

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология сварки арматурных каркасов

Студент	<u>Р.Р. Бабуков</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.С. Климов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.М. Сярдова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

При производстве арматурных каркасов применяется сварка (контактная и ручная дуговая). Автоматизация контактной сварки не встречает затруднений и производится за счёт применения специализированных контактных машин для сварки арматуры. Дуговая же сварка с применением штучных электродов не только происходит в тяжёлых условиях и отличается весьма малой производительностью, но и сопровождается получением большого числа дефектов, исправление которых также сказывается на производительности. **Цель** выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества выполнения сварочных операций при изготовлении арматурных каркасов.

В ходе выполнения анализа современного состояния вопроса сварки стыков стержней арматуры была рассмотрена конструкция арматурного каркаса, собраны сведения о материале изделия и особенностях структуры сварных швов, выполнен анализ базовой технологии сварки. В работе решены задачи:

- 1) Обосновать способ сварки и конструкцию сварного соединения стыков арматуры, позволяющий снизить трудоёмкость и дефектность сварных соединений;
- 2) Предложить оборудование для осуществления предлагаемого способа;
- 3) Разработать технологический процесс сборки и сварки арматуры с применением предложенного способа и разработанного оборудования.

Пояснительная записка состоит из 76 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ состояния вопроса	
1.1 Сведения о конструкции изделия	8
1.2 Сведения о материале изделия	12
1.3 Операции базового технологического процесса сварки	15
1.4 Обобщённый анализ рассмотренных источников научно-технической информации	25
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. . .	27
2 Проектная технология сварки	
2.1 Обоснование выбора способа сварки	28
2.2 Операции проектного технологического процесса сварки.	34
2.3 Контроль качества	42
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта	48
3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса	50
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков	51
3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки.	53
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	54
3.6 Заключение по разделу	55
4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов	56
4.2 Расчёт фонда времени	59
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса	59
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	62
4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии	66
4.6 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям . .	66
4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии	69
4.8 Заключение по экономическому разделу	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	74

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время перед Россией, как и перед всеми европейскими странами, встал вопрос о необходимости повышения уровня рождаемости населения. Для России решение этого вопроса усложнено тем, что общемировые тенденции к демографическому спаду наложились на результаты реформ, повлекших за собой снижение уровня жизни простого россиянина. Одним из самых больных вопросов, стоящих перед молодым гражданином России, является получение (пусть и в ближайшей перспективе) отдельного жилья, без которого невозможно полноценное существование и развитие молодой семьи. Проводимые в последнее время в России преобразования привели к взрыву цен на рынке жилья, что ещё более усугубило положение.

Одним из направлений обеспечения доступности жилья, является снижение стоимости его строительства, что может быть достигнуто в том числе и за счёт введения прогрессивных технологий изготовления комплектующих.

Сварка занимает значительные объемы в производстве строительных конструкций. Одной из таких конструкций является каркас колонны, который изготавливается из арматурной стали с применением контактной рельефной и дуговой сварки. При его изготовлении применяется сварочное оборудование производства начала прошлого века, что не может не привести к снижению стабильности качества, производительности и повышению стоимости проводимых работ.

Сокращение расходов металла в строительстве произошло благодаря применению сборного железобетона. Также это привело к экономии древесины и других традиционных материалов, резкому повышению производительности труда, сокращению сроков возведения зданий и сооружений. Для увеличения производительности строительных работ и снижения её стоимости требуется проведение исследований в области

повышения эффективности и качества производства конструкций из сборного железобетона.

Существенным фактором, влияющим на повышение технологического уровня возводимых объектов, зданий и сооружений, в том числе, автодорожного назначения, является совершенствование арматурного производства. Как показывает практика, на долю арматурного производства приходится порядка 12...14 % трудозатрат. Для выполнения операций привлекаются тысячи рабочих, которые каждый год перерабатывают приблизительно 1,5...2 миллиона тонн стали. Арматурное производство на предприятиях по производству ЖБИ и ЖБК отличается высокой энергоёмкостью и механовооруженностью. Однако в настоящий момент на одного рабочего по стране в среднем приходится годовая выработка в 40...50 тонн стали [1]. На отдельных же предприятиях эта выработка может достигать значения в 100 тонн. Что говорит о возможности и необходимости изыскания резервов по снижению трудоемкости и увеличению производительности труда в арматурном производстве.

При производстве арматурных каркасов применяется сварка (контактная и ручная дуговая). Автоматизация контактной сварки не встречает затруднений и производится за счёт применения специализированных контактных машин для сварки арматуры. Дуговая же сварка с применением штучных электродов не только происходит в тяжёлых условиях и отличается весьма малой производительностью, но и сопровождается получением большого числа дефектов, исправление которых также сказывается на производительности.

В условиях современного строительства сооружений из монолитного железобетона возникает необходимость удлинения арматурных стержней непосредственно на строительной площадке. Это прежде всего обусловлено применением железобетонных конструкций длиной более 12 м (максимальная длина арматуры, выпускаемая металлургическими заводами) и рациональным использованием металлопроката. При строительстве и

ремонте железобетонных сооружений и конструкций широко применяют различные способы сварки арматуры, в основном дуговые [6, 7]. Наибольшее распространение среди этих способов нашли ручная и полуавтоматическая электродуговая сварка, а также ванно-дуговая.

При выполнении дуговой сваркой соединений арматуры возможно возникновение дефектов. Дефекты сварных швов при сварке арматуры бывают двух видов: наружные и внутренние. К наружным дефектам относятся: отклонение геометрических размеров шва от проектного, подрез, непровар, прожог, поверхностное окисление, наплыв, трещины, наружные поры и кратеры. К внутренним дефектам можно отнести: неметаллические включения, непровар, внутренние поры и микротрещины.

Таким образом, является актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества выполнения сварочных операций при изготовлении арматурных каркасов.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Сведения о конструкции изделия

Производство арматурных каркасов предусматривает использование различных способов сварки (табл. 1.1).

Как видно из таблицы 1.1, при сварке каркасов колонн используется контактная стыковая, контактная рельефная, дуговая сварка под флюсом и дуговая ручная (или полуавтоматическая). В данном проекте рассмотрим более подробно дуговую сварку арматуры.

Таблица 1.1 - Рекомендуемые способы сварки арматуры и области их применения

Способ сварки	Назначение	Вид нагрузки
Контактная стыковая	Изготовление арматурных изделий в виде отдельных стержней одинакового и разного диаметров	Статическая, динамическая и многократно повторяющаяся
Контактная рельефная	Изготовление арматурных изделий: соединение двух и трёх пересекающихся стержней	
	Изготовление закладных деталей: нахлесточное соединение стержней с плоскими элементами	Статическая и динамическая
Дуговая под флюсом	Изготовление закладных деталей: тавровое соединение стержней с плоским элементом	
Дуговая ручная	Стыковое соединение выпусков одиночных стержней арматуры в местах сопряжения арматурных изделий и сборных железобетонных конструкций	Статическая, динамическая и многократно повторяющаяся
Дуговая протяжёнными швами		

Дуговая электросварка применяется:

- а) в процессе массовой заготовки арматуры на специализированных предприятиях, если отсутствуют контактные стыковые машины; с использованием дуговой сварки производится стыковка стержней больших диаметров;
- б) при соединении отдельных заготовленных арматурных стержней в сетки или каркасы. При сварке каркасов из арматурных стержней, имеющих диаметр менее 12 мм, применение электродуговой сварки затруднено из-за большой трудоемкости процесса и повышения опасности получения пережога стержней;
- в) в процессе соединения арматурных сеток и плоских каркасов в пространственный блок и для соединения нескольких блоков на месте при их установке в строительную конструкцию.

Колонны многоэтажных зданий (рис. 1.1) согласно ГОСТ 18979-90 изготавливаются в виде прямолинейных элементов, имеющих поперечное сечение размером 300х300 и 400х400 мм. Длина колонн может соответствовать высоте одно-, двух-, трёх- и четырёх этажей. В рассматриваемом варианте использованы колонны, длина которых соответствует двум этажам – 8,4 м, масса колонны до 3,5 т. По концам каждой колонны выполнены выпуски продольной арматуры. Чтобы обеспечить качественную сварку выпусков арматуры следует особое внимание уделить точности расположения арматурных стержней при этих изготовлении элементов. Для изготовления колонн применяется преимущественно тяжелый бетон марок М200...М500. При применении легкого конструкционного бетона следует назначать его марку в пределах М200...М400. Армирование колонн происходит с применением пространственных каркасов из стали класса А-III.

СПЕЦИФИКАЦИЯ КОЛОННЫ

Марка поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примеч.
1	К-1-0100	Сборочные единицы Каркасы пространственные	1		
2	-0200	Сетки арматурные	8		
3	-0300	Изделия закладные	1		
4	-0400	Материалы	2		
		Бетон класса В 30	2,33		м ³

ВЕДОМОСТЬ РАСХОДА СТАЛИ

Марка элемента	Изделия арматурные				Изделия закладные				Общий расход			
	Арматура класса		Всего		Арматура		Плоска					
	A-III	Bp-I	A-III	Bст 3 ПС-6	A-III	Bст 3 ПС-6	A-III	Bст 3 ПС-6				
Колонна К-1	ГОСТ 5781-82 φ 12	ГОСТ 6727-80 φ 5	16,45	91,2	107,66	256	133,7	133,7	3,245	3,79	7,035	14,037
	ГОСТ 5781-82 φ 20	ГОСТ 6727-80 φ 5	16,45	91,2	107,66	256	133,7	133,7	3,245	3,79	7,035	14,037

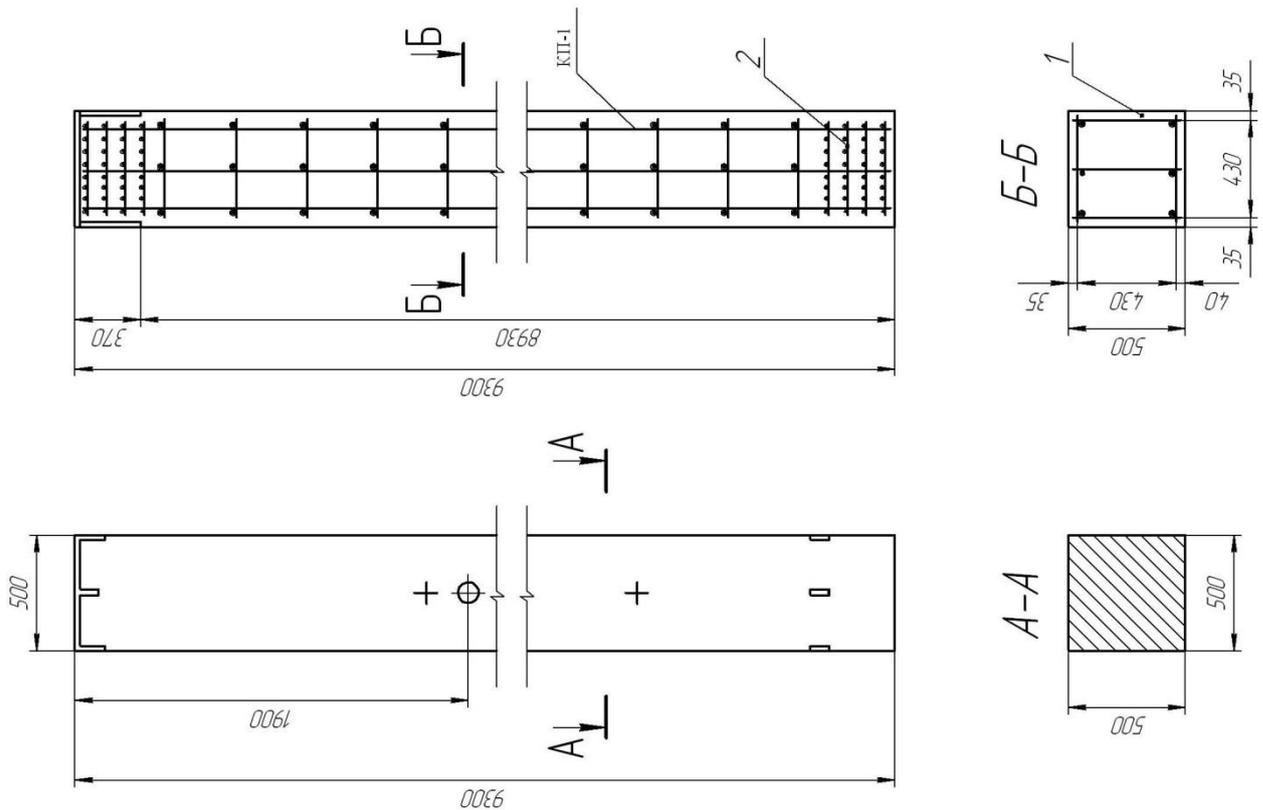


Рисунок 1.1 – Каркас колонны

Повышение производительности и качества сварных соединений при сварке конструкций из арматурных сталей является актуальной проблемой, поскольку используемые в строительстве технологии предполагают наличие большого объема сварочных работ, в том числе и на монтаже (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Железобетонные колонны и соединение их элементов

В выпускной квалификационной работе будем рассматривать колонну марки К19а-1-1 (рис. 1.2). Эта колонна выполняется по стендовому методу производства и соответствует требованиям ГОСТ 18979. При изготовлении колонны применяется тяжелый бетон марки 300. Геометрические размеры колонны 9575 x 500 x 500 мм.

1.2 Сведения о материале изделия

Каркас колонны изготавливается из горячекатаной стали для армирования железобетонных конструкций согласно ГОСТ 5781-82. Арматурная сталь поставляется как в стержнях, нарезанных по требованию заказчика, так и в мотках. Если используется сталь в мотках, следует предусмотреть меры по построению безотходной технологии, для этого необходимо выполнять стыковую сварку концов соответствующих мотков.

По механическим свойствам арматурная сталь подразделяется на несколько классов (табл. 1.2): А1(А240), А2(А300), А3(А400), А4(А600), А5(А800), А6(А1000).

Таблица 1.2 – Механические свойства арматурной стали соответствующего класса

Класс арматурной стали	Диаметр стержня, мм	Марка стали	Предел текучести, кгс/мм ²	Временное сопротивление	Относительное удлинение, %	Испытание на изгиб в холодном состоянии
A1	6...40	Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс2	24	38	25	На 180° c=0,5 d
A2	10...40 40...80	ВСт5сп2, ВСт5пс2 18Г2С	30	50	19	На 180° c=3 d
Ac2	10...32	10ГТ	30	45	25	На 180° c=1 d
A3	6...40	35ГС, 25Г2С	40	60	14	На 90° c=3 d
A4	10...18 10...22	80С 20ХГ2Ц	60	90	6	На 45° c=5 d
A5	10...22	23Х2Г2Т	80	105	7	На 45° c=5 d

Поставка арматурной стали класса А1 осуществляется в виде круглых гладких стержней. Поставка арматурной стали классов А2, А3, А4 и А5 осуществляется в виде стержней периодического профиля. Каждому классу арматурной стали соответствует определённый вид периодического профиля (рис. 1.3), который устанавливается ГОСТ 5781. Химический состав арматурных углеродистых сталей должен соответствовать ГОСТ 380, низколегированных сталей – нормам, приведённым в табл. 1.4.

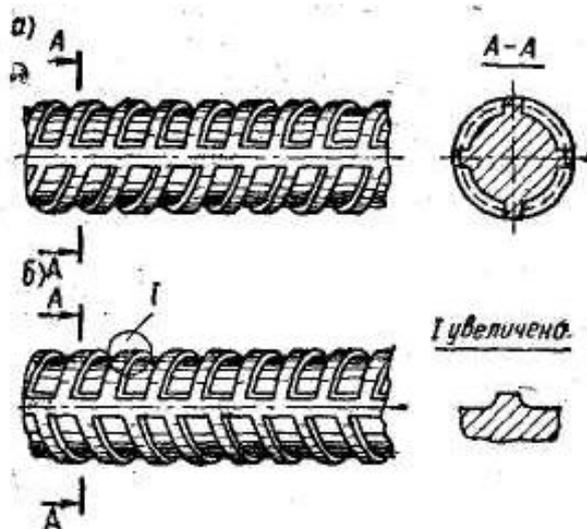


Рисунок 1.3 – Профили арматурных сталей а) класса А2; б) класса А3

Таблица 1.4 – Химический состав арматурных сталей

Марка стали	Химический состав							
	C	Si	Mn	Cr	Ti	Cu	S	P
	не более							
10ГТ	<0,13	0,45-0,65	1,0-1,4	<0,3	0,015-0,03	<0,3	0,04	0,03
18Г2С	0,14-0,23	0,6-0,9	1,2-1,6		-	<0,3	0,045	0,04
35ГС	0,30-0,37	0,6-0,9	0,8-1,2		-	<0,3	0,045	0,04
25Г2С	0,20-0,29	0,6-0,9	1,2-1,6		-	<0,3	0,045	0,04
20ХГ2Ц	0,19-0,26	0,4-0,7	1,5-1,9	0,9-0,12	-	<0,3	0,045	0,04
80С	0,74-0,82	0,6-1,0	0,7-0,9	<0,3	0,015-0,03	<0,3	0,045	0,04
23Х2Г2Т	0,19-0,26	0,4-0,7	1,4-1,7	1,35-1,7	0,02-0,08	<0,3	0,04	0,035

Произведём оценку свариваемости [2]:

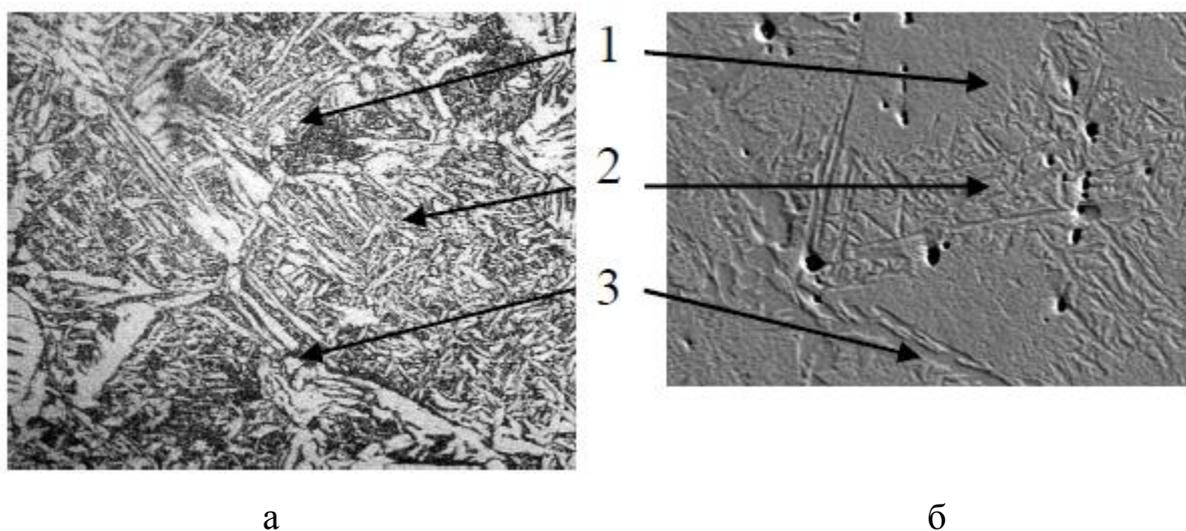
$$C_s = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2},$$

где C, Mn, Cr, V, Mo, Ni, Cu, P – содержание соответствующих элементов в стали, %.

$$C_s = 0,23 + \frac{1,6}{6} + \frac{0,3+0}{5} + \frac{0}{4} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,04}{2} = 0,56 \text{ - для стали А2 (18Г2С);}$$

$$C_s = 0,37 + \frac{1,2}{6} + \frac{0,3+0}{5} + \frac{0}{4} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,03}{13} + \frac{0,04}{2} = 0,69 \text{ - для стали А3 (35ГС);}$$

Как видно из приведённых расчётов, эквивалентное содержание углерода в арматурной стали больше, чем 0,45 %. Следовательно, она обладает ограниченной свариваемостью, и требует обоснованного выбора режимов сварки.



1 – тростосорбит; 2 – зернистый бейнит; 3 – избыточный феррит

Рисунок 1.5 – Структура стали 35ГС в зоне перегрева: а) $\times 500$; б) $\times 2\ 000$

Из анализа публикаций отечественных и зарубежных авторов по формированию структуры сварного соединения можно сделать следующее заключение. В сварном шве наиболее предпочтительными являются структуры зернистой морфологии, чем с игольчатые структуры (мартенсит, верхний или нижний бейнит), которые повышают технологичность, свариваемость и надежность в эксплуатации [3, 4, 5]. Одной из таких структур является малоизученный вид бейнита – зернистый бейнит. Зернистый бейнит ранее наблюдался в зоне термического влияния сварного шва при сварке сталей [5]. В большинстве случаев это стали бейнитного класса, имеющие содержание углерода до 0,3% и суммарное содержание

легирующих элементов до 4%. Однако на среднеуглеродистых низколегированных сталях, например сталь 35ГС, зернистый бейнит ранее не обнаруживался.

1.3 Операции базового технологического процесса сварки

1.3.1 Подготовка стыков арматуры к сварке

Установка элементов железобетонных конструкций должна выполняться с обеспечением совмещения стыков арматуры. Допустимое значение несоосности стыкуемых стержней приведено в табл. 1.5. Допустимое значение перелома осей составляет не более $\pm 3^\circ$.

Таблица 1.5 – Допускаемая величина несоосности при выполнении стыков арматуры

Диаметр стержней стыкуемой арматуры, мм	Допустимое значение несоосности арматуры, в % от номинального диаметра стержня арматуры
16...28	15
32...40	10

Если при монтаже стыка стержней требуется провести доводку до соосного положения, то перед отгибом стержня необходимо провести предварительный подогрев. В качестве источника нагрева служит пламя газовой горелки. Температура предварительного подогрева должна составлять порядка 600...800 °С. Достижение заданной температуры определяется по темно-вишневому цвету нагреваемого участка стержня. Нагрев стержней следует проводить на расстоянии не ближе 70 мм от бетона.

Разделка торцев стыка стержней перед сваркой выполняется кислородной резкой (рис. 1.6, 1.7). Требования к геометрии разделки торцев соединяемых стержней и сборки стыков под сварку согласно ГОСТ 14098 представлены в табл. 1.6 и табл. 1.7. Нельзя при выполнении обрезки стыков стержней применять электрическую дугу.

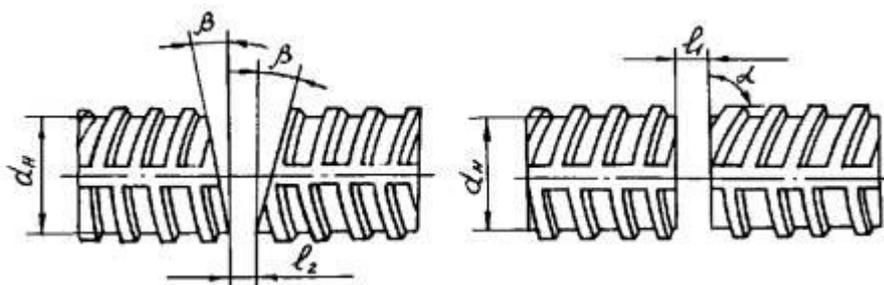


Рисунок 1.6 – Разделка торцов горизонтальных стыков арматуры перед сваркой

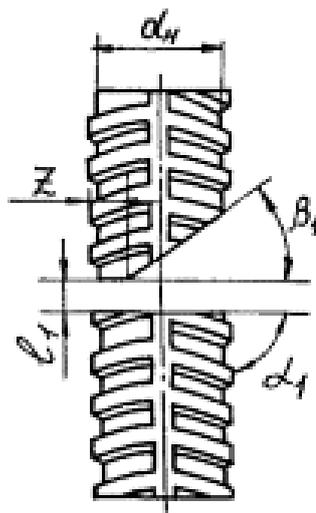


Рисунок 1.7 – Разделка торцов вертикальных стыков арматуры перед сваркой

Таблица 1.6 – Геометрия разделки торцов для выполнения горизонтального стыка стержней арматуры

Размеры, мм			α	β
d_H	l_1	l_2		
20; 28; 32; 36; 40	12 - 20	5 - 12	$90^{\circ}_{-10^{\circ}}$	10 - 15°

Таблица 1.7 – Геометрия разделки торцов для выполнения вертикального стыка стержней арматуры

Размеры, мм				α_1	β_1
d_H	l_1	l_2	z		
16 - 40	5 - 15	8 - 20	$\leq 0,15d_H$	$90^{\circ}_{-10^{\circ}}$	40 - 50°

Выпуски стержней из бетона должны иметь длину не менее 150 мм. В том случае, если зазор между стыкуемыми выпусками стержней превышает допустимое значение, сварку следует выполнять с применением арматурных вставок. Для этого применяют стержни аналогичного диаметра и выполненные аналогичной стали, что и выпуски стержней. Вставка должна иметь длину не менее 80 мм, а выпуски арматуры в этом случае должны быть не менее 100 мм.

Перед выполнением операции сварки необходимо произвести зачистку концов стержней арматуры от грязи, ржавчины и других загрязнений. Для зачистки следует применять металлическую щетку, саму зачистку производят на длине не менее 10 мм от торцов стыкуемых стержней. Воду, снег или лед следует удалять с поверхности стыков нагревом их пламенем газовой горелки.

1.3.2 Требования к сборке стыка стержней и установке инвентарных форм

Для сварки стыков арматуры используют инвентарные формы, которые размещают на подготовленных торцах после сборки стыка. Материалом для изготовления инвентарных форм может служить графит или медь. Эти формы выполнены в виде двух разъёмных половин.

В процессе сварки следует не допустить вытекания жидкого металла и шлака из сварочной ванны. Для этого уплотняют зазоры между инвентарной формой и соединяемыми стержнями. Уплотнение зазоров следует производить на расстоянии 15...20 мм от оси стыка. Для такого уплотнения нашёл применение шнуровой асбест.

Для фиксирования инвентарных форм могут быть применены струбцины, скобы или другие приспособления с возможностью быстрого съёма. При установке инвентарных форм следует исключить возможность их проскальзывания относительно соединяемых стержней.

1.3.3 Требования к сварочным материалам

Механизированная сварка стыков стержней арматуры должна осуществляться с применением порошковой проволоки. При этом рекомендованы проволоки марки ППТ-9 Ø3 мм или марки СП-9 Ø 2,8 мм. При выполнении операции прихватки или заварки дефектов, в качестве сварочного материала следует применять электроды типа Э50А, диаметр электродов должен быть 4 мм.

Перед выполнением сварочных операций следует производить термическую обработку сварочной проволоки и электродов. При подготовке к сварке материалов следует учитывать, что для сварки может быть допущена только та порошковая проволока, которая единожды прошла термическую обработку. Проведение сварки с применением порошковой проволоки после повторной термической обработки недопустимо. Параметры режима термической обработки должны выбираться в соответствии с данными, приведёнными в табл. 1.8.

Таблица 1.8 – Параметры режима проведения термической обработки порошковой проволоки и электродов

Наименование сварочного материала	Параметры режима термической обработки	
	Температура прокали, °С	Время прокали, ч
Порошковая проволока марки СП-3	150...200	1,0...1,5
Порошковая проволока марки ППТ-9	160...180	2,0...2,5
Порошковая проволока марки СП-9	160...180	1,5...2,0
Электроды типа Э50А	350...400	1,0...2,0

Следует следить за целостностью заводской упаковки у хранящихся на складе сварочных материалов и доставляемых на участок сварки материалов. Само же хранение сварочных материалов следует осуществлять в сухом закрытом помещении. Количество сварочной проволоки и сварочных электродов, которые доставляются на сварочный участок, должно быть

соразмерно выполняемым работам в течение одной рабочей смены. На сварочном участке сварочную проволоку и электроды следует держать в сухом месте, укрытом от осадков.

1.3.4 Требования к операциям сварки

Если механизированная сварка порошковой проволокой ведётся с применением проволоки марки ППТ-9, то следует назначать параметры режима сварки, приведённые в табл. 1.9.

Таблица 1.9 – Параметры режима сварки для проволоки ППТ-9

Диаметр свариваемых стержней, мм	Скорость подачи порошковой проволоки, м/ч	Напряжение на дуге, В	Сила сварочного тока, А (постоянный обратной полярности)	Длина вылета сварочной проволоки, мм
16; 20; 25	210 - 230	24 - 26	280 - 300	30 - 50
28; 32	210 - 230	25 - 27	310 - 340	30 - 50
36; 40	210 - 230	28 - 30	350 - 380	30 - 50

Если механизированная сварка порошковой проволокой ведётся с применением проволоки марки СП-9, то следует назначать параметры режима сварки, приведённые в табл. 1.10.

Таблица 1.10 – Параметры режима сварки для проволоки СП-9

Диаметр свариваемых стержней, мм	Скорость подачи порошковой проволоки, м/ч	Напряжение на дуге, В	Сила сварочного тока, А (постоянный обратной полярности)	Длина вылета сварочной проволоки, мм
16; 20; 25	140 - 160	24 - 26	280 - 300	50 - 60
28	160 - 180	26 - 28	310 - 330	50 - 60
32	180 - 200	28 - 30	340 - 360	50 - 70
36	210 - 220	30 - 32	360 - 380	60 - 80

Аппаратная часть для проведения сварки включает в себя полуавтомат и источник питания. В качестве полуавтомата могут быть использованы ПДО-517 (А-765) или ПДФ-502. В качестве источника питания могут быть использованы выпрямитель ВДУ-504 или сварочный преобразователь ПСГ-500-1.

Когда для сварки стыков стержней необходимо применить вставку, следует придерживаться такой последовательности действий. Выполняют сборку первого стыка, при этом зазором должен составлять 0...5 мм. Собранный стык стержней и прихватывают с применением ручной дуговой сварки штучным электродом. Собирают второй стык стержней и устанавливают на него форму. Выполняют сварку второго стыка с применением механизированной сварки порошковой проволокой. При сварке второго стыка задают параметры режима, приведённые в табл. 1.9 и 1.10. После сварки второго стыка форму устанавливают на первый стык. Выполняют механизированную сварку второго стыка порошковой проволокой. При сварке задают параметры режима согласно табл. 1.9 и 1.10. При выполнении прихватки торцев стыкуемых стержней задают параметры режима сварки: постоянный ток обратной полярности, сила сварочного тока 110...160 А. При этом в качестве источника питания используется источник с падающей вольтамперной характеристикой: выпрямитель ВДУ-504 или ВДУ-505. Допускается выполнение прихватки механизированной сваркой порошковой проволокой на параметрах режима согласно табл. 1.9 и табл. 1.10.

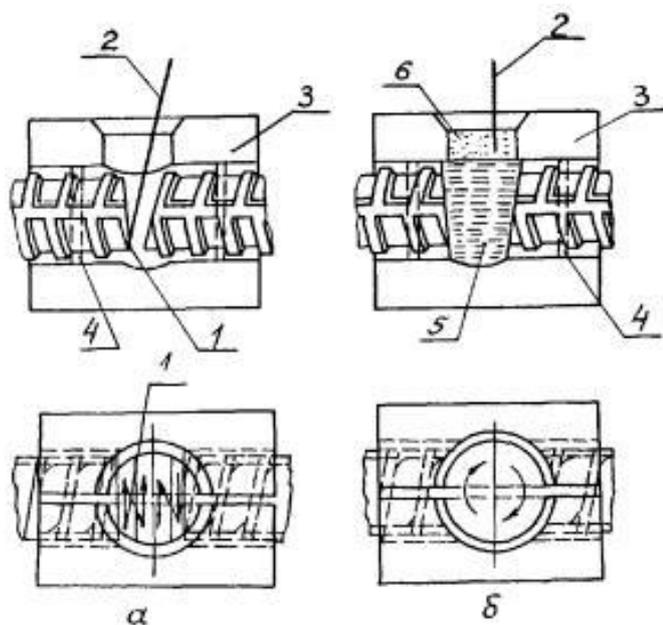
Если стыкуемые стержни образуют горизонтальный стык, необходимо придерживаться такой последовательности действий. Возбуждать сварочную дугу путём замыкания проволоки на элементы инвентарной формы недопустимо. Дугу нужно возбуждать путём касания сварочной проволокой торца стыкуемого стержня. После того, как сварочная дуга возбуждена, следует осуществить проплавление нижней части торца одного из стыкуемых стержней. После этого сообщают сварочной проволоке колебательные

движения (рис. 1.9, а) и перемещают её конец на нижнюю часть торца второго стержня, проплавляя его. После образования общей для торцов обеих стержней сварочной ванны жидкого металла и шлака, следует начать быстрое перемещение конца сварочной проволоки вдоль краёв сварочной ванны, добиваясь постепенного заполнения жидким металлом всего плавильного пространства (рис. 1.9, б).

Если стыкуемые стержни образуют вертикальный стык, необходимо придерживаться такой последовательности действий. Возбуждать сварочную дугу путём замыкания проволоки на элементы инвентарной формы недопустимо. Дугу нужно возбуждать путём касания сварочной проволокой торца стыкуемого стержня. После того, как сварочная дуга возбуждена, следует осуществить проплавление нижней части торца нижнего стержня, при этом необходимо осуществлять колебательные движения проволокой (рис. 1.10, а). После образования общей для торцов обеих стержней сварочной ванны жидкого металла и шлака следует заполнить жидким металлом всю разделку соединения. В процессе заполнения разделки необходимо обеспечивать колебательные и вращательные движения конца сварочной проволоки. В районе скоса верхнего конца соединяемых стержней следует выполнять колебательные движения сварочной проволоки. Эти колебательные движения чередуют с круговыми движениями по периметру ванны (рис. 1.10, б).

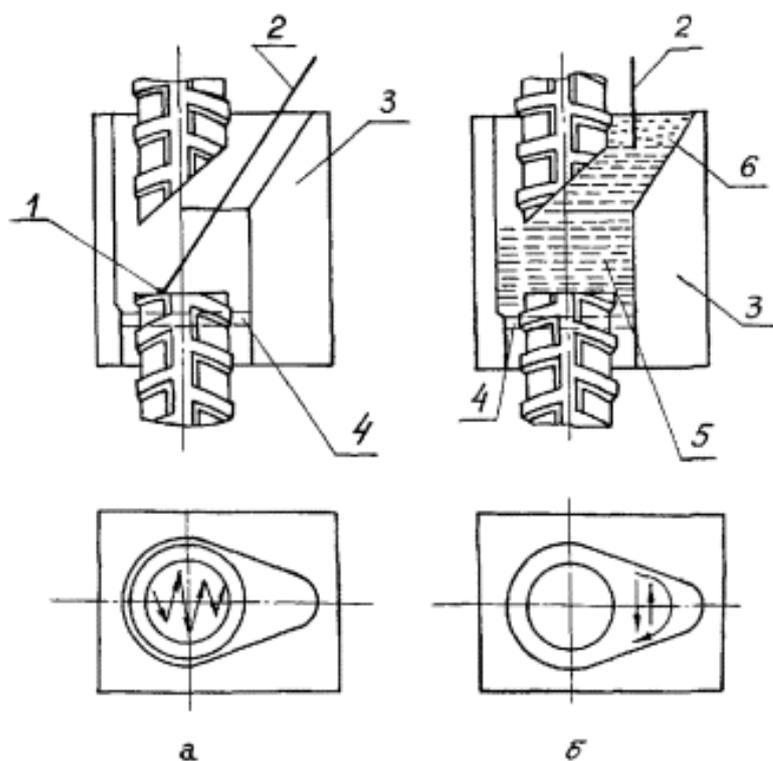
Подачу порошковой проволоки следует осуществлять перпендикулярно поверхности сварочной ванны, обеспечивая постоянную скорость подачи. Это позволит повысить стабильность горения сварочной дуги и уменьшить разбрызгивание электродного металла.

Ближе к концу сварки стыка следует сделать два-три перерыва в сварке с интервалом 3...4 секунды, при этом сварочную проволоку располагают перпендикулярно ванне расплавленного металла с её краю. Это позволяет уменьшить вероятность образования усадочной раковины и подрезов.



1 - точка возбуждения дуги; 2 - сварочная проволока; 3 - инвентарная форма;
 4 - уплотнение из шнурового асбеста; 5 - наплавленный металл; 6 - шлак

Рисунок 1.9 – Техника выполнения сварки горизонтальных стыков



1 - точка возбуждения дуги; 2 - сварочная проволока; 3 - инвентарная форма;
 4 - уплотнение из шнурового асбеста; 5 - наплавленный металл; 6 - шлак

Рисунок 1.10 – Техника выполнения сварки вертикальных стыков

Процесс сварки прекращают после достижения поверхностью шлаковой ванны верхнего края инвентарной формы.

Инвентарную форму снимают через 5...10 минут после окончания сварки, производя легкий удар молотком. После этого инвентарную форму следует охладить на воздухе и очистить от шлака.

После сварки каждое сварное соединение необходимо очистить от шлака и брызг и произвести его маркировку личным клеймом сварщика.

1.3.5 Контроль качества сварки

Контроль качества выполненного стыка стержней осуществляют путём визуального осмотра, ультразвукового контроля и проведения механических испытаний.

Визуальный осмотр применяют к 100% выполненных стыков, при этом по внешнему виду сварного соединения оно может быть отбраковано. При проведении наружного осмотра проверяют отклонение осей стыкуемых стержней, которое должно быть не более 3% от проектного. В противном случае сварное соединение следует переделать. Механические испытания проводят на растяжение с использованием разрывных машин, для этого из каждой партии отбирают 2% образцов, которые были выполнены за одну смену.

Испытание первой половины образцов проводят методом холодного изгиба с использованием оправки, которая имеет диаметр трёх диаметров испытываемых стержней, загиб стержней производят на угол 180°. В месте изгиба образца не должно наблюдаться видимых дефектов, т.е. должны отсутствовать трещины и разрывы. В исследуемой партии не должно быть ни одного образца с дефектами, в противном случае следует повторить испытания, удвоив количество испытываемых образцов. В случае, если опять будет обнаружен образец с дефектом, следует забраковать всю партию.

Минимальные значения прочности сварных соединений при выполнении стыков стержней арматуры в зависимости от её класса приведены в табл. 1.11.

Таблица 1.11 – Минимальные значения прочности сварных соединений при выполнении стыков стержней арматуры в зависимости от класса

Класс арматурного стержня	Браковочный минимум значений показателей прочности сварных соединений, МПа	
	наименьшего значения С1	среднего арифметического значения С2
А-1	0,26	0,35
А-2	0,41	0,50
А-3	0,51	0,60
В-1	0,41	0,55
Вр-1	0,41	0,55
А-4	0,80	0,90
А-5	0,90	100

Механическим испытаниям на прочность подвергают образцы сварных соединений, отобранные или вырезанные из готового изделия. Из каждой новой партии изделий отбирают не менее трех штук, а из каждой последующей партии, изготовленной тем же сварщиком, по ГОСТ 10922 может быть отобрано от двух до шести образцов. Число отбираемых образцов зависит от качества сварки, которое определяется так называемым «размахом», т.е. колебаниями показателей минимальных и максимальных значений прочности сварки соединений и основного металла. Например, при размахе «0» объем выборки равен 2 штукам, а при размахе «15» — шести контрольным образцам.

Качество полуавтоматической сварки под флюсом проверяют так же как и стыковой сварки. В основе контроля качества сварки лежит прежде всего строгое соблюдение установленного режима. Визуально проверяют полноту, размеры и бездефектность сварных швов. Если вырезать образцы из

арматурной конструкции не представляется возможным, то испытывают контрольные образцы, сваренные при тех же режимах, что и основная конструкция.

Ультразвуковой контроль (УЗК) сварных стыков осуществляют в соответствии с ГОСТ 23858. Этот метод контроля является одним из наиболее эффективных, так как позволяет получить результаты при достаточно высокой надежности испытаний и исправить обнаруженные дефекты сразу же в процессе производства арматурных работ. Ультразвуковым методом контролируют сварные стыки арматурных стержней диаметром 20—40 мм из стали классов А-2 и А-3 и стержней диаметром 8—40 мм, соединенных сваркой втавр с пластинами толщиной 6—30 мм.

Сварные соединения, выполненные с помощью ручной дуговой сварки, первоначально проверяют путем наружного осмотра и замеров размеров швов. Отобранные образцы испытывают на разрыв в лабораторных условиях. В результате проверки и испытаний выявляют прочностные характеристики сварного стыка и дефекты шва: ноздреватость, подрезы, пережоги, непровары и другие.

1.4 Обобщённый анализ рассмотренных источников научно-технической информации

В первой работе [14] проведено исследование сварного соединения конструкционной низколегированной стали 35ГС со СтЗсп при различных режимах ручной дуговой сварки. Изучена структура шва, выявлены структурные составляющие стали 35ГС в различных зонах термического влияния. В шве со стороны стали 35ГС обнаружена малоизученная структурная составляющая стали – зернистый бейнит. Выявлена количественная зависимость зернистого бейнита от зоны термического влияния. Изучена тонкая структура зернистого бейнита. Результаты этой

работы будут использованы при описании материала изделия и анализе его свариваемости.

Во второй работе [7] рассмотрены вопросы соединения стержневой арматуры железобетона в условиях строительной площадки контактной стыковой сваркой. Проведены опытно-промышленные испытания разработанной технологии контактной стыковой сварки стержневой арматуры железобетона и оборудования для ее реализации непосредственно на стройплощадке. Показано, что применение контактной стыковой сварки в условиях строительной площадки обеспечивает высокую экономическую эффективность, повышает производительность строительства и значительно снижает количество бракованных соединений. Результаты этой работы будут использованы при анализе альтернативных способов сварки.

В третьей работе [15] исследован процесс контактной стыковой сварки арматурных стале́й с применением офлюсованных промежуточных вставок. Определено, что вставки позволяют получать соединения, равнопрочные основному металлу при значительно меньших степени пластической деформации и удельной мощности оборудования. Предложена технология сварки арматуры классов АI...AV диаметром от 8 до 32 мм. Результаты этой работы будут использованы при анализе альтернативных способов сварки.

В четвёртой работе [16] рассмотрен перспективный метод получения цифрового изображения результатов радиационного контроля без промежуточных носителей данных. Проанализированы преимущества флэш-радиографии: высокая производительность; низкая стоимость; возможность многокурсного наблюдения в реальном времени внутренних дефектов сварных соединений; отсутствие промежуточных носителей информации. Выполнено сравнение основных методов получения цифрового изображения. Предложена новая технология радиационного контроля на основе малогабаритных полупроводниковых детекторов, которая получила название X-ray mini технология. Результаты этой работы применим при составлении проектной технологии сварки.

В пятой работе [17] были получены и обобщены результаты исследования по проектированию рациональных сварных соединений стержней арматуры, на основании которых предложены практические рекомендации по выбору оптимальной геометрии сварных швов. Результаты этой работы применим при составлении проектной технологии сварки.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества выполнения сварочных операций при изготовлении арматурных каркасов

В ходе выполнения анализа современного состояния вопроса сварки стыков стержней арматуры была рассмотрена конструкция арматурного каркаса, собраны сведения о материале изделия и особенностях структуры сварных швов, выполнен анализ базовой технологии сварки. Произведён сбор и анализ содержания источников научно-технической информации.

На основании анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

Обосновать способ сварки и конструкцию сварного соединения стыков арматуры, позволяющий снизить трудоёмкость и дефектность сварных соединений;

Предложить оборудование для осуществления предлагаемого способа;

Разработать технологический процесс сборки и сварки арматуры с применением предложенного способа и разработанного оборудования.

2 Проектная технология сварки

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Соединение стыков арматуры при изготовлении железобетонных конструкций может быть выполнено по одной из следующих методик:

- ручная дуговая сварка штучными электродами без использования стальных скоб-накладок;
- ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка самозащитной проволокой или механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения с использованием стальных скоб-накладок;
- дуговая сварка с использованием круглых накладок или с нахлестом;
- дуговая сварка с использованием инвентарных форм.

Соединение стыков с применением сварки **без использования скоб-накладок** может быть произведено только при вертикальном положении стыка. В этом случае конструкция и размеры соединения отвечают типу элементов типу С-20Рм (рис. 2.1). Сварка выполняется многослойными швами.

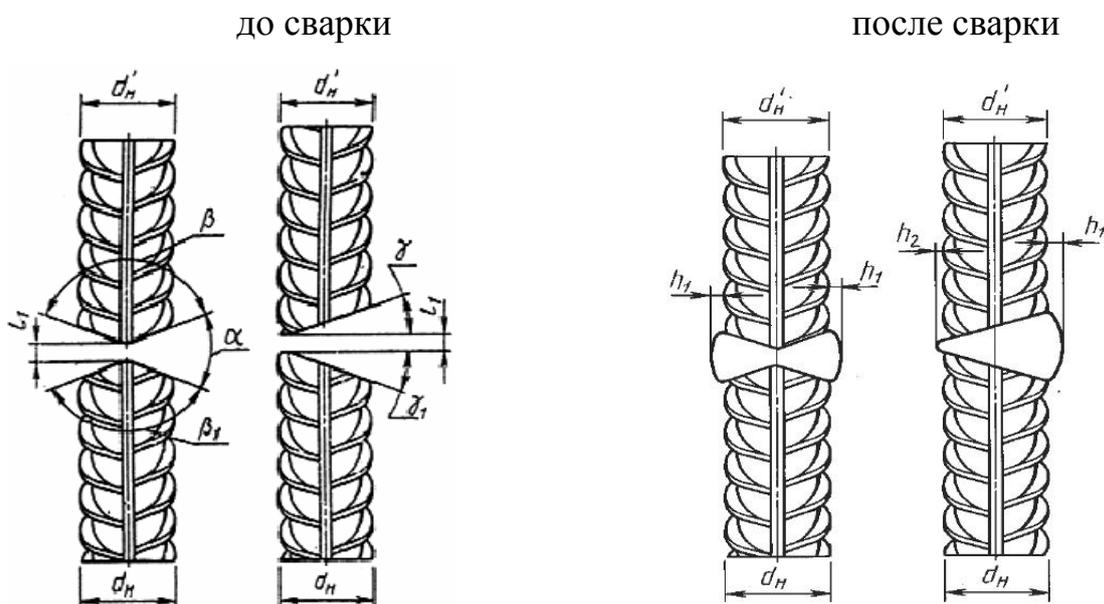


Рисунок 2.1 – Стыковые соединения арматуры (Тип С-20Рм)

В качестве преимуществ такого способа сварки арматуры можно отметить: 1) простоту оборудования; 2) отсутствие необходимости использования накладок и инвентарных форм.

В качестве недостатков такого способа следует отметить: 1) низкую производительность, которая объясняется необходимостью естественного охлаждения до температуры 100°C при сварке каждого слоя шва; 2) низкое качество сварных соединений, которое объясняется применяемым способом (ручная дуговая сварка) и большой протяжённостью зоны термического влияния; 3) ограничение применимости и-за возможности выполнять сварку только вертикальных стыков арматуры.

Сварка с использованием стальных скобах-накладок выполняется с применением ручной дуговой сварки штучными электродами, механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой, механизированной сваркой в защитном газе проволокой сплошного сечения. Стыки могут быть как вертикальными, так и горизонтальными, конструкция и размеры стыкового соединения должны соответствовать рис. 2.2 и 2.3.

В качестве преимуществ такой методики заварки стыка арматуры можно отметить следующее: 1) расширение области применения способа, которое объясняется возможностью сварки не только вертикальных, но и горизонтальных стыков арматуры; 2) существенное повышение производительности труда, которое объясняется возможностью применения механизированных способов сварки; 3) существенное повышение качества выполнения сварных соединений, которое объясняется возможностью применения механизированных способов сварки.

В качестве недостатков сварки с использованием стальных скоб-накладок можно отметить: 1) увеличение расхода материалов, которое требуется для изготовления скобы-накладки; 2) малая производительность сварки, которая объясняется , так как нет возможности применения сварки под флюсом.

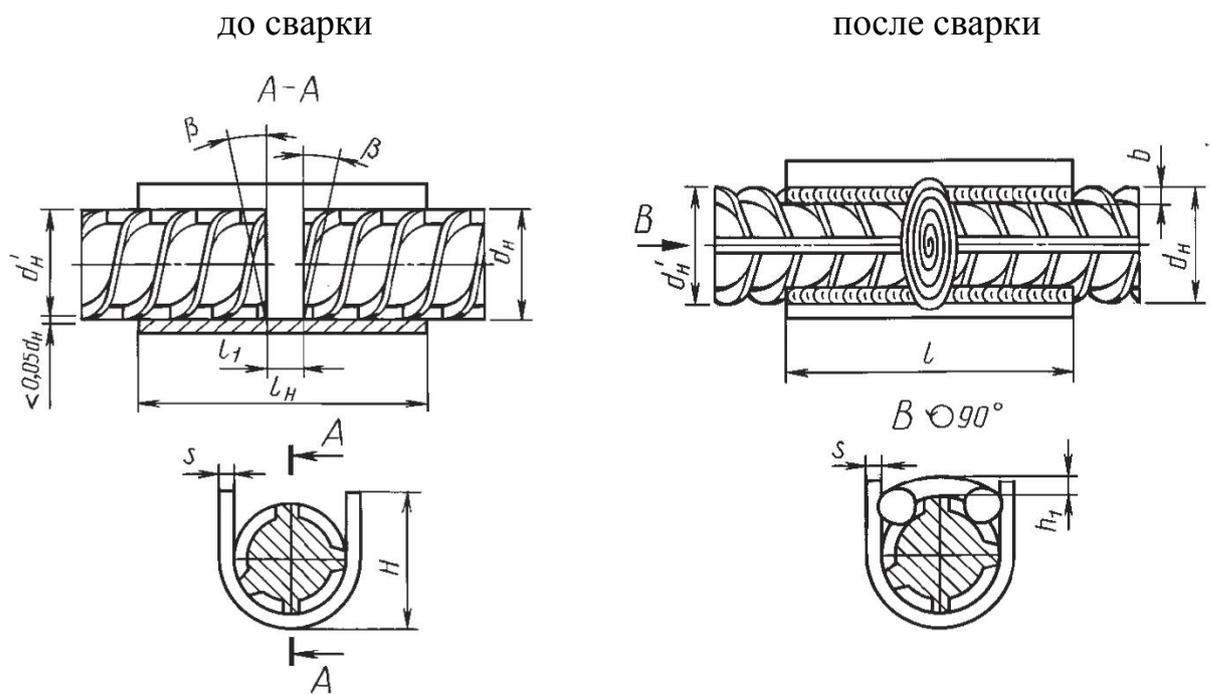


Рисунок 2.2 – Горизонтальное стыковое соединение, выполняемое с использованием стальных скоб-накладок (типы С14-Мп, С15-Рс, С16-Мо)

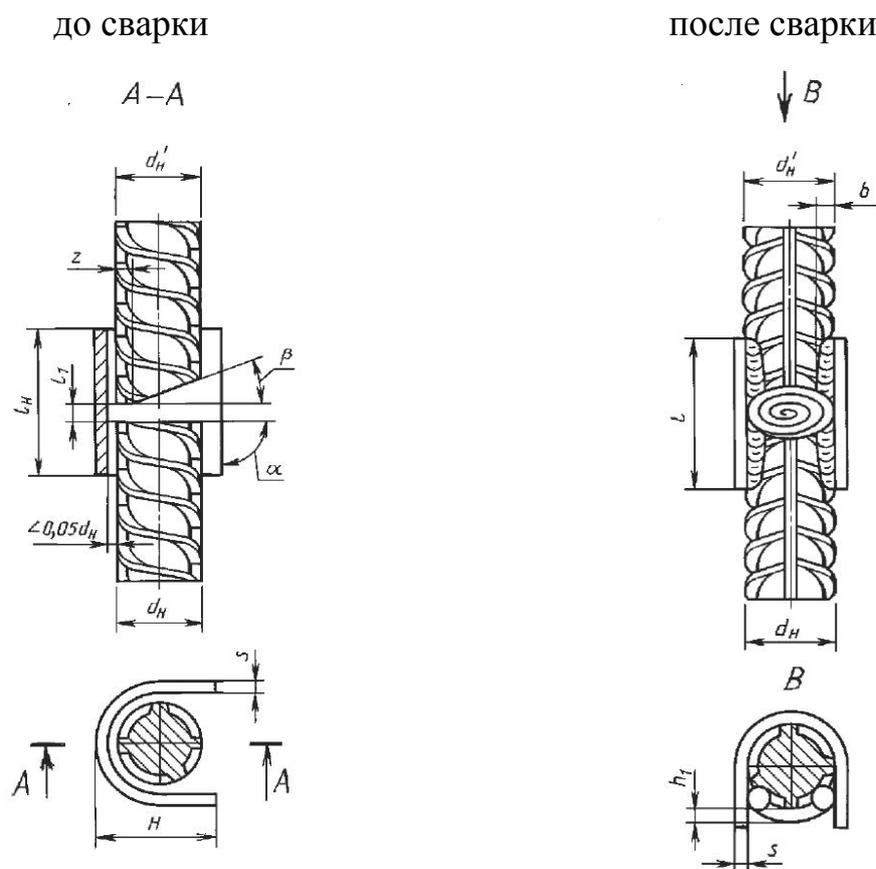


Рисунок 2.3 – Вертикальное стыкового соединения, выполняемое с использованием стальных скоб-накладок (типы СП-Мп, С-18-Мо, С19-Рм)

Сварка с применением круглых накладок или нахлёста может быть использована при сварке стыковых соединений арматуры, при этом вместо остающихся скобок-накладок берут отрезки той же арматуры, что сваривается.

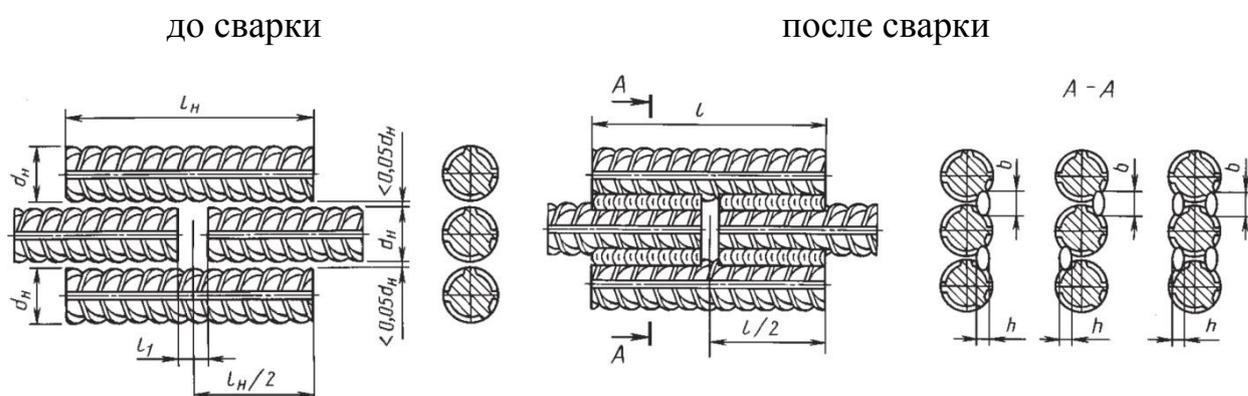


Рисунок 2.4 – Стыковое соединение горизонтально и вертикально расположенных стержней с применением парных накладок (Тип С21-Рн)

В процессе сборки соединения расположение накладок должно быть таким, чтобы расположить оси накладок и оси стыкуемых стержней в одной плоскости. Накладки следует располагать таким образом, чтобы обеспечить удобный доступ для прихватки и сварки. Крепление стыкуемых стержней арматуры и круглых накладок производят простановкой четырёх прихваток. Также следует прихватить стержни арматуры друг с другом (если производится сварка с нахлестом) посредством простановки двух прихваток длиной 15...20 мм каждая.

Выполнение сварных швов соединения арматуры класса А-I...А-III с применением накладок производят на проход, прерывая сварку у зазора. В месте окончания сварного шва (в начале зазора и в конце накладки) следует осуществить тщательную заварку кратеров. Категорически запрещено выведение кратеров на тело свариваемых стержней арматуры.

В качестве преимущества такого способа соединения арматуры следует выделить: нет необходимости применять специальные скобы-накладки, это приводит к повышению универсальности способа. В качестве недостатка

такого способа выполнения стыков арматуры следует отметить: 1) увеличивается расход арматуры и сварочных материалов; 2) увеличиваются габариты и масса конструкции; 3) снижается производительность сварки; 4) малая прочность стыка по сравнению со сваркой в инвентарных формах и с применением скоб-накладок.

Сварка стыков арматуры с применением инвентарных форм является более совершенным и производительным способом сварки по сравнению со сваркой с применением скоб-накладок.

Сварку в инвентарных формах выполняют под слоем флюса, порошковой самозащитной проволокой и ручной дуговой сваркой штучными электродами.

Из-за специфики процесса сварку в инвентарных формах можно применять при условии, что расстояние между соседними стержнями составляет не менее 80...200 мм (минимально допустимое расстояние определяется диаметром стержней арматуры).

Необходимо, чтобы конструкция стыкового соединения арматуры соответствовала приведенной на рис. 2.5.

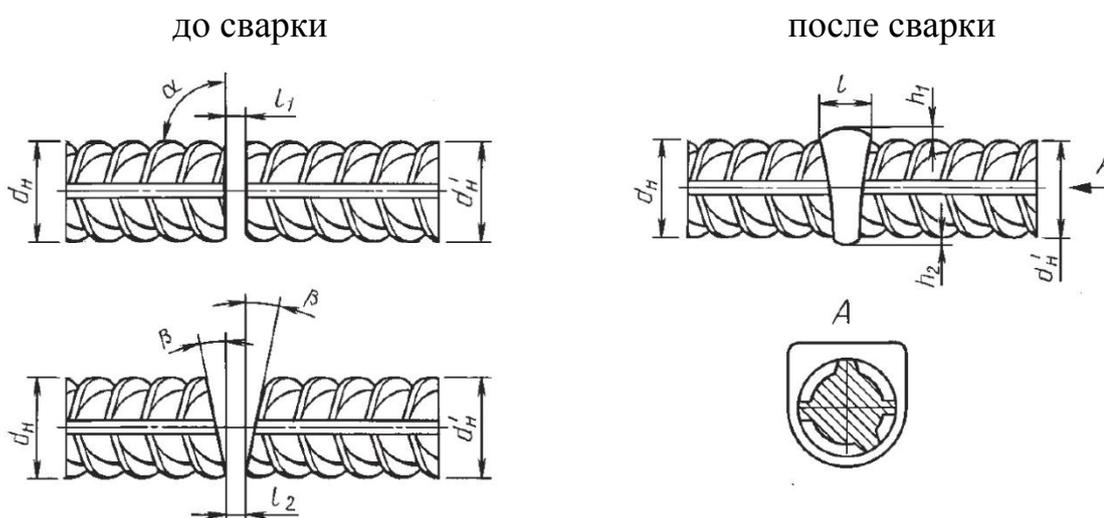


Рисунок 2.5 – Горизонтальное стыковое соединение выполняемого с применением инвентарных съемных форм (типа С5-Мф, С6-Мп, С7-Рв)

Установку инвентарных форм на арматуре и их закрепление выполняют струбцинами или с применением вязальной проволоки. Также можно применять зажимы любой конструкции. При монтаже стыка категорически не допускается установка с проскальзыванием форм по арматуре в любом направлении (горизонтальное или вертикальное), также недопустимо наличие сдвига друг относительно друга половинок инвентарной формы.

В качестве преимуществ такого способа соединения стыков арматуры следует отметить: 1) повышение производительности сварки, что объясняется возможностью применения сварки под флюсом; 2) высокое качество сварных соединений; 3) улучшение условий труда сварщика.

В качестве недостатков такого способа можно отметить: 1) необходимо применять различные вспомогательные материалы: скобы, вязальная проволока, асбестовый шнур; 2) повышается трудоёмкость за счёт усложнения вспомогательных операций; 3) высокие требования к квалификации сварщика.

Таким образом, при составлении проектной технологии сварки стыков арматуры были рассмотрены:

- ручная дуговая сварка штучными электродами без использования стальных скоб-накладок;
- ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка самозащитной проволокой или механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения с использованием стальных скоб-накладок;
- дуговая сварка с использованием круглых накладок или с нахлестом;
- дуговая сварка с использованием инвентарных форм (базовый вариант сварки).

Следует сделать вывод, высокой производительности и высоком качестве сварки арматуры с применением инвентарных форм. Однако, в проектной технологии предложим использование сварки со стальными

скобами-накладками, а повышение качества и производительности достигнем за счёт применения производительных способов сварки.

2.2 Операции проектного технологического процесса сварки

2.2.1 Подготовка к сварке

При выполнении арматурных работ подготовка к сварке включает следующие операции:

- по заготовке и предварительной обработке арматуры (правка, резка, очистка, разделка концов стержней);
- по сборке элементов арматуры под сварку (прихватка стержней и накладок, установка и закрепление медных форм).

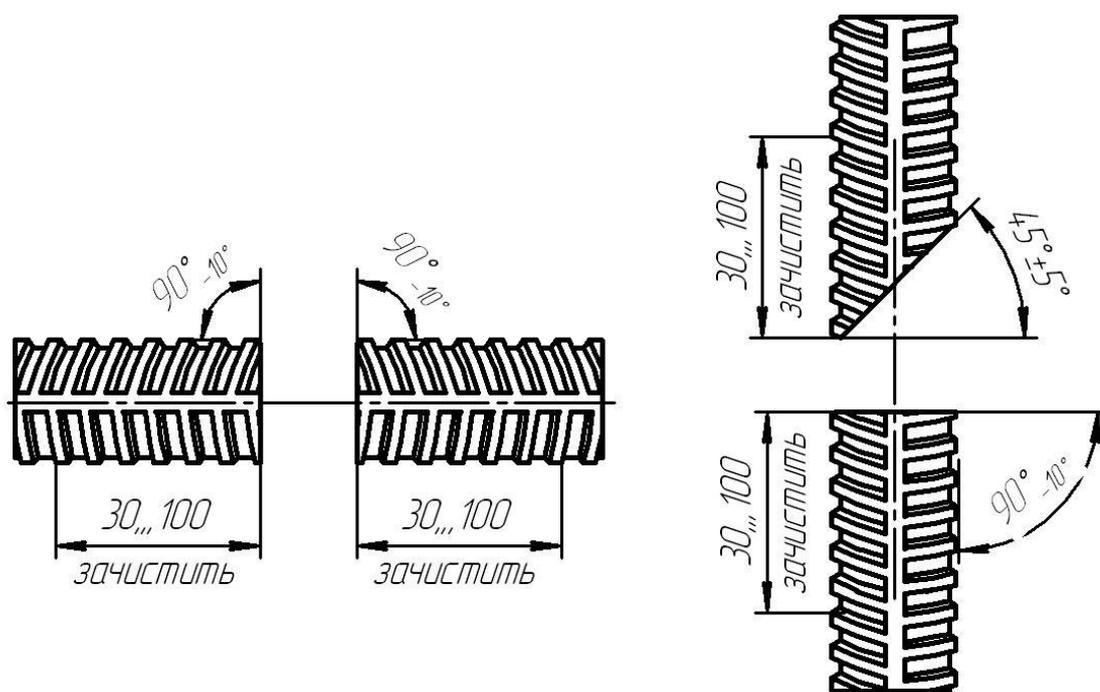


Рисунок 2.6 – Подготовка концов арматуры

Правку и резку арматурной стали, поступающей в бухтах, осуществляют механическим способом на правильно-отрезных автоматических станках или в соответствующих устройствах поточных линий. Отдельные стержни арматуры, как правило, не требуют правки. При необходимости их выправляют с помощью станков для гнутья, прессов и вручную в холодном

состоянии или с подогревом. Стержни режут на механических станках или газовыми резаками.

Очистке от отслаивающихся окалины и ржавчины, а также от минеральных и органических загрязнений подлежат:

- торцы и боковые поверхности стержней на длине 30...100 мм от торца перед сваркой;
- вспомогательные элементы; накладки из стержней — по всей длине, стальные скобы-накладки — по внутренней поверхности;
- боковые поверхности стержней по всей длине швов перед дуговой сваркой протяженными швами.

2.2.2 Сборка

При сборке элементов арматуры и закладных изделий под сварку необходимо обеспечивать:

- заданные проектом размеры и расположение элементов относительно друг друга;
- соосность стержней;
- требуемые технологические зазоры;
- симметричное относительно торцов стержней расположение инвентарных форм и накладок (за исключением сварки со смещенными накладкам из стержней);
- доступность и удобство выполнения прихваток.

В случае, если зазор между торцами стыкуемой арматуры превышает максимально допустимое значение, сборку под сварку выполняют с промежуточной вставкой. В качестве промежуточной вставки используют отрезок арматуры длиной не менее 150 мм, который выполнен из той же стали и того же диаметра, что и стыкуемая арматура.

Сборку стыка арматуры следует выполнять со смещением осей одного стержня относительно другого, не превышающим 1...1,3 мм.

При сборке следует устанавливать между стыкуемыми стержнями технологический зазор величиной 15 ± 3 мм.

Закреплять стальные скобы-накладки на стержнях арматуры выполняют двумя прихватками. Расположение этих прихваток должно быть диагональным на каждом стыкуемом стержне, прихватки следует располагать на расстоянии 10...15 мм от края скобы-накладки. Выполняемая прихватка не должна препятствовать установке инвентарной формы.

При выполнении прихваток используют электроды УОНИ-13/55 $\varnothing 4$ мм, сила сварочного тока устанавливается 100...120 А. Сварку следует вести на постоянном токе обратной полярности. В качестве источника тока применяют выпрямитель ВДУ-506.

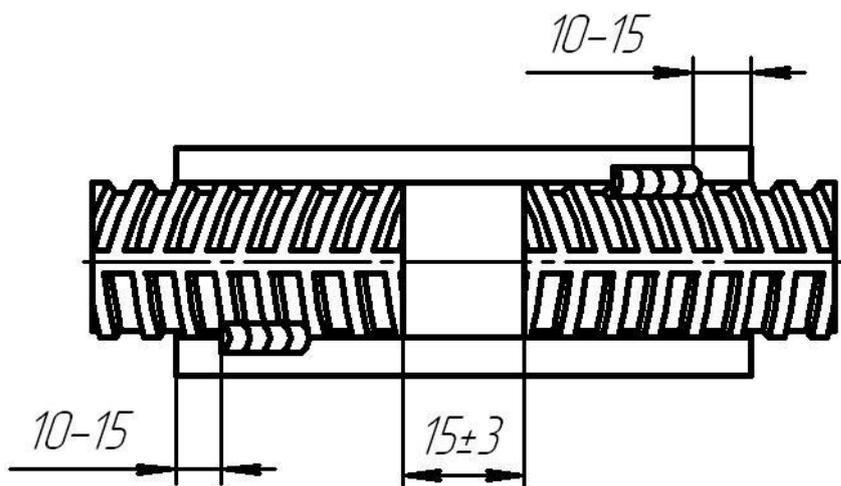
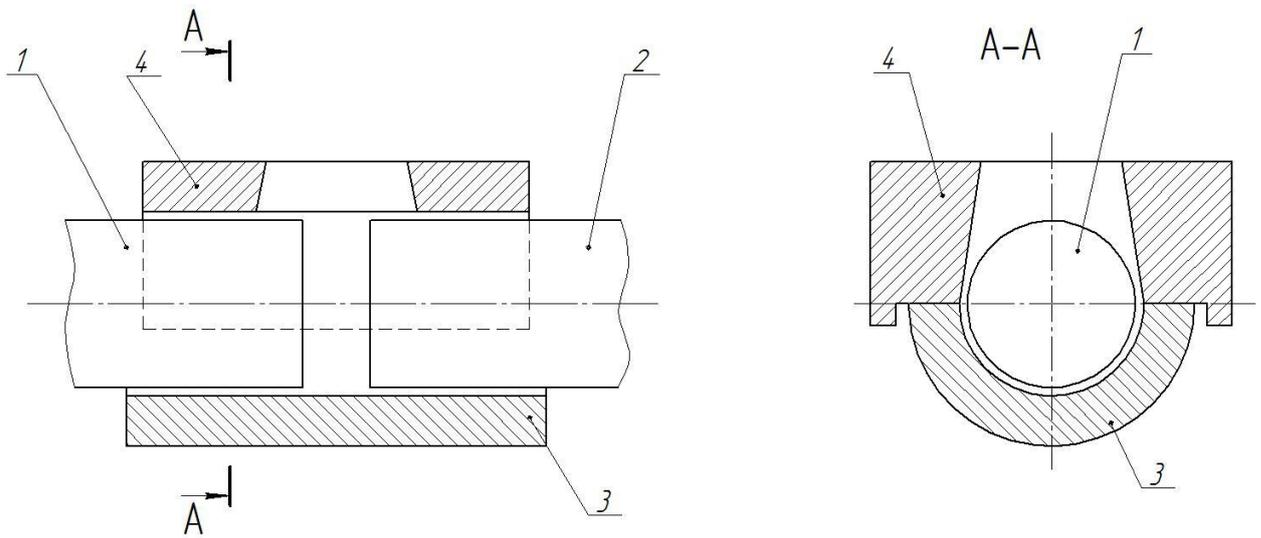


Рисунок 2.7 – Прихватка формирующей скобы

2.2.3 Сварка

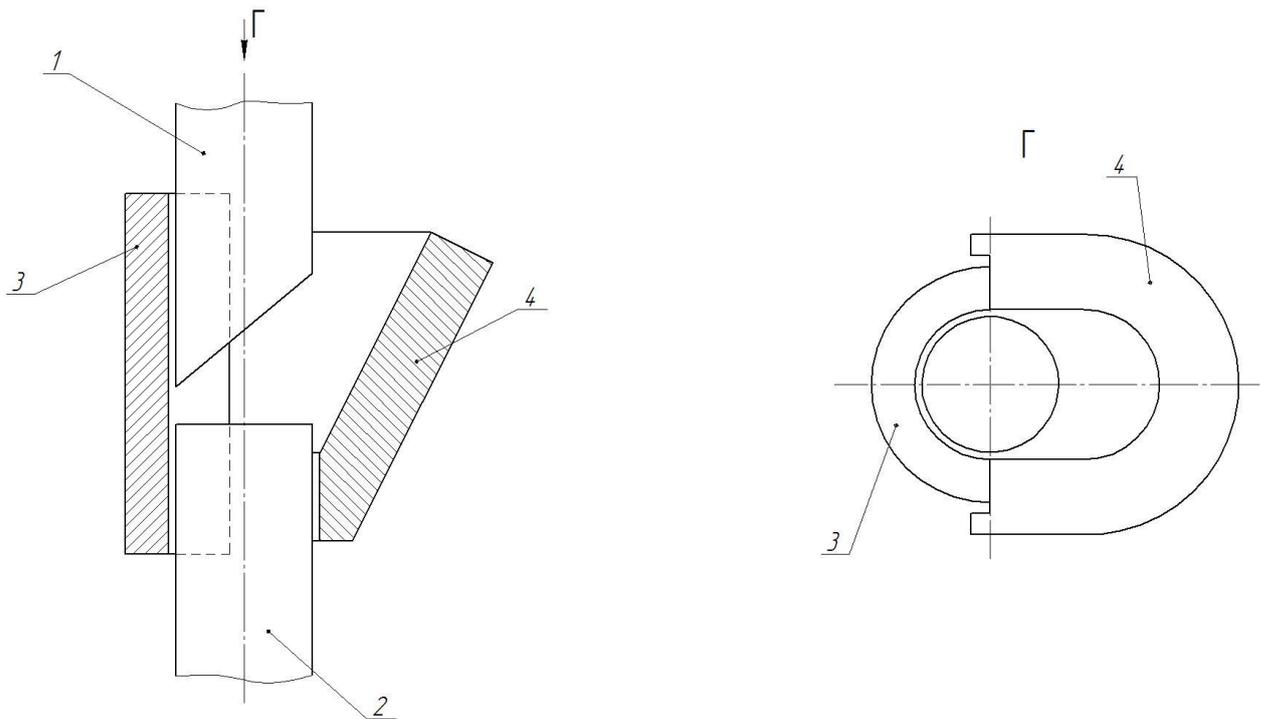
Сварку стыков арматуры производим с применением сварки под слоем флюса.

Для сварки арматурных стержней 1 и 2 (рис. 2.8, рис. 2.9) в месте их стыка устанавливают стальную скобу 3 с охватом половины диаметра стержней и к ней присоединяют съемный формирующий элемент 4, выполненный из меди или графита.



1, 2 - арматурные стержни; 3 - стальная скоба;
4 - съёмный формирующий элемент

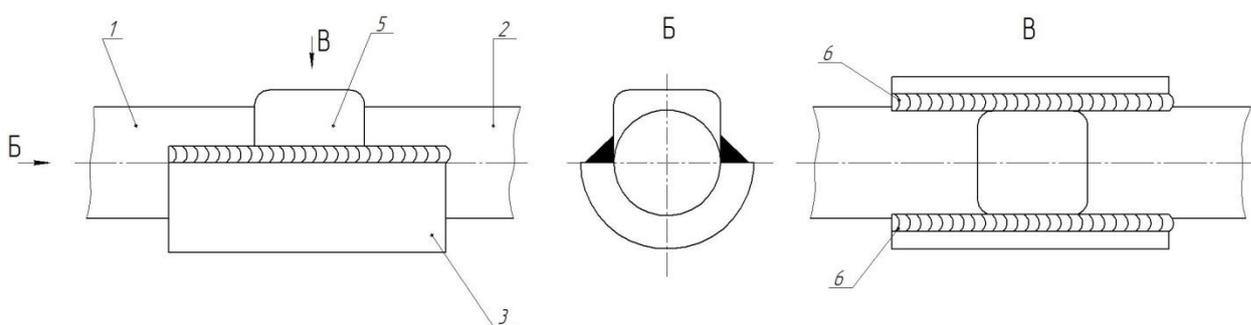
Рисунок 2.8 – Сборка горизонтальных стыков арматуры



1, 2 - арматурные стержни; 3 - стальная скоба;
4 - съёмный формирующий элемент

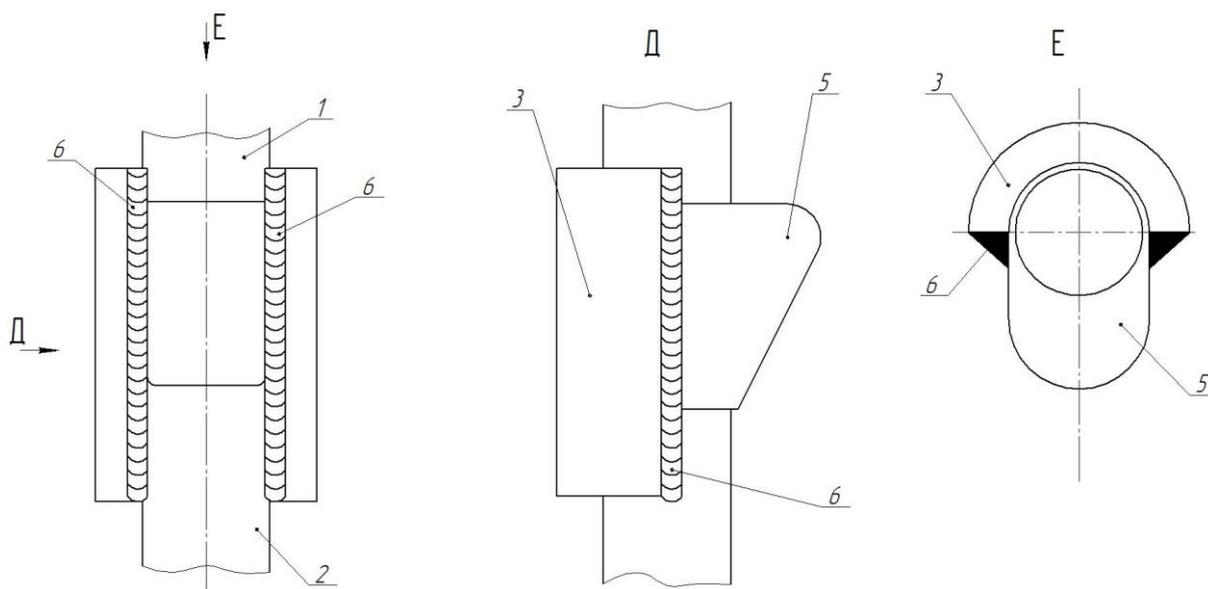
Рисунок 2.9 – Сборка горизонтальных стыков арматуры

После сборки производят сварку концов стержней 1 и 2 с образованием в месте их стыка наплавленного металла 5, затем снимают формирующий элемент 4, а скобу 3 соединяют с прилегающими поверхностями стержней наплавкой фланговых швов 6 на продольные грани скобы по всей ее длине (рис. 2.10 и рис. 2.11). Длина каждого флангового шва 6 в зависимости от характера нагрузки на арматуру может превышать длину скобы 3 не менее, чем половину диаметра арматурного стержня. Длина скобы 3 составляет от двух до четырех диаметров арматурного стержня в зависимости от класса арматуры.



1 и 2 – арматурные стержни; 3 – стальная скоба; 4 – съёмный формирующий элемент; 5 – наплавленный металл; 6 – фланговый шов

Рисунок 2.10 – Вид сварных горизонтальных стыков арматуры

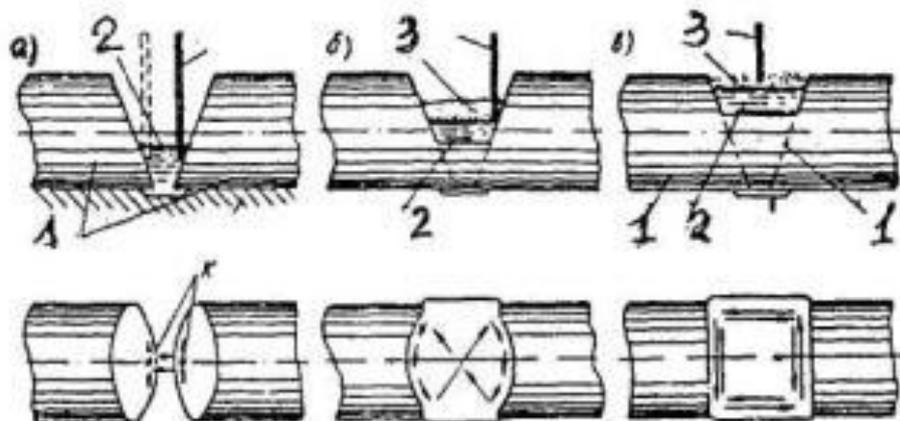


1 и 2 – арматурные стержни; 3 – стальная скоба; 4 – съёмный формирующий элемент; 5 – наплавленный металл; 6 – фланговый шов

Рисунок 2.11 – Вид сварных вертикальных стыков арматуры

При выполнении стыкового соединения горизонтальных стержней арматуры придерживаются последовательности действий:

- 1) Конец электродной проволоки погружают в сварочный флюс. Дугу возбуждают касанием конца электродной проволоки торца арматуры. Запрещается возбуждать дугу замыканием электродной проволоки на скобу-накладку или медную форму;
- 2) Проплавляют нижнюю часть торца одного стержня (рис. 2.12, а), для чего выполняют колебательные проволокой;
- 3) После расплавления нижнего торца одного стержня перемещают конец электродной проволоки на нижнюю часть второго стержня, далее проплавляют нижнюю часть второго стержня;
- 4) После того, как образовалась ванна с жидким металлом и шлаком начинают быстро перемещать конец электродной проволоки по краю шлаковой ванны у торцов стержней (рис. 2.12, б). При этом добиваются постепенного заполнения плавильного пространства;
- 5) Сварку заканчивают перемещением конца электродной проволоки по краю сварочной ванны. В процессе перемещения электродной проволоки нельзя приближать проволоку к центру плавильного пространства (рис. 2.12, в).



1 - стержни; 2 - жидкий металл; 3 - шлак

Рисунок 2.12 – Техника ванной сварки под флюсом стыковых соединений горизонтальных стержней: а) на начальном этапе расплавления нижней части торцов стержней; б) при установившемся процессе; в) на конечном этапе

Сила тока в сварочной цепи связана со скоростью подачи электродной проволоки по линейной зависимости

$$I_{св} = (1,6 - 2,2) \cdot V_{св}. \quad (2.1)$$

Рост силы сварочного тока при росте скорости подачи проволоки объясняется уменьшением расстояния между поверхностью сварочной ванны и электродной проволоки, которая погружена в шлаковую ванну. При уменьшении высоты слоя шлака уменьшается и сопротивление этого слоя. В результате увеличивается сила тока, происходит дополнительный подогрев сварочной ванны, повышается температура шлака. В результате этого происходит дальнейшее уменьшение сопротивления шлака. В тоже время при увеличении температуры шлака и сварочной ванны происходит рост скорости плавления электродной проволоки, что приводит к увеличению расстояния между концом электродной проволоки и поверхностью расплавленного металла сварочной ванны. В результате этого устанавливается новое стабильное состояние в процессе плавления электрода.

При повышении силы тока происходит пропорциональное увеличение глубины металлической ванны и глубины провара. Результатом этого является снижение коэффициента формы металлической ванны. Таким образом, увеличение силы тока приводит к повышению вероятности образования в сварном шве горячих трещин.

Величину сварочного тока выбирают в зависимости от величины отношения толщины свариваемого металла к числу электродов по формуле:

$$I_{св} = A + B \cdot (s/n), \quad (2.2)$$

где A и B - коэффициенты ($A=220-280$; $B=3,2-4,0$);

s - толщина свариваемых деталей (принимается 20 мм – диаметр стержней арматуры),

n - число электродов (1 проволока).

$$I_{св} = (240 \dots 260) + 3,2 \cdot (20/1) = 300 \dots 320 \text{ А.}$$

По формуле (3.1) определим скорость подачи проволоки:

$$V_{\text{св}}=I_{\text{св}}/(1,6\dots2,2)=(300\dots320)/(1,6\dots2,2)=180\dots210 \text{ м/ч}$$

Изменение напряжения в наибольшей мере влияет на ширину шва. Увеличение напряжений приводит также к некоторому увеличению глубины металлической ванны. В целом же с увеличением напряжения коэффициент формы металлической ванны увеличивается.

Для получения металлической ванны оптимальной формы, при которой нет опасности образования горячих трещин, большему току должно соответствовать несколько большее напряжение. С достаточной точностью для практических целей напряжение для сварки может быть определено по формуле:

$$U = 12 + \sqrt{125 + s/(0,075 \cdot n)} . \quad (2.3)$$

$$U = 12 + \sqrt{125 + s/(0,075 \cdot n)} = 12 + \sqrt{125 + 20/(0,075 \cdot 1)} = 30 \text{ В.}$$

Выполнение фланговых однопроходных швов должно начинаться после полного заполнения пространства между торцами стержней арматуры.

У флангового шва размер катета должен быть таким же, что и толщина стальной скобы-накладки. Допускается уменьшение катета флангового шва на 1,0...1,5 мм. В случае сварки арматуры классов А-I...А-III наложение фланговых швов производят от стыка стержней к краю скоб-накладок.

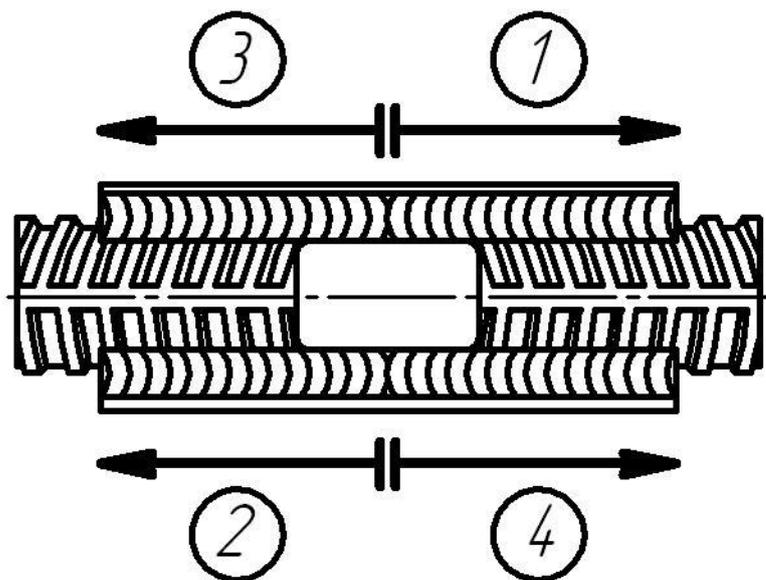


Рисунок 2.13 – Сварка фланговых швов

Выполнение фланговых швов желательно производить в шахматном порядке, при этом швы должны заканчиваться в конце скобы-накладки. В процессе сварки фланговых швов следует тщательно заваривать кратеры.

В случае сварки арматурных стержней класса А-III диаметром 20 мм применяют электроды УОНИ-13/55 Ø 4 мм, ток сварки 100...120 А. Сварку вести на постоянном токе обратной полярности. Источник тока – ВДУ-506. Катет шва 8 мм.

2.3 Контроль качества

Контроль качества выполненного стыка стержней арматуры осуществляют путём визуального осмотра, неразрушающего (ультразвукового или рентгеновского) контроля и проведения механических испытаний.

Наиболее распространенным видом неразрушающего контроля (НК) качества сварных соединений, материалов и изделий является радиационный контроль. Радиационные методы НК применимы к изделиям из любых материалов и превосходят полнотой информации о дефектах (тип, форма, размеры, место расположения) другие виды НК (акустический, магнитный, вихретоковый и др.) [8].

В последние годы произошли существенные качественные изменения в возможностях радиационного НК, прежде всего благодаря появлению новых многоэлементных полупроводниковых детекторов радиационных изображений, а также интенсивному внедрению цифровых технологий получения, обработки и анализа изображений. При использовании таких детекторов и цифровых технологий ионизирующее излучение, прошедшее через контролируемый объект и несущее информацию о внутренних его дефектах, с помощью электронных средств преобразуется в массив электрических сигналов, которые оцифровываются, обрабатываются и используются для формирования цифрового изображения (ЦИ) контролируемого объекта. ЦИ содержит информацию о внутренней

структуре объекта и может наблюдаться непосредственно во время просвечивания, т.е. в реальном времени. Такой метод радиационного контроля, без расходных материалов и без промежуточных носителей информации, с получением ЦИ в реальном времени называется флэш-радиографией [9].

На рис. 2.10 приведена классическая технологическая схема получения ЦИ за счет оцифровки пленочных рентгенограмм. Эта традиционная технология распространена во всем мире, во всех отраслях промышленности. Она требует подготовки кассеты с пленкой и экранами. После просвечивания следуют процедуры химической обработки, сушки пленки, считывание информации на негатоскопе и оцифровывание результатов с помощью соответствующего компьютерного комплекса. Этой технологией пользуются в основном для компактного архивирования результатов НК в электронном виде и для получения дополнительной информации, которую нельзя получить без оцифровки.



Рисунок 2.10 – Традиционная схема радиографического контроля с использованием пленки и оцифровки рентгенограмм: зарядка кассет (1); просвечивание на рентгеновскую пленку (2); процедура обработки пленки (3); сканирование пленки (4); ЦИ (5)

На рис. 2.11 приведена схема более совершенной технологии получения ЦИ на основе запоминающих пластин (компьютерная радиография). По сравнению с предыдущей схемой получения ЦИ данная технология обеспечивает возможность многократного использования промежуточного носителя информации (запоминающей пластины). Здесь отсутствует мокрый процесс проявки и прочие обязательные процедуры.

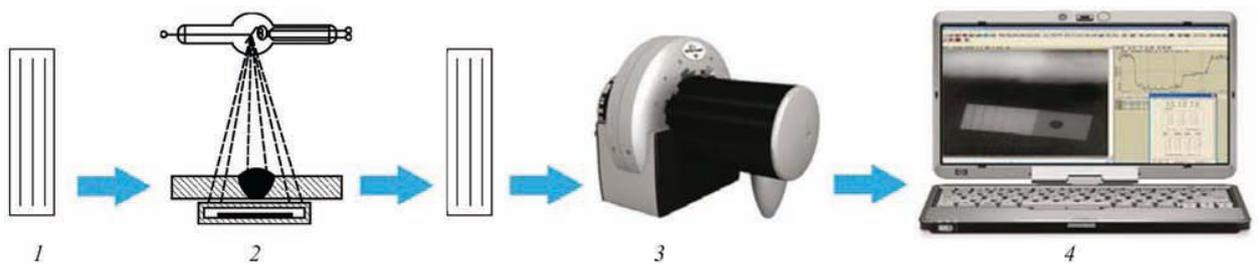


Рисунок 2.11 – Схема технологии просвечивания с использованием запоминающей пластины: подготовка кассеты с запоминающей пластиной (1); просвечивание на запоминающую пластину (2); считывание пластин (3); ЦИ (4)

На рис. 2.12 приведена схема технологии мгновенной (флэш) цифровой радиографии на основе флюороскопических и твердотельных детекторов [10, 11]. Это самый быстрый и самый дешевый способ получения ЦИ в электронном виде, не требующий обрабатывающего и считывающего оборудования и соответствующего вспомогательного времени.

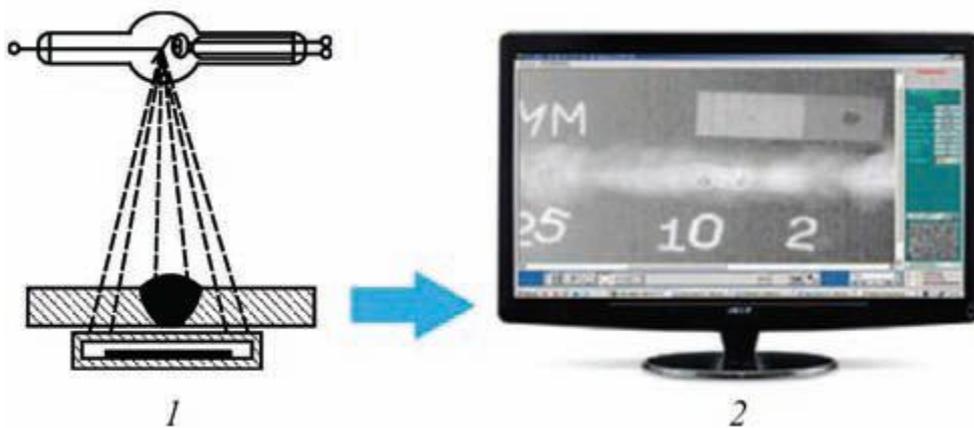


Рисунок 2.12 – Схема просвечивания без промежуточных носителей информации: просвечивание на твердотельный детектор (1); ЦИ (2)

В современных рентгентелевизионных системах возможно применение недорогих малогабаритных твердотельных детекторов. Новая технология на основе таких малогабаритных детекторов получила название X-ray mini [12, 13].

В отличие от традиционной пленочной радиографии или компьютерной радиографии, где в качестве детекторов применяют дорогие пленки или запоминаящие пластины, X-ray mini технология позволяет значительно снизить стоимость и повысить оперативность контроля, а также обеспечивает практически мгновенный его результат. Важной особенностью X-ray mini технологии является миниатюрность рентгеновского детектора, что позволяет проводить оперативный рентгеновский контроль труднодоступных узлов.

Например, детектор типа S10811-11 фирмы Hamamatsu Photonics (Япония) с размером рабочего поля 34×24 мм, толщиной 6 мм, размером пикселя 20 мкм и количеством пикселей 1700×1200 обеспечивает чувствительность контроля и разрешающую способность до 20 пар лин./мм.

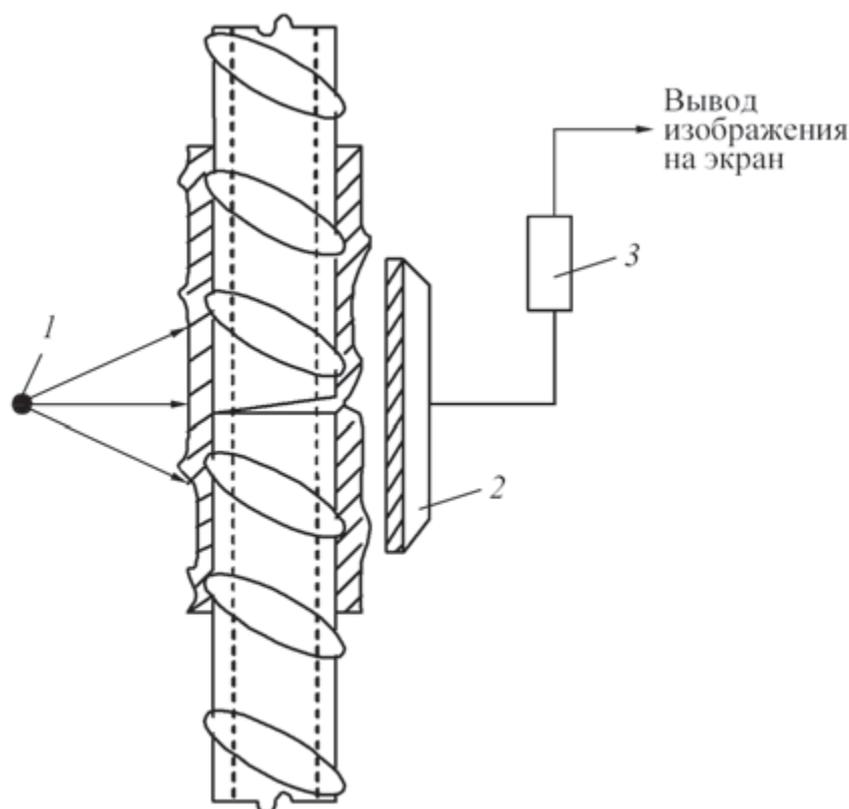


Рисунок 2.13 – Схема рентгенотелевизионного контроля: 1 – излучатель; 2 – твердотельный детектор; 3 – электронный преобразователь

Строительство высотных зданий и других ответственных сооружений связано со стыковой сваркой большого