	1500
			20/80	0,05	0,4	8,00	7500	1875
		8	90/10	0,3	1,1	3,67	7500	4087,2
			80/20	0,25	1,0	4,00	7500	3750
			70/30	0,25	1,0	4,00	7500	3750
			60/40	0,2	0,8	4,00	7500	3750
			50/50	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
			40/60	0,05	0,7	14,00	7500	1071,42
			30/70	0,05	0,6	12,00	7500	1250
			20/80	0,05	0,3	6,00	7500	2500
		10	90/10	0,3	1,0	3,33	7500	4504,5
			80/20	0,25	0,9	3,60	7500	4166,66
			70/30	0,25	0,9	3,60	7500	4166,66
			60/40	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
			50/50	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
			40/60	0,1	0,7	7,00	7500	2142,86
			30/70	0,05	0,5	10,00	7500	1500

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			40/60	0,2	0,9	4,50	7500	3333,34
			30/70	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
		2	90/10	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
			80/20	0,3	1,0	3,33	7500	4504,5
			70/30	0,3	1,0	3,33	7500	4504,5
			60/40	0,2	0,9	4,50	7500	3333,34
			50/50	0,2	0,9	4,50	7500	3333,34
			40/60	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
			30/70	0,1	0,7	7,00	7500	2142,86
			20/80	0,1	0,6	6,00	7500	2500
		4	90/10	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
			80/20	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
			70/30	0,2	1,0	5,00	7500	3000
			60/40	0,2	1,0	5,00	7500	3000
			50/50	0,15	0,9	6,00	7500	2500
			40/60	0,1	0,8	8,00	7500	1875
			30/70	0,1	0,7	7,00	7500	2142,86
			20/80	0,05	0,5	10,00	7500	1500
		6	90/10	0,35	1,1	3,14	7500	4777,08
			80/20	0,3	1,1	3,67	7500	4087,2
			70/30	0,25	1,0	4,00	7500	3750
			60/40	0,2	0,9	4,50	7500	3333,34
			50/50	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
			40/60	0,1	0,7	7,00	7500	2142,86
			30/70	0,05	0,5	10,00	7500	1500
			20/80	0,05	0,4	8,00	7500	1875
		8	90/10	0,3	1,1	3,67	7500	4087,2
			80/20	0,25	1,0	4,00	7500	3750
			70/30	0,25	1,0	4,00	7500	3750
			60/40	0,2	0,8	4,00	7500	3750
			50/50	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
			40/60	0,05	0,7	14,00	7500	1071,42
			30/70	0,05	0,6	12,00	7500	1250
			20/80	0,05	0,3	6,00	7500	2500
		10	90/10	0,3	1,0	3,33	7500	4504,5
			80/20	0,25	0,9	3,60	7500	4166,66
			70/30	0,25	0,9	3,60	7500	4166,66
			60/40	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
			50/50	0,15	0,8	5,33	7500	2814,26
			40/60	0,1	0,7	7,00	7500	2142,86
			30/70	0,05	0,5	10,00	7500	1500

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.		
			20/80	0,05	0,2	4,00	7500	3750		
	0,6	0,25	90/10	0,35	1,1	3,14	6250	3317,417		
			80/20	0,35	1,1	3,14	6250	3317,417		
	0,5	0,5	90/10	0,35	1,1	3,14	6250	3317,417		
			80/20	0,3	1,0	3,33	6250	3128,133		
			70/30	0,3	1,0	3,33	6250	3128,133		
			60/40	0,25	1,0	4,00	6250	2604,167		
			50/50	0,25	1,0	4,00	6250	2604,167		
			1	1	90/10	0,3	1,1	3,67	6250	2838,333
					80/20	0,3	1,1	3,67	6250	2838,333
	70/30	0,25			1,0	4,00	6250	2604,167		
	60/40	0,25			1,0	4,00	6250	2604,167		
	50/50	0,2			0,9	4,50	6250	2314,817		
	40/60	0,2			0,9	4,50	6250	2314,817		
	30/70	0,15			0,8	5,33	6250	1954,35		
	2	2	90/10	0,3	1,1	3,67	6250	2838,333		
			80/20	0,3	1,1	3,67	6250	2838,333		
			70/30	0,25	1,0	4,00	6250	2604,167		
			60/40	0,2	0,9	4,50	6250	2314,817		
			50/50	0,2	0,9	4,50	6250	2314,817		
			45/55	0,15	0,8	5,33	6250	1954,35		
			30/70	0,1	0,7	7,00	6250	1488,1		
			20/80	0,1	0,6	6,00	6250	1736,117		
	4	4	90/10	0,3	1,0	3,33	6250	3128,133		
			80/20	0,3	1,0	3,33	6250	3128,133		
			70/30	0,25	1,0	4,00	6250	2604,167		
			60/40	0,2	0,9	4,50	6250	2314,817		
			50/50	0,15	0,8	5,33	6250	1954,35		
			45/55	0,1	0,7	7,00	6250	1488,1		
			30/70	0,1	0,7	7,00	6250	1488,1		
			20/80	0,1	0,6	6,00	6250	1736,117		
	6	6	90/10	0,3	1,0	3,33	6250	3128,133		
			80/20	0,3	1,0	3,33	6250	3128,133		
			70/30	0,2	0,9	4,50	6250	2314,817		
			60/40	0,2	0,9	4,50	6250	2314,817		
			50/50	0,15	0,8	5,33	6250	1954,35		
			45/55	0,1	0,7	7,00	6250	1488,1		
			30/70	0,05	0,6	12,00	6250	868,05		
			20/80	0,05	0,4	8,00	6250	1302,083		
	8	8	90/10	0,3	1,0	3,33	6250	3128,133		
			80/20	0,3	1,0	3,33	6250	3128,133		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
			70/30	0,25	1,0	4,00	6250	2604,167	
			60/40	0,2	0,9	4,50	6250	2314,817	
			50/50	0,15	0,8	5,33	6250	1954,35	
			45/55	0,1	0,7	7,00	6250	1488,1	
			30/70	0,05	0,5	10,00	6250	1041,667	
			20/80	0,05	0,3	6,00	6250	1736,117	
		10	90/10	0,25	1,0	4,00	6250	2604,167	
			80/20	0,25	1,0	4,00	6250	2604,167	
			70/30	0,15	0,9	6,00	6250	1736,117	
			60/40	0,15	0,9	6,00	6250	1736,117	
			50/50	0,1	0,7	7,00	6250	1488,1	
			40/60	0,1	0,7	7,00	6250	1488,1	
		0,8	0,25	90/10	0,3	1,0	3,33	4688	1759,763
				80/20	0,3	1,0	3,33	4688	1759,763
			0,5	90/10	0,3	1,0	3,33	4688	1759,763
				80/20	0,3	1,0	3,33	4688	1759,763
	70/30			0,25	1,0	4,00	4688	1465	
	60/40			0,25	1,0	4,00	4688	1465	
	55/45			0,25	1,0	4,00	4688	1465	
	1		90/10	0,3	1,0	3,33	4688	1759,763	
			80/20	0,3	1,0	3,33	4688	1759,763	
			70/30	0,3	1,0	3,33	4688	837,1375	
			60/40	0,3	1,0	3,33	4688	488,3375	
			50/50	0,2	0,9	4,50	4688	1302,225	
	2		90/10	0,25	1,0	4,00	4688	1465	
			80/20	0,25	1,0	4,00	4688	1465	
			70/30	0,2	0,9	4,50	4688	1302,225	
			60/40	0,2	0,9	4,50	4688	1302,225	
		50/50	0,15	0,8	5,33	4688	1099,438		
		40/60	0,15	0,8	5,33	4688	1099,438		
	4	90/10	0,25	1,0	4,00	4688	1465		
		80/20	0,25	1,0	4,00	4688	1465		
70/30		0,2	0,9	4,50	4688	1302,225			
60/40		0,2	0,9	4,50	4688	1302,225			
50/50		0,2	0,9	4,50	4688	1302,225			
40/60		0,1	0,7	7,00	4688	837,1375			
30/70		0,05	0,4	8,00	4688	732,5			
6	90/10	0,25	1,0	4,00	4688	1465			
	80/20	0,25	1,0	4,00	4688	1465			

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
	0,8	0,25	90/10	0,3	1,0	3,33	4688	1759,763
			80/20	0,3	1,0	3,33	4688	1759,763
		0,5	90/10	0,3	1,0	3,33	4688	1759,763
			80/20	0,3	1,0	3,33	4688	1759,763
			70/30	0,25	1,0	4,00	4688	1465
			60/40	0,25	1,0	4,00	4688	1465
			55/45	0,25	1,0	4,00	4688	1465
			1	90/10	0,3	1,0	3,33	4688
		1	80/20	0,3	1,0	3,33	4688	1759,763
			70/30	0,3	1,0	3,33	4688	837,1375
			60/40	0,3	1,0	3,33	4688	488,3375
			50/50	0,2	0,9	4,50	4688	1302,225
			2	90/10	0,25	1,0	4,00	4688
		2	80/20	0,25	1,0	4,00	4688	1465
			70/30	0,2	0,9	4,50	4688	1302,225
			60/40	0,2	0,9	4,50	4688	1302,225
			50/50	0,15	0,8	5,33	4688	1099,438
			40/60	0,15	0,8	5,33	4688	1099,438
			4	90/10	0,25	1,0	4,00	4688
		4	80/20	0,25	1,0	4,00	4688	1465
			70/30	0,2	0,9	4,50	4688	1302,225
			60/40	0,2	0,9	4,50	4688	1302,225
			50/50	0,2	0,9	4,50	4688	1302,225
			40/60	0,1	0,7	7,00	4688	837,1375
			30/70	0,05	0,4	8,00	4688	732,5
			6	90/10	0,25	1,0	4,00	4688
		6	80/20	0,25	1,0	4,00	4688	1465
			70/30	0,2	0,9	4,50	4688	1302,225
			60/40	0,2	0,8	4,00	4688	1465
			50/50	0,15	0,7	4,67	4688	1254,813
			40/60	0,1	0,7	7,00	4688	837,1375
			30/70	0,05	0,5	10,00	4688	586
			20/80	0,05	0,3	6,00	4688	976,6625
			8	90/10	0,25	1,0	4,00	4688
		8	80/20	0,25	1,0	4,00	4688	1465
			70/30	0,2	0,9	4,50	4688	1302,225
			60/40	0,15	0,8	5,33	4688	1099,438
			50/50	0,1	0,7	7,00	4688	837,1375
			40/60	0,1	0,6	6,00	4688	976,6625
			30/70	0,05	0,5	10,00	4688	586
			20/80	0,05	0,2	4,00	4688	1465

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
	1,0	0,25	90/10	0,25	0,9	3,60	3750	1041,67
		0,5	90/10	0,25	0,9	3,60	3750	1041,67
			80/20	0,25	0,9	3,60	3750	1041,67
			70/30	0,25	0,9	3,60	3750	1041,67
			60/40	0,25	0,9	3,60	3750	1041,67
			55/45	0,25	0,9	3,60	3750	1041,67
			1	90/10	0,25	0,9	3,60	3750
		80/20	0,25	0,9	3,60	3750	1041,67	
		70/30	0,25	0,9	3,60	3750	1041,67	
		60/40	0,2	0,9	4,50	3750	833,33	
		55/45	0,2	0,9	4,50	3750	833,33	
		2	90/10	0,25	0,9	3,60	3750	1041,67
		80/20	0,2	0,9	4,50	3750	833,33	
		70/30	0,2	0,9	4,50	3750	833,33	
		60/40	0,2	0,9	4,50	3750	833,33	
		55/45	0,15	0,8	5,33	3750	703,56	
		40/60	0,15	0,7	4,67	3750	803,00	
		4	90/10	0,25	0,9	3,60	3750	1041,67
		80/20	0,2	0,9	4,50	3750	833,33	
		70/30	0,2	0,8	4,00	3750	937,50	
		60/40	0,15	0,8	5,33	3750	703,56	
		50/50	0,1	0,7	7,00	3750	535,71	
		40/60	0,1	0,7	7,00	3750	535,71	
		30/70	0,05	0,6	12,00	3750	312,50	
	20/80	0,05	0,4	8,00	3750	468,75		
	1,2	0,25	90/10	0,25	0,9	3,60	3125	723,3833
	0,5	90/10	0,5	0,9	1,80	3125	1446,667	
		80/20	0,25	0,9	3,60	3125	723,3833	
	1	90/10	0,25	0,9	3,60	3125	723,3833	
		80/20	0,25	0,9	3,60	3125	723,3833	
		70/30	0,2	0,9	4,50	3125	578,7	
		60/40	0,2	0,9	4,50	3125	578,7	
	2	90/10	0,2	0,9	4,50	3125	578,7	
		80/20	0,2	0,9	4,50	3125	578,7	
		70/30	0,15	0,8	5,33	3125	488,5833	
		60/40	0,15	0,8	5,33	3125	488,5833	
50/50		0,15	0,8	5,33	3125	488,5833		
40/60		0,1	0,7	7,00	3125	372,025		
4	90/10	0,2	0,9	4,50	3125	578,7		
	80/20	0,2	0,9	4,50	3125	578,7		
	70/30	0,25	0,8	3,20	3125	813,8		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
			60/40	0,1	0,7	7,00	3125	372,025	
			50/50	0,1	0,7	7,00	3125	372,025	
			40/60	0,1	0,6	6,00	3125	434,025	
			30/70	0,05	0,5	10,00	3125	260,4167	
	1,4	0,25		95/5	0,2	0,9	4,50	2679	425,2357
				0,5	90/10	0,2	0,9	4,50	2679
				80/20	0,2	0,9	4,50	2679	425,2357
				1	90/10	0,2	0,9	4,50	2679
				80/20	0,2	0,9	4,50	2679	425,2357
				70/30	0,2	0,8	4,00	2679	478,3929
		2		90/10	0,2	0,8	4,00	2679	478,3929
				80/20	0,2	0,8	4,00	2679	478,3929
				70/30	0,15	0,8	5,33	2679	359,0214
				60/40	0,15	0,8	5,33	2679	359,0214
				50/50	0,15	0,8	5,33	2679	359,0214

Таблица 18

Расчётные параметры процесса наплавки при величине тока 300 А.

Ток дуги, А	Скорость наплавки, см/с	Частота коммутации, Гц	Предельное значение баланса (Тн/Тп), %	Глубина провара, см	Ширина шва, см	Коэффициент провара F=B/h	Погонная энергия q <sub>п</sub>	K=q <sub>п</sub> /F*V
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
300	0,1	0,25	90/10	0,75	1,8	2,40	49500	206250
			80/20	0,75	1,8	2,40	49500	206250
			70/30	0,7	1,7	2,43	49500	203703,7
			60/40	0,6	1,6	2,67	49500	185393,3
			50/50	0,55	1,5	2,73	49500	181318,7
			40/60	0,4	1,4	3,50	49500	141428,6
			30/70	0,35	1,3	3,71	49500	133423,2
			20/80	0,3	1,2	4,00	49500	123750
			10/90	0,25	1,0	4,00	49500	123750
		5/95	0,15	0,8	5,33	49500	92870,5	
		0,5	90/10	0,75	1,8	2,40	49500	206250
			80/20	0,6	1,7	2,83	49500	174911,7
			70/30	0,55	1,6	2,91	49500	170103,1
			60/40	0,5	1,5	3,00	49500	165000

Продолжение таблицы 18

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			50/50	0,5	1,4	2,80	49500	176785,7
			40/60	0,4	1,3	3,25	49500	152307,7
			30/70	0,3	1,1	3,67	49500	134877,4
			20/80	0,2	1,0	5,00	49500	99000
			10/90	0,15	0,9	6,00	49500	82500
			5/95	0,1	0,7	7,00	49500	70714,3
	1		90/10	0,75	1,8	2,40	49500	206250
	1		80/20	0,7	1,6	2,29	49500	216157,2
	1		70/30	0,6	1,5	2,50	49500	198000
	1		60/40	0,5	1,4	2,80	49500	176785,7
	1		50/50	0,45	1,3	2,89	49500	171280,3
	1		40/60	0,4	1,1	2,75	49500	180000
	1		30/70	0,3	1,0	3,33	49500	148648,6
	1		20/80	0,2	0,9	4,50	49500	110000
	1		10/90	0,1	0,8	8,00	49500	61875
	1		5/95	0,05	0,6	12,00	49500	41250
	2		90/10	0,75	1,8	2,40	49500	206250
	2		80/20	0,7	1,7	2,43	49500	203703,7
	2		70/30	0,6	1,5	2,50	49500	198000
	2		60/40	0,5	1,4	2,80	49500	176785,7
	2		50/50	0,4	1,3	3,25	49500	152307,7
	2		40/60	0,3	1,1	3,67	49500	134877,4
	2		30/70	0,2	1,0	5,00	49500	99000
	2		20/80	0,1	0,8	8,00	49500	61875
	2		10/90	0,05	0,6	12,00	49500	41250
	2		5/95	0,05	0,3	6,00	49500	82500
	4		90/10	0,75	1,8	2,40	49500	206250
	4		80/20	0,7	1,7	2,43	49500	203703,7
	4		70/30	0,6	1,5	2,50	49500	198000
	4		60/40	0,5	1,4	2,80	49500	176785,7
	4		50/50	0,4	1,3	3,25	49500	152307,7
	4		40/60	0,3	1,1	3,67	49500	134877,4
	4		30/70	0,2	1,0	5,00	49500	99000
	4		20/80	0,1	0,8	8,00	49500	61875
	4		10/90	0,05	0,5	10,00	49500	49500
	6		90/10	0,7	1,7	2,43	49500	203703,7
	6		80/20	0,6	1,6	2,67	49500	185393,3
	6		70/30	0,55	1,4	2,55	49500	194117,6
	6		60/40	0,5	1,3	2,60	49500	190384,6
	6		50/50	0,4	1,2	3,00	49500	165000
	6		40/60	0,25	1,1	4,40	49500	112500

Продолжение таблицы 18

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			30/70	0,2	1,0	5,00	49500	99000
			20/80	0,1	0,8	8,00	49500	61875
			10/90	0,05	0,4	8,00	49500	61875
		8	90/10	0,65	1,7	2,62	49500	188931,3
			80/20	0,6	1,5	2,50	49500	198000
			70/30	0,5	1,4	2,80	49500	176785,7
			60/40	0,4	1,3	3,25	49500	152307,7
			50/50	0,35	1,2	3,43	49500	144314,9
			40/60	0,25	1,1	4,40	49500	112500
			30/70	0,15	0,9	6,00	49500	82500
			20/80	0,1	0,7	7,00	49500	70714,3
			10/90	0,05	0,3	6,00	49500	82500
		10	90/10	0,6	1,6	2,67	49500	185393,3
			80/20	0,5	1,5	3,00	49500	165000
			70/30	0,45	1,4	3,11	49500	159164
			60/40	0,4	1,3	3,25	49500	152307,7
			50/50	0,35	1,2	3,43	49500	144314,9
			40/60	0,2	1,0	5,00	49500	99000
			30/70	0,15	0,9	6,00	49500	82500
			20/80	0,05	0,7	14,00	49500	35357,1
	0,3	0,25	90/10	0,55	1,5	2,73	16500	20146,53
			80/20	0,55	1,5	2,73	16500	20146,53
			70/30	0,5	1,4	2,80	16500	19642,87
			60/40	0,5	1,4	2,80	16500	19642,87
			50/50	0,45	1,3	2,89	16500	19031,13
		0,5	90/10	0,55	1,4	2,55	16500	21568,63
			80/20	0,5	1,3	2,60	16500	21153,83
			70/30	0,4	1,3	3,25	16500	16923,07
			60/40	0,4	1,2	3,00	16500	18333,33
			50/50	0,4	1,2	3,00	16500	18333,33
			40/60	0,35	1,2	3,43	16500	16035
			30/70	0,3	1,1	3,67	16500	14986,37
			20/80	0,25	1,0	4,00	16500	13750
		1	90/10	0,55	1,4	2,55	16500	21568,63
			80/20	0,45	1,3	2,89	16500	19031,13
			70/30	0,4	1,3	3,25	16500	16923,07
			60/40	0,4	1,3	3,25	16500	16923,07
			50/50	0,35	1,2	3,43	16500	16035
			40/60	0,25	1,1	4,40	16500	12500
			30/70	0,2	1,2	6,00	16500	9166,667
			20/80	0,15	0,9	6,00	16500	9166,667

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			10/90	0,1	0,7	7,00	16500	7857,133
	2		90/10	0,55	1,4	2,55	16500	21568,63
			80/20	0,5	1,3	2,60	16500	21153,83
			70/30	0,4	1,2	3,00	16500	18333,33
			60/40	0,4	1,2	3,00	16500	18333,33
			50/50	0,3	1,1	3,67	16500	14986,37
			40/60	0,2	1,0	5,00	16500	11000
			30/70	0,15	0,9	6,00	16500	9166,667
			20/80	0,1	0,8	8,00	16500	6875
			10/90	0,05	0,6	12,00	16500	4583,333
	4		90/10	0,55	1,4	2,55	16500	21568,63
			80/20	0,45	1,3	2,89	16500	19031,13
			70/30	0,4	1,3	3,25	16500	16923,07
			60/40	0,35	1,2	3,43	16500	16035
			50/50	0,3	1,1	3,67	16500	14986,37
			40/60	0,2	1,0	5,00	16500	11000
			30/70	0,15	0,9	6,00	16500	9166,667
			20/80	0,1	0,7	7,00	16500	7857,133
			10/90	0,05	0,4	8,00	16500	6875
	6		90/10	0,55	1,4	2,55	16500	21568,63
			80/20	0,5	1,3	2,60	16500	21153,83
			70/30	0,4	1,2	3,00	16500	18333,33
			60/40	0,35	1,1	3,14	16500	17515,93
			50/50	0,3	1,1	3,67	16500	14986,37
			40/60	0,3	1,0	3,33	16500	16516,5
			30/70	0,2	0,8	4,00	16500	13750
			20/80	0,1	0,7	7,00	16500	7857,133
			10/90	0,05	0,3	6,00	16500	9166,667
	8		90/10	0,5	1,4	2,80	16500	19642,87
			80/20	0,4	1,3	3,25	16500	16923,07
			70/30	0,3	1,2	4,00	16500	13750
			60/40	0,3	1,2	4,00	16500	13750
			50/50	0,25	1,1	4,40	16500	12500
			40/60	0,2	1,0	5,00	16500	11000
			30/70	0,1	0,8	8,00	16500	6875
			20/80	0,05	0,6	12,00	16500	4583,333
			10/90	0,05	0,2	4,00	16500	13750
	10		90/10	0,45	1,3	2,89	16500	19031,13
			80/20	0,4	0,2	0,50	16500	110000
			70/30	0,4	1,1	2,75	16500	20000
			60/40	0,25	1,0	4,00	16500	13750

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
			50/50	0,25	1,0	4,00	16500	13750	
			40/60	0,2	0,9	4,50	16500	12222,23	
			30/70	0,1	0,8	8,00	16500	6875	
			20/80	0,05	0,6	12,00	16500	4583,333	
		0,5	0,25	90/10	0,45	1,3	2,89	9900	6851,22
				80/20	0,45	1,3	2,89	9900	6851,22
				70/30	0,45	1,3	2,89	9900	6851,22
			0,5	90/10	0,45	1,3	2,89	9900	6851,22
				80/20	0,4	1,2	3,00	9900	6600
				70/30	0,4	1,2	3,00	9900	6600
				60/40	0,4	1,2	3,00	9900	6600
				50/50	0,35	1,2	3,43	9900	5772,6
			1	40/60	0,3	1,1	3,67	9900	5395,1
				90/10	0,45	1,3	2,89	9900	6851,22
				80/20	0,45	1,3	2,89	9900	6851,22
				70/30	0,4	1,2	3,00	9900	6600
		60/40		0,35	1,1	3,14	9900	6305,74	
		50/50		0,3	1,1	3,67	9900	5395,1	
		40/60		0,25	1,1	4,40	9900	4500	
		2	30/70	0,2	1,0	5,00	9900	3960	
			20/80	0,15	0,9	6,00	9900	3300	
			90/10	0,45	1,3	2,89	9900	6851,22	
			80/20	0,4	1,2	3,00	9900	6600	
			70/30	0,3	1,1	3,67	9900	5395,1	
			60/40	0,25	1,0	4,00	9900	4950	
			50/50	0,25	1,0	4,00	9900	4950	
			40/60	0,15	0,9	6,00	9900	3300	
			30/70	0,15	0,9	6,00	9900	3300	
			20/80	0,10	0,8	8,00	9900	2475	
		4	10/90	0,05	0,6	12,00	9900	1650	
			90/10	0,4	1,3	3,25	9900	6092,3	
			80/20	0,4	1,2	3,00	9900	6600	
70/30			0,35	1,1	3,14	9900	6305,74		
60/40			0,3	1,1	3,67	9900	5395,1		
50/50			0,25	1,0	4,00	9900	4950		
40/60			0,15	0,9	6,00	9900	3300		
30/70	0,1		0,8	8,00	9900	2475			
20/80	0,1		0,7	7,00	9900	2828,58			
10/90	0,05		0,4	8,00	9900	2475			
6	90/10	0,45	1,2	2,67	9900	7415,74			
	80/20	0,4	1,2	3,00	9900	6600			

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
			70/30	0,35	1,1	3,14	9900	6305,74	
			60/40	0,3	1,1	3,67	9900	5395,1	
			50/50	0,25	1,0	4,00	9900	4950	
			40/60	0,2	0,9	4,50	9900	4400	
			30/70	0,1	0,8	8,00	9900	2475	
			20/80	0,05	0,6	12,00	9900	1650	
			10/90	0,05	0,2	4,00	9900	4950	
		8	90/10	0,4	1,2	3,00	9900	6600	
			80/20	0,35	1,2	3,43	9900	5772,6	
			70/30	0,3	1,1	3,67	9900	5395,1	
			60/40	0,25	1,0	4,00	9900	4950	
			50/50	0,2	1,0	5,00	9900	3960	
			40/60	0,15	0,9	6,00	9900	3300	
			30/70	0,1	0,8	8,00	9900	2475	
		20/80	0,05	0,6	12,00	9900	1650		
		10	90/10	0,45	1,3	2,89	9900	6851,22	
			80/20	0,45	1,3	2,89	9900	6851,22	
			70/30	0,4	1,2	3,00	9900	6600	
			60/40	0,4	1,2	3,00	9900	6600	
			50/50	0,4	1,2	3,00	9900	6600	
		0,6	0,25	90/10	0,45	1,2	2,67	8250	5149,817
				80/20	0,45	1,2	2,67	8250	5149,817
				70/30	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333
			0,5	90/10	0,45	1,2	2,67	8250	5149,817
				80/20	0,45	1,2	2,67	8250	5149,817
				70/30	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333
				60/40	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333
				50/50	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333
	1		90/10	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333	
			80/20	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333	
			70/30	0,35	1,1	3,14	8250	4378,983	
			60/40	0,35	1,1	3,14	8250	4378,983	
			50/50	0,3	1,1	3,67	8250	3746,6	
			40/60	0,25	1,0	4,00	8250	3437,5	
			30/70	0,2	1,0	5,00	8250	2750	
	2		90/10	0,45	1,2	2,67	8250	5149,817	
			80/20	0,35	1,1	3,14	8250	4378,983	
			70/30	0,35	1,1	3,14	8250	4378,983	
			60/40	0,3	1,0	3,33	8250	4129,133	
			50/50	0,25	1,0	4,00	8250	3437,5	
			40/60	0,2	1,0	5,00	8250	2750	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
			70/30	0,35	1,1	3,14	9900	5254,783	
			60/40	0,3	1,1	3,67	9900	4495,917	
			50/50	0,25	1,0	4,00	9900	4125	
			40/60	0,2	0,9	4,50	9900	3666,667	
			30/70	0,1	0,8	8,00	9900	2062,5	
			20/80	0,05	0,6	12,00	9900	1375	
			10/90	0,05	0,2	4,00	9900	4125	
		8	90/10	0,4	1,2	3,00	9900	5500	
			80/20	0,35	1,2	3,43	9900	4810,5	
			70/30	0,3	1,1	3,67	9900	4495,917	
			60/40	0,25	1,0	4,00	9900	4125	
			50/50	0,2	1,0	5,00	9900	3300	
			40/60	0,15	0,9	6,00	9900	2750	
			30/70	0,1	0,8	8,00	9900	2062,5	
		20/80	0,05	0,6	12,00	9900	1375		
		10	90/10	0,45	1,3	2,89	9900	5709,35	
			80/20	0,45	1,3	2,89	9900	5709,35	
			70/30	0,4	1,2	3,00	9900	5500	
			60/40	0,4	1,2	3,00	9900	5500	
			50/50	0,4	1,2	3,00	9900	5500	
		0,6	0,25	90/10	0,45	1,2	2,67	8250	5149,817
				80/20	0,45	1,2	2,67	8250	5149,817
				70/30	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333
			0,5	90/10	0,45	1,2	2,67	8250	5149,817
				80/20	0,45	1,2	2,67	8250	5149,817
				70/30	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333
				60/40	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333
				50/50	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333
	1		90/10	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333	
			80/20	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333	
			70/30	0,35	1,1	3,14	8250	4378,983	
			60/40	0,35	1,1	3,14	8250	4378,983	
			50/50	0,3	1,1	3,67	8250	3746,6	
			40/60	0,25	1,0	4,00	8250	3437,5	
			30/70	0,2	1,0	5,00	8250	2750	
	2		90/10	0,45	1,2	2,67	8250	5149,817	
			80/20	0,35	1,1	3,14	8250	4378,983	
			70/30	0,35	1,1	3,14	8250	4378,983	
			60/40	0,3	1,0	3,33	8250	4129,133	
			50/50	0,25	1,0	4,00	8250	3437,5	
			40/60	0,2	1,0	5,00	8250	2750	

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
			30/70	0,15	0,9	6,00	8250	2291,667	
			20/80	0,1	0,8	8,00	8250	1718,75	
			10/90	0,05	0,6	12,00	8250	1145,833	
		4	90/10	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333	
			80/20	0,35	1,1	3,14	8250	4378,983	
			70/30	0,3	1,1	3,67	8250	3746,6	
			60/40	0,25	1,0	4,00	8250	3437,5	
			50/50	0,2	1,0	5,00	8250	2750	
			40/60	0,15	0,9	6,00	8250	2291,667	
			30/70	0,1	0,8	8,00	8250	1718,75	
			20/80	0,1	0,7	7,00	8250	1964,283	
			10/90	0,05	0,4	8,00	8250	1718,75	
		6	90/10	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333	
			80/20	0,3	1,1	3,67	8250	3746,6	
			70/30	0,3	1,1	3,67	8250	3746,6	
			60/40	0,2	1,0	5,00	8250	2750	
			50/50	0,2	1,0	5,00	8250	2750	
			40/60	0,15	0,9	6,00	8250	2291,667	
			30/70	0,1	0,7	7,00	8250	1964,283	
		8	90/10	0,4	1,2	3,00	8250	4583,333	
			80/20	0,3	1,1	3,67	8250	3746,6	
			70/30	0,3	1,1	3,67	8250	3746,6	
			60/40	0,25	1,0	4,00	8250	3437,5	
			50/50	0,2	0,9	4,50	8250	3055,55	
			40/60	0,15	1,0	6,67	8250	2061,467	
			30/70	0,1	0,7	7,00	8250	1964,283	
			20/80	0,05	0,6	12,00	8250	1145,833	
		10	90/10	0,35	1,1	3,14	8250	4378,983	
			80/20	0,3	1,0	3,33	8250	4129,133	
			70/30	0,3	1,0	3,33	8250	4129,133	
			60/40	0,25	1,0	4,00	8250	3437,5	
			50/50	0,2	0,9	4,50	8250	3055,55	
			40/60	0,15	0,8	5,33	8250	2579,733	
			30/70	0,1	0,7	7,00	8250	1964,283	
			20/80	0,05	0,6	12,00	8250	1145,833	
		0,8	0,25	90/10	0,35	1,2	3,43	6188	2255,1
				80/20	0,35	1,2	3,43	6188	2255,1
			0,5	90/10	0,4	1,1	2,75	6188	2812,725
				80/20	0,4	1,1	2,75	6188	2812,725
				70/30	0,35	1,1	3,14	6188	2463,375
60/40	0,3			1,1	3,67	6188	2107,625		
50/50	0,3			1,1	3,67	6188	2107,625		
40/60	0,3			1,1	3,67	6188	2107,625		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			35/65	0,25	1,0	4,00	6188	1933,75
		1	90/10	0,35	1,1	3,14	6188	2463,375
			80/20	0,3	1,1	3,67	6188	2107,625
			70/30	0,3	1,1	3,67	6188	2107,625
			60/40	0,3	1,0	3,33	6188	2322,825
			50/50	0,25	1,0	4,00	6188	1933,75
			40/60	0,2	0,9	4,50	6188	1718,888
			35/65	0,2	0,9	4,50	6188	1718,888
		2	90/10	0,35	1,1	3,14	6188	2463,375
			80/20	0,3	1,1	3,67	6188	2107,625
			70/30	0,3	1,1	3,67	6188	2107,625
			60/40	0,25	1,0	4,00	6188	1933,75
			50/50	0,2	1,0	5,00	6188	1547
			40/60	0,2	0,9	4,50	6188	1718,888
			30/70	0,15	0,8	5,33	6188	1451,225
		4	90/10	0,35	1,1	3,14	6188	2463,375
			80/20	0,3	1,0	3,33	6188	2322,825
			70/30	0,25	1,0	4,00	6188	1933,75
			60/40	0,2	1,0	5,00	6188	1547
			50/50	0,2	0,9	4,50	6188	1718,888
			40/60	0,15	0,9	6,00	6188	1289,163
			30/70	0,1	0,8	8,00	6188	966,875
			20/80	0,05	0,6	12,00	6188	644,5875
		6	90/10	0,35	1,1	3,14	6188	2463,375
			80/20	0,3	1,0	3,33	6188	2322,825
			70/30	0,25	1,0	4,00	6188	1933,75
			60/40	0,2	1,0	5,00	6188	1547
			50/50	0,2	0,9	4,50	6188	1718,888
			40/60	0,15	0,8	5,33	6188	1451,225
			30/70	0,1	0,7	7,00	6188	1105
			20/80	0,05	0,6	12,00	6188	644,5875
		8	90/10	0,35	1,1	3,14	6188	2463,375
			80/20	0,3	1,0	3,33	6188	2322,825
			70/30	0,25	1,0	4,00	6188	1933,75
			60/40	0,2	1,0	5,00	6188	1547
			50/50	0,15	0,9	6,00	6188	1289,163
			40/60	0,1	0,8	8,00	6188	966,875
			30/70	0,1	0,7	7,00	6188	1105
			20/80	0,05	0,5	10,00	6188	773,5
		10	90/10	0,3	1,1	3,67	6188	2107,625
			80/20	0,3	1,0	3,33	6188	2322,825

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
			70/30	0,25	1,0	4,00	6188	1933,75	
			60/40	0,2	0,9	4,50	6188	1718,888	
			50/50	0,15	0,8	5,33	6188	1451,225	
			40/60	0,1	0,8	8,00	6188	966,875	
			30/70	0,05	0,6	12,00	6188	644,5875	
			20/80	0,05	0,5	10,00	6188	773,5	
		1,0	0,25	90/10	0,35	1,1	3,14	4950	1576,43
			0,5	90/10	0,35	1,1	3,14	4950	1576,43
		80/20		0,35	1,1	3,14	4950	1576,43	
		70/30		0,3	1,1	3,67	4950	1348,77	
		1	90/10	0,35	1,1	3,14	4950	1576,43	
			80/20	0,35	1,1	3,14	4950	1576,43	
			70/30	0,35	1,1	3,14	4950	1576,43	
		2	90/10	0,3	1,1	3,67	4950	1348,77	
			80/20	0,3	1,0	3,33	4950	1486,49	
			70/30	0,25	1,0	4,00	4950	1237,50	
			60/40	0,25	0,9	3,60	4950	1375,00	
			50/50	0,2	0,9	4,50	4950	1100,00	
			40/60	0,15	0,9	6,00	4950	825,00	
			30/70	0,15	0,8	5,33	4950	928,71	
		4	90/10	0,3	1,1	3,67	4950	1348,77	
			80/20	0,3	1,0	3,33	4950	1486,49	
			70/30	0,25	1,0	4,00	4950	1237,50	
			60/40	0,2	1,0	5,00	4950	990,00	
			50/50	0,15	0,9	6,00	4950	825,00	
			40/60	0,1	0,8	8,00	4950	618,75	
			30/70	0,1	0,7	7,00	4950	707,14	
20/80		0,05	0,6	12,00	4950	412,50			
6		90/10	0,3	1,0	3,33	4950	1486,49		
		80/20	0,3	1,0	3,33	4950	1486,49		
		70/30	0,25	1,0	4,00	4950	1237,50		
		60/40	0,2	0,9	4,50	4950	1100,00		
		50/50	0,15	0,9	6,00	4950	825,00		
	40/60	0,15	0,8	5,33	4950	928,71			
	30/70	0,1	0,7	7,00	4950	707,14			
	20/80	0,05	0,5	10,00	4950	495,00			
8	90/10	0,3	1,0	3,33	4950	1486,49			
	80/20	0,25	1,0	4,00	4950	1237,50			
	70/30	0,25	1,0	4,00	4950	1237,50			
	60/40	0,25	0,9	3,60	4950	1375,00			
	50/50	0,15	0,8	5,33	4950	928,71			

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			60/40	0,25	0,9	3,60	4950	1375,00
			50/50	0,15	0,8	5,33	4950	928,71
			40/60	0,1	0,7	7,00	4950	707,14
			30/70	0,1	0,7	7,00	4950	707,14
			20/80	0,05	0,5	10,00	4950	495,00
		10	90/10	0,3	1,0	3,33	4950	1486,49
			80/20	0,25	1,0	4,00	4950	1237,50
			70/30	0,2	0,9	4,50	4950	1100,00
			60/40	0,2	0,9	4,50	4950	1100,00
			50/50	0,15	0,8	5,33	4950	928,71
			40/60	0,1	0,7	7,00	4950	707,14
			30/70	0,05	0,6	12,00	4950	412,50
			20/70	0,05	0,4	8,00	4950	618,75
			1,2	0,25	90/10	0,3	1,0	3,33
	85/15	0,3			1,0	3,33	4125	1032,283
	1	90/10		0,3	1,0	3,33	4125	1032,283
		80/20		0,3	1,0	3,33	4125	1032,283
		70/30		0,25	1,0	4,00	4125	859,375
		60/40		0,25	1,0	4,00	4125	859,375
	2	90/10		0,3	1,0	3,33	4125	1032,283
		80/20		0,3	1,0	3,33	4125	1032,283
		70/30		0,25	1,0	4,00	4125	859,375
		60/40		0,25	0,9	3,60	4125	954,8583
		50/50		0,2	0,9	4,50	4125	763,8917
		45/55		0,2	0,9	4,50	4125	763,8917
		30/70		0,15	0,8	5,33	4125	644,9333
	4	90/10		0,3	1,0	3,33	4125	1032,283
		80/20		0,25	1,0	4,00	4125	859,375
70/30		0,2		0,9	4,50	4125	763,8917	
60/40		0,2		0,9	4,50	4125	763,8917	
50/50		0,15		0,8	5,33	4125	644,9333	
40/60		0,1		0,7	7,00	4125	491,075	
30/70		0,1		0,7	7,00	4125	491,075	
20/80		0,05	0,6	12,00	4125	286,4583		
6	90/10	0,3	1,0	3,33	4125	1032,283		
	80/20	0,25	1,0	4,00	4125	859,375		
	70/30	0,2	0,9	4,50	4125	763,8917		
	60/40	0,2	0,9	4,50	4125	763,8917		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
			30/70	0,1	0,7	7,00	4125	491,075	
			20/80	0,05	0,5	10,00	4125	343,75	
		8		90/10	0,25	1,0	4,00	4125	859,375
				80/20	0,25	0,9	3,60	4125	954,8583
				70/30	0,2	0,9	4,50	4125	763,8917
				60/40	0,2	0,9	4,50	4125	763,8917
				50/50	0,15	0,8	5,33	4125	644,9333
				40/60	0,1	0,7	7,00	4125	491,075
				30/70	0,05	0,6	12,00	4125	286,4583
				20/80	0,05	0,5	10,00	4125	343,75
		10		90/10	0,25	1,0	4,00	4125	859,375
				80/20	0,2	1,0	5,00	4125	687,5
				70/30	0,2	0,9	4,50	4125	763,8917
				60/40	0,15	0,8	5,33	4125	644,9333
				50/50	0,15	0,8	5,33	4125	644,9333
				40/60	0,1	0,7	7,00	4125	491,075
	30/70			0,05	0,6	12,00	4125	286,4583	
	20/80			0,05	0,4	8,00	4125	429,6917	
	1,4	0,25		90/10	0,3	1,0	3,33	3536	758,4714
				0,5	90/10	0,3	1,0	3,33	3536
		1		90/10	0,25	1,0	4,00	3536	631,4286
				80/20	0,25	1,0	4,00	3536	631,4286
				70/30	0,25	1,0	4,00	3536	631,4286
				60/40	0,25	1,0	4,00	3536	631,4286
		2		90/10	0,25	1,0	4,00	3536	631,4286
				80/20	0,2	0,9	4,50	3536	561,2714
				70/30	0,2	0,9	4,50	3536	561,2714
				60/40	0,2	0,9	4,50	3536	561,2714
				50/50	0,2	0,9	4,50	3536	561,2714
				40/60	0,15	0,8	5,33	3536	473,8643
		4		90/10	0,25	1,0	4,00	3536	631,4286
				80/20	0,25	0,9	3,60	3536	701,5857
70/30				0,2	0,9	4,50	3536	561,2714	
60/40				0,2	0,8	4,00	3536	631,4286	
50/50				0,15	0,8	5,33	3536	473,8643	
40/60				0,1	0,7	7,00	3536	360,8143	
30/70				0,1	0,7	7,00	3536	360,8143	
20/80				0,05	0,6	12,00	3536	210,4786	
6		90/10	0,25	1,0	4,00	3536	631,4286		
		80/20	0,2	1,0	5,00	3536	505,1429		
		70/30	0,2	0,9	4,50	3536	561,2714		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			80/20	0,2	1,0	5,00	3536	505,1429
			70/30	0,2	0,9	4,50	3536	561,2714
			60/40	0,2	0,8	4,00	3536	631,4286
			50/50	0,15	0,8	5,33	3536	473,8643
			40/60	0,1	0,7	7,00	3536	360,8143
			30/70	0,05	0,6	12,00	3536	210,4786
			20/80	0,05	0,5	10,00	3536	252,5714
		8	90/10	0,25	1,0	4,00	3536	631,4286
			80/20	0,25	0,9	3,60	3536	701,5857
			70/30	0,2	0,9	4,50	3536	561,2714
			60/40	0,2	0,8	4,00	3536	631,4286
			50/50	0,15	0,8	5,33	3536	473,8643
			40/60	0,1	0,7	7,00	3536	360,8143
			30/70	0,05	0,6	12,00	3536	210,4786
		10	20/80	0,05	0,4	8,00	3536	315,7143
			90/10	0,25	0,9	3,60	3536	701,5857
			80/20	0,2	0,9	4,50	3536	561,2714
			70/30	0,15	0,9	6,00	3536	420,95
			60/40	0,15	0,8	5,33	3536	473,8643
			50/50	0,1	0,7	7,00	3536	360,8143
			40/60	0,1	0,6	6,00	3536	420,95
			30/70	0,05	0,5	10,00	3536	252,5714
		20/80	0,05	0,4	8,00	3536	315,7143	

Таблица 19

Расчётные параметры процесса наплавки при величине тока 350 А.

Ток дуги, А	Скорость наплавки, см/с	Частота коммутации, Гц	Предельное значение баланса (Гн/Тп), %	Глубина провара, см	Ширина шва, см	Коэффициент провара F=B/h	Погонная энергия q <sub>п</sub>	K=q <sub>п</sub> /F*V
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
350	0,1	0,25	90/10	0,95	2,1	2,21	63000	285067,9
			80/20	0,9	2,0	2,22	63000	283783,8
			70/30	0,8	1,9	2,37	63000	265822,8
			60/40	0,7	1,8	2,57	63000	245136,2
			50/50	0,65	1,7	2,61	63000	241379,3

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			40/60	0,6	1,6	2,67	63000	235955,1
			30/70	0,5	1,4	2,8	63000	225000
			20/80	0,4	1,3	3,25	63000	193846,2
			10/90	0,25	1,1	4,4	63000	143181,8
			5/95	0,15	0,9	6	63000	105000
		0,5	90/10	0,95	2,1	2,2	63000	286363,6
			80/20	0,8	2,0	1,6	63000	393750
			70/30	0,75	1,8	2,4	63000	262500
			60/40	0,7	1,7	2,43	63000	259259,3
			50/50	0,6	1,6	2,67	63000	235955,1
			40/60	0,5	1,5	3	63000	210000
			30/70	0,4	1,3	3,25	63000	193846,2
			20/80	0,3	1,2	4	63000	157500
			10/90	0,2	1,0	5	63000	126000
			5/95	0,1	0,8	8	63000	78750
		1	90/10	0,95	2,1	2,2	63000	286363,6
			80/20	0,8	1,9	2,4	63000	262500
			70/30	0,75	1,8	2,4	63000	262500
			60/40	0,6	1,7	2,83	63000	222614,8
			50/50	0,55	1,5	2,72	63000	231617,6
			40/60	0,4	1,4	3,5	63000	180000
			30/70	0,3	1,2	4	63000	157500
			20/80	0,25	1,1	4,4	63000	143181,8
			10/90	0,15	0,9	6	63000	105000
			5/95	0,05	0,7	14	63000	45000
		2	90/10	0,95	2,1	2,2	63000	286363,6
			80/20	0,85	2,0	2,35	63000	268085,1
			70/30	0,75	1,8	2,4	63000	262500
			60/40	0,65	1,7	2,6	63000	242307,7
			50/50	0,55	1,5	2,72	63000	231617,6
			40/60	0,4	1,3	3,25	63000	193846,2
			30/70	0,3	1,2	4	63000	157500
			20/80	0,2	1,0	5	63000	126000
			10/90	0,1	0,8	8	63000	78750
			5/95	0,05	0,5	10	63000	63000
		4	90/10	0,9	2,1	2,33	63000	270386,3
			80/20	0,8	2,0	2,5	63000	252000
			70/30	0,75	1,8	2,4	63000	262500
			60/40	0,6	1,6	2,67	63000	235955,1

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			30/70	0,25	1,1	4,4	63000	143181,8
			20/80	0,1	0,9	9	63000	70000
			10/90	0,05	0,7	14	63000	45000
			5/95	0,05	0,3	6	63000	105000
		6	90/10	0,85	2,0	2,35	63000	268085,1
			80/20	0,8	1,9	2,37	63000	265822,8
			70/30	0,7	1,7	2,43	63000	259259,3
			60/40	0,6	1,6	2,66	63000	236842,1
			50/50	0,5	1,4	2,8	63000	225000
			40/60	0,4	1,2	3	63000	210000
			30/70	0,25	1,1	4,4	63000	143181,8
			20/80	0,1	0,8	8	63000	78750
			10/90	0,05	0,6	12	63000	52500
		8	90/10	0,8	1,9	2,37	63000	265822,8
			80/20	0,75	1,8	2,4	63000	262500
			70/30	0,65	1,6	2,46	63000	256097,6
			60/40	0,6	1,5	2,5	63000	252000
			50/50	0,5	1,4	2,8	63000	225000
			40/60	0,4	1,3	3,25	63000	193846,2
			30/70	0,25	1,1	4,4	63000	143181,8
			20/80	0,1	0,8	8	63000	78750
			10/90	0,05	0,5	10	63000	63000
		10	90/10	0,75	1,8	2,4	63000	262500
			80/20	0,7	1,7	2,42	63000	260330,6
			70/30	0,6	1,6	2,67	63000	235955,1
			60/40	0,5	1,4	2,8	63000	225000
			50/50	0,45	1,3	2,89	63000	217993,1
			40/60	0,3	1,2	4	63000	157500
			30/70	0,2	1,0	5	63000	126000
			20/80	0,1	0,7	7	63000	90000
			10/90	0,05	0,5	10	63000	63000
	0,3	0,25	90/10	0,7	1,7	2,43	21000	28806,6
			80/20	0,7	1,6	2,28	21000	30701,77
			70/30	0,65	1,6	2,46	21000	28455,3
			60/40	0,5	1,5	3	21000	23333,33
			50/50	0,55	1,5	2,73	21000	25641,03
		0,5	90/10	0,65	1,6	2,46	21000	28455,3
			80/20	0,65	1,5	2,3	21000	30434,77
			70/30	0,6	1,5	2,5	21000	28000
			60/40	0,6	1,4	2,33	21000	30042,93
			50/50	0,5	1,4	2,8	21000	25000

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			40/60	0,4	1,2	3	21000	23333,33
			30/70	0,35	1,2	3,43	21000	20408,17
			20/80	0,25	1,1	4,4	21000	15909,1
	1		90/10	0,65	1,6	2,46	21000	28455,3
			80/20	0,6	1,5	2,5	21000	28000
			70/30	0,55	1,5	2,73	21000	25641,03
			60/40	0,5	1,4	2,8	21000	25000
			50/50	0,4	1,3	3,25	21000	21538,47
			40/60	0,3	1,2	4	21000	17500
			30/70	0,3	1,1	3,67	21000	19073,57
			20/80	0,2	1,0	5	21000	14000
			10/90	0,1	0,8	8	21000	8750
			5/95	0,05	0,7	14	21000	5000
	2		90/10	0,65	1,6	2,46	21000	28455,3
			80/20	0,5	1,5	3	21000	23333,33
			70/30	0,55	1,4	2,55	21000	27450,97
			60/40	0,5	1,3	2,6	21000	26923,07
			50/50	0,4	1,3	3,25	21000	21538,47
			40/60	0,3	1,2	4	21000	17500
			30/70	0,25	1,1	4,4	21000	15909,1
			20/80	0,15	0,9	6	21000	11666,67
			10/90	0,1	0,7	7	21000	10000
	4		90/10	0,65	1,6	2,46	21000	28455,3
			80/20	0,6	1,5	2,5	21000	28000
			70/30	0,55	1,4	2,55	21000	27450,97
			60/40	0,5	1,3	2,6	21000	26923,07
			50/50	0,4	1,2	3	21000	23333,33
			40/60	0,3	1,1	3,67	21000	19073,57
			30/70	0,2	1,0	5	21000	14000
			20/80	0,1	0,9	9	21000	7777,767
			10/90	0,05	0,6	12	21000	5833,333
	6		90/10	0,65	1,6	2,46	21000	28455,3
			80/20	0,6	1,5	2,5	21000	28000
			70/30	0,55	1,4	2,55	21000	27450,97
			60/40	0,5	1,3	2,6	21000	26923,07
			50/50	0,4	1,2	3	21000	23333,33
			40/60	0,3	1,1	3,67	21000	19073,57
			30/70	0,2	1,0	5	21000	14000
			20/80	0,1	0,8	8	21000	8750
			10/90	0,05	0,5	10	21000	7000
	8		90/10	0,6	1,5	2,5	21000	28000

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			80/20	0,6	1,4	2,33	21000	30042,93
			70/30	0,5	1,4	2,8	21000	25000
			60/40	0,4	1,3	3,25	21000	21538,47
			50/50	0,35	1,2	3,43	21000	20408,17
			40/60	0,3	1,1	3,67	21000	19073,57
			30/70	0,2	1,0	5	21000	14000
			20/80	0,1	0,8	8	21000	8750
			10/90	0,05	0,5	10	21000	7000
		10	90/10	0,55	1,4	2,55	21000	27450,97
			80/20	0,5	1,3	2,6	21000	26923,07
			70/30	0,45	1,3	2,89	21000	24221,47
			60/40	0,4	1,2	3	21000	23333,33
			50/50	0,35	1,1	3,14	21000	22293
			40/60	0,3	1,0	2,85	21000	24561,4
			30/70	0,15	0,9	6	21000	11666,67
			20/80	0,1	0,7	7	21000	10000
			10/90	0,05	0,4	8	21000	8750
			0,5	0,25	90/10	0,55	1,4	2,55
	80/20	0,55			1,4	2,55	12600	9882,36
	70/30	0,55			1,4	2,55	12600	9882,36
	60/40	0,5			1,4	2,8	12600	9000
	0,5	90/10		0,55	1,4	2,55	12600	9882,36
		80/20		0,55	1,4	2,55	12600	9882,36
		70/30		0,5	1,4	2,8	12600	9000
		60/40		0,5	1,3	2,6	12600	9692,3
		50/50		0,4	1,3	3,25	12600	7753,84
		40/60		0,4	1,2	3	12600	8400
	1	90/10		0,55	1,4	2,55	12600	9882,36
80/20		0,5		1,3	2,6	12600	9692,3	
70/30		0,45		1,3	2,89	12600	8719,72	
60/40		0,4		1,2	3	12600	8400	
50/50		0,35		1,2	3,43	12600	7346,94	
40/60		0,3		1,1	3,67	12600	6866,48	
30/70		0,25		1,1	4,4	12600	5727,28	
20/80		0,2		1,0	5	12600	5040	
2	90/10	0,55		1,4	2,55	12600	9882,36	
	80/20	0,5		1,3	2,6	12600	9692,3	
	70/30	0,45	1,3	2,89	12600	8719,72		
	60/40	0,4	1,2	3	12600	8400		
	50/50	0,3	1,2	4	12600	6300		
	40/60	0,3	1,1	3,67	12600	11444,14		

Продолжение таблицы 19

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			30/70	0,2	1,0	5	12600	8400
			20/80	0,15	0,9	6	12600	7000
			10/90	0,1	0,7	7	12600	6000
			5/95	0,05	0,5	10	12600	4200
		4	90/10	0,55	1,4	2,55	12600	9882,36
			80/20	0,5	1,3	2,6	12600	9692,3
			70/30	0,45	1,3	2,89	12600	8719,72
			60/40	0,4	1,2	3	12600	8400
			50/50	0,3	1,1	3,67	12600	6866,48
			40/60	0,2	1,0	5	12600	5040
			30/70	0,15	0,9	6	12600	4200
			20/80	0,1	0,7	7	12600	3600
			10/90	0,05	0,6	12	12600	2100
		6	90/10	0,55	1,4	2,55	12600	9882,36
			80/20	0,5	1,3	2,6	12600	9692,3
			70/30	0,4	1,3	3,25	12600	7753,84
			60/40	0,4	1,2	3	12600	8400
			50/50	0,3	1,1	3,67	12600	6866,48
			40/60	0,2	1,0	5	12600	5040
			30/70	0,15	0,9	6	12600	4200
			20/80	0,1	0,8	8	12600	3150
			10/90	0,05	0,5	10	12600	2520
		8	90/10	0,5	1,4	2,8	12600	9000
			80/20	0,5	1,3	2,6	12600	9692,3
			70/30	0,4	1,2	3	12600	8400
			60/40	0,4	1,1	2,75	12600	9163,64
			50/50	0,3	1,1	3,67	12600	6866,48
			40/60	0,2	0,9	4,5	12600	5600
			30/70	0,15	0,9	6	12600	4200
			20/80	0,1	0,7	7	12600	3600
			10/90	0,05	0,4	8	12600	3150
		10	90/10	0,45	1,3	2,89	12600	8719,72
			80/20	0,45	1,2	2,67	12600	9438,2
			70/30	0,4	1,2	3	12600	8400
			60/40	0,3	1,1	3,67	12600	6866,48
			50/50	0,25	1,1	4,4	12600	5727,28
			40/60	0,2	1,0	5	12600	5040
			30/70	0,15	0,9	6	12600	4200
			20/80	0,05	0,7	14	12600	1800
			10/90	0,05	0,3	6	12600	4200
	0,6	0,25	90/10	0,55	1,4	2,55	10500	6862,75

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			80/20	0,5	1,4	2,8	10500	6250
			70/30	0,5	1,4	2,8	10500	6250
		0,5	90/10	0,5	1,4	2,8	10500	6250
			80/20	0,5	1,4	2,8	10500	6250
			70/30	0,45	1,3	2,89	10500	6055,367
			60/40	0,45	1,3	2,89	10500	6055,367
			50/50	0,4	1,3	3,25	10500	5384,617
			40/60	0,3	1,1	3,67	10500	4768,4
		1	90/10	0,5	1,3	2,6	10500	6730,767
			80/20	0,5	1,3	2,6	10500	6730,767
			70/30	0,4	1,3	3,25	10500	5384,617
			60/40	0,4	1,2	3	10500	5833,333
			50/50	0,35	1,2	3,43	10500	5102,033
			40/60	0,3	1,1	3,67	10500	4768,4
			30/70	0,25	1,1	4,4	10500	3977,267
			20/80	0,2	1,0	5	10500	3500
		2	90/10	0,5	1,3	2,6	10500	6730,767
			80/20	0,5	1,2	2,4	10500	7291,667
			70/30	0,4	1,2	3	10500	5833,333
			60/40	0,4	1,1	2,75	10500	6363,633
			50/50	0,3	1,1	3,67	10500	4768,4
			40/60	0,3	1,0	3,33	10500	5255,25
			30/70	0,2	1,0	5	10500	3500
			20/80	0,15	0,9	6	10500	2916,667
			10/90	0,1	0,7	7	10500	2500
		4	90/10	0,5	1,3	2,6	10500	6730,767
			80/20	0,5	1,2	2,4	10500	7291,667
			70/30	0,4	1,2	3	10500	5833,333
			60/40	0,4	1,1	2,75	10500	6363,633
			50/50	0,3	1,1	3,67	10500	4768,4
			40/60	0,2	0,9	4,5	10500	3888,883
			30/70	0,15	0,9	6	10500	2916,667
			20/80	0,1	0,8	8	10500	2187,5
			10/90	0,05	0,6	12	10500	1458,333
		6	90/10	0,5	1,3	2,6	10500	6730,767
			80/20	0,5	1,3	2,6	10500	6730,767
			70/30	0,4	1,2	3	10500	5833,333
			60/40	0,3	1,1	3,67	10500	4768,4
			50/50	0,25	1,1	4,4	10500	3977,267
			40/60	0,2	1,0	5	10500	3500
			30/70	0,15	0,9	6	10500	2916,667

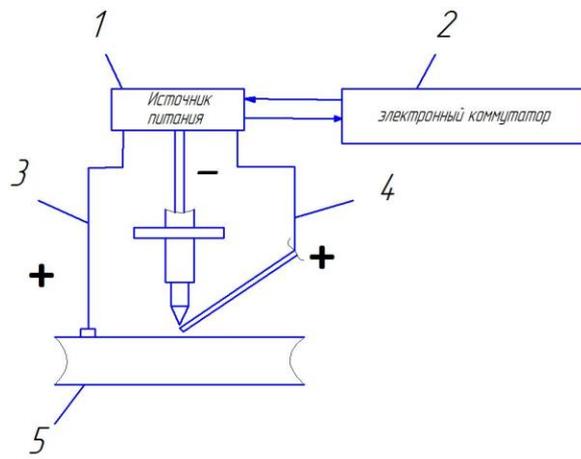
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
			20/80	0,1	0,8	8	10500	2187,5	
			10/90	0,05	0,5	10	10500	1750	
		8		90/10	0,45	1,3	2,89	10500	6055,367
				80/20	0,45	1,3	2,89	10500	6055,367
				70/30	0,4	1,2	3	10500	5833,333
				60/40	0,3	1,1	3,67	10500	4768,4
				50/50	0,25	1,1	4,4	10500	3977,267
				40/60	0,2	1,0	5	10500	3500
				30/70	0,15	0,9	6	10500	2916,667
				20/80	0,1	0,8	8	10500	2187,5
		10/80	0,05	0,4	8	10500	2187,5		
		10		90/10	0,4	1,3	3,25	10500	5384,617
				80/20	0,4	1,2	3	10500	5833,333
				70/30	0,35	1,1	3,67	10500	4768,4
				60/40	0,3	1,0	3,33	10500	5255,25
				50/50	0,25	1,0	4	10500	4375
				40/60	0,2	1,9	9,5	10500	1842,1
				30/70	0,1	0,8	8	10500	2187,5
	20/80			0,05	0,7	14	10500	1250	
	10/90	0,05	0,3	6	10500	2916,667			
	0,8	0,25		90/10	0,45	1,3	2,89	7875	3406,138
				80/20	0,45	1,3	2,89	7875	3406,138
		0,5		90/10	0,45	1,3	2,89	7875	3406,138
				80/20	0,45	1,3	2,89	7875	3406,138
				70/30	0,45	1,2	2,67	7875	3686,8
				60/40	0,4	1,2	3	7875	3281,25
		1		90/10	0,45	1,3	2,89	7875	3406,138
				80/20	0,45	1,3	2,89	7875	3406,138
				75/25	0,45	1,3	2,89	7875	3406,138
		2		90/10	0,45	1,3	2,89	7875	3406,138
80/20				0,45	1,2	2,67	7875	3686,8	
70/30				0,45	1,2	2,67	7875	3686,8	
60/40	0,4			1,2	3,00	7875	3281,25		
55/45	0,4			1,2	3,00	7875	3281,25		
4		90/10	0,45	1,2	2,67	7875	3686,8		
		80/20	0,4	1,2	3,00	7875	3281,25		
		70/30	0,35	1,1	3,14	7875	3134,95		
		60/40	0,3	1,1	3,67	7875	2682,225		
		50/50	0,25	1,0	4,00	7875	2460,938		
		40/60	0,2	1,0	5,00	7875	1968,75		
		30/70	0,15	0,9	6,00	7875	1640,625		
		20/80	0,1	0,8	8,00	7875	1230,475		
10/90	0,05	0,5	10,00	7875	984,375				

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
	6	90/10	0,45	1,2	2,67	7875	3686,8	
		80/20	0,4	1,2	3,00	7875	3281,25	
		70/30	0,35	1,1	3,14	7875	3134,95	
		60/40	0,3	1,1	3,67	7875	2682,225	
		50/50	0,25	1,0	4,00	7875	2460,938	
		40/60	0,2	0,9	4,50	7875	2187,5	
		30/70	0,15	0,8	5,33	7875	1846,863	
		20/80	0,1	0,7	7,00	7875	1406,25	
		10/90	0,05	0,4	8,00	7875	3406,138	
		8	90/10	0,4	1,2	3,00	7875	3406,138
			80/20	0,4	1,1	2,75	7875	3406,138
			70/30	0,35	1,1	3,14	7875	3134,95
			60/40	0,3	1,0	3,33	7875	2956,075
			50/50	0,25	1,0	4,00	7875	2460,938
			40/60	0,2	0,9	4,50	7875	2187,5
			30/70	0,1	0,8	8,00	7875	1230,475
		10	90/10	0,35	1,2	3,43	7875	2869,9
			80/20	0,3	1,1	3,67	7875	2682,225
	70/30		0,3	1,1	3,67	7875	2682,225	
	60/40		0,2	1,0	5,00	7875	1968,75	
	50/50		0,2	1,0	5,00	7875	1968,75	
	40/60		0,1	0,9	9,00	7875	1093,75	
	30/70		0,1	0,8	8,00	7875	1230,475	
	20/80		0,05	0,6	12,00	7875	820,3125	
	10/90		0,05	0,3	6,00	7875	1640,625	
	1,0	0,25	90/10	0,4	1,2	3,00	6300	2100,00
			80/20	0,4	1,2	3,00	6300	2100,00
		0,5	90/10	0,4	1,2	3,00	6300	2100,00
			80/20	0,35	1,2	3,43	6300	1836,73
			70/30	0,3	1,1	3,67	6300	1716,62
			60/40	0,3	1,1	3,67	6300	1716,62
			50/50	0,25	1,0	4,00	6300	1575,00
			40/60	0,2	0,9	4,50	6300	1400,00
			30/70	0,15	0,9	6,00	6300	1050,00
			20/80	0,1	0,8	8,00	6300	787,50
		1	90/10	0,4	1,2	3,00	6300	2100,00
80/20			0,35	1,2	3,43	6300	2507,96	
70/30			0,35	1,2	3,43	6300	2364,86	
60/40			0,3	1,1	3,67	6300	1968,75	
50/50			0,3	1,1	3,67	6300	1716,62	
40/60			0,25	1,1	4,40	6300	1431,82	
2		90/10	0,4	1,2	3,00	6300	2100,00	
		80/20	0,35	1,1	3,14	6300	2006,37	
		70/30	0,3	1,1	3,67	6300	1716,62	
		60/40	0,25	1,0	4,00	6300	1575,00	
		50/50	0,25	1,0	4,00	6300	1575,00	
		40/60	0,2	0,9	4,50	6300	1400,00	

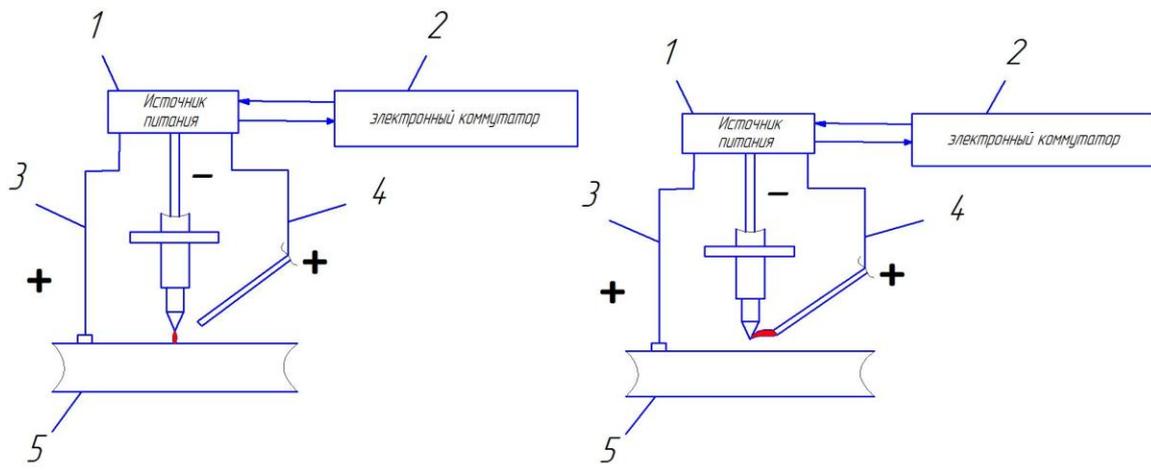
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.		
			30/70	0,15	0,9	6,00	6300	1050,00		
			20/80	0,1	0,8	8,00	6300	787,50		
		4	90/10	0,35	1,2	3,43	6300	1836,73		
			80/20	0,35	1,1	3,14	6300	2006,37		
			70/30	0,3	1,1	3,67	6300	1716,62		
			60/40	0,25	1,0	4,00	6300	1575,00		
			50/50	0,2	1,0	5,00	6300	1260,00		
			40/60	0,15	0,9	6,00	6300	1050,00		
			30/70	0,15	0,8	5,33	6300	1181,99		
			20/80	0,1	0,7	7,00	6300	900,00		
		10/90	0,05	0,5	10,00	6300	630,00			
		6	90/10	0,35	1,2	3,43	6300	1836,73		
			80/20	0,35	1,0	2,86	6300	2202,80		
			70/30	0,3	1,1	3,67	6300	1716,62		
			60/40	0,25	1,0	4,00	6300	1575,00		
			50/50	0,2	1,0	5,00	6300	1260,00		
			40/60	0,2	0,9	4,50	6300	1400,00		
			30/70	0,1	0,8	8,00	6300	1716,62		
			20/80	0,05	0,6	12,00	6300	1431,82		
		10/90	0,05	0,4	8,00	6300	2100,00			
		8	90/10	0,35	1,2	3,43	6300	1836,73		
			80/20	0,35	1,1	3,14	6300	2006,37		
			70/30	0,3	1,1	3,67	6300	1716,62		
			60/40	0,25	1,0	4,00	6300	1575,00		
			50/50	0,2	0,9	4,50	6300	1400,00		
			40/60	0,1	0,8	8,00	6300	787,50		
			30/70	0,1	0,8	8,00	6300	787,50		
			20/80	0,05	0,6	12,00	6300	525,00		
		10/90	0,05	0,3	6,00	6300	1050,00			
		10	90/10	0,35	1,1	3,14	6300	2006,37		
			80/20	0,3	1,0	3,33	6300	1891,89		
			70/30	0,25	1,0	4,00	6300	1575,00		
			60/40	0,25	0,9	3,60	6300	1750,00		
			50/50	0,2	0,9	4,50	6300	1400,00		
			40/60	0,1	0,8	8,00	6300	787,50		
			30/70	0,1	0,8	8,00	6300	787,50		
			20/80	0,05	0,6	12,00	6300	525,00		
		10/90	0,05	0,2	4,00	6300	1575,00			
		1,2	0,25	90/10	0,4	1,1	2,75	5250	1590,908	
				0,5	90/10	0,4	1,1	2,75	5250	1590,908
					80/20	0,4	1,1	2,75	5250	1590,908
					70/30	0,35	1,1	3,14	5250	1393,308
60/40	0,35		1,1		3,14	5250	1393,308			
1	90/10		0,35	1,1	3,14	5250	1393,308			
	80/20		0,35	1,1	3,14	5250	1393,308			
	70/30		0,35	1,1	3,14	5250	1530,608			
	60/40		0,3	1,1	3,67	5250	1671,975			

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
			50/50	0,3	1,1	3,67	5250	1430,517
	2		90/10	0,35	1,1	3,14	5250	1393,308
			80/20	0,3	1,1	3,67	5250	1192,1
			70/30	0,3	1,1	3,67	5250	1192,1
			60/40	0,3	1,0	3,33	5250	1313,817
			50/50	0,25	1,0	4,00	5250	1093,75
			40/60	0,2	0,9	4,50	5250	972,225
			30/70	0,15	0,9	6,00	5250	729,1667
	4		90/10	0,35	1,1	3,14	5250	1393,308
			80/20	0,35	1,0	2,86	5250	1529,717
			70/30	0,3	1,0	3,33	5250	1313,817
			60/40	0,3	1,0	3,33	5250	1313,817
			50/50	0,2	1,0	5,00	5250	875
			40/60	0,2	1,0	5,00	5250	875
			30/70	0,1	0,8	8,00	5250	546,875
		20/80	0,1	0,7	7,00	5250	625	
	6		90/10	0,35	1,1	3,14	5250	1393,308
			80/20	0,3	1,0	3,33	5250	1313,817
			70/30	0,25	1,0	4,00	5250	1093,75
			60/40	0,25	1,0	4,00	5250	1093,75
			50/50	0,2	0,9	4,50	5250	972,225
			40/60	0,1	0,8	8,00	5250	546,875
			30/70	0,1	0,8	8,00	5250	546,875
			20/80	0,05	0,7	14,00	5250	312,5
	8		90/10	0,35	1,1	3,14	5250	1393,308
			80/20	0,3	1,0	3,33	5250	1393,308
			70/30	0,25	1,0	4,00	5250	1192,1
			60/40	0,25	0,9	3,60	5250	1192,1
			50/50	0,2	0,9	4,50	5250	972,225
			40/60	0,1	0,8	8,00	5250	546,875
			30/70	0,1	0,8	8,00	5250	546,875
			20/80	0,05	0,6	12,00	5250	364,5833
	10		90/10	0,3	1,1	3,67	5250	1192,1
			80/20	0,3	1,1	3,67	5250	1192,1
			70/30	0,25	1,0	4,00	5250	1093,75
			60/40	0,2	1,0	5,00	5250	875
			50/50	0,15	0,9	6,00	5250	729,1667
			40/60	0,15	0,8	5,33	5250	820,825
			30/70	0,1	0,7	7,00	5250	625
			20/80	0,05	0,6	12,00	5250	364,5833
		10/90	0,05	0,1	2,00	5250	2187,5	
	1,4	0,25	90/10	0,35	1,1	3,14	4500	1023,657
		0,5	90/10	0,35	1,1	3,14	4500	1023,657
			80/20	0,35	1,1	3,14	4500	1023,657
			70/30	0,35	1,1	3,14	4500	1023,657

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
		1	90/10	0,35	1,1	3,14	4500	1023,657
			80/20	0,3	1,1	3,67	4500	875,8286
			70/30	0,3	1,1	3,67	4500	875,8286
			60/40	0,25	1,1	4,40	4500	730,5214
		2	90/10	0,3	1,1	3,67	4500	875,8286
			80/20	0,3	1,0	3,33	4500	965,25
			70/30	0,25	1,0	4,00	4500	803,5714
			60/40	0,25	1,0	4,00	4500	833,3357
			50/50	0,2	1,0	5,00	4500	468,75
			40/60	0,2	0,9	4,50	4500	468,75
		4	90/10	0,3	1,1	3,67	4500	875,8286
			80/20	0,3	1,1	3,67	4500	875,8286
			70/30	0,25	1,0	4,00	4500	803,5714
			60/40	0,2	0,9	4,50	4500	714,2857
			50/50	0,2	0,9	4,50	4500	714,2857
			40/60	0,15	0,9	6,00	4500	535,7143
			30/70	0,1	0,8	8,00	4500	401,7857
			20/80	0,1	0,7	7,00	4500	459,1857
		6	90/10	0,3	1,1	3,67	4500	875,8286
			80/20	0,3	1,0	3,33	4500	965,25
			70/30	0,25	1,0	4,00	4500	803,5714
			60/40	0,2	0,9	4,50	4500	714,2857
			50/50	0,15	0,9	6,00	4500	535,7143
			40/60	0,15	0,8	5,33	4500	603,0571
			30/70	0,1	0,8	8,00	4500	401,7857
			20/80	0,05	0,6	12,00	4500	267,8571
		8	90/10	0,3	1,1	3,67	4500	875,8286
			80/20	0,3	1,0	3,33	4500	965,25
			70/30	0,25	1,0	4,00	4500	803,5714
			60/40	0,2	0,9	4,50	4500	714,2857
			50/50	0,15	0,9	6,00	4500	535,7143
			40/60	0,15	0,8	5,33	4500	603,0571
30/70	0,1		0,7	7,00	4500	459,1857		
20/80	0,05		0,6	12,00	4500	267,8571		
10	90/10	0,3	1,0	3,33	4500	965,25		
	80/20	0,3	1,0	3,33	4500	965,25		
	70/30	0,2	1,0	5,00	4500	642,8571		
	60/40	0,2	0,9	4,50	4500	714,2857		
	50/50	0,15	0,9	6,00	4500	535,7143		
	40/60	0,15	0,8	5,33	4500	603,0571		
	30/70	0,1	0,7	7,00	4500	459,1857		
	20/80	0,05	0,6	12,00	4500	267,8571		



а



б

с

1-источник питания, 2-электронный коммутатор, 3,4-каналы подвода тока, 5-деталь.

а-схема, б-импульс электрод-основа, с-импульс-электрод проволока

Рисунок 82 Принципиальная схема наплавки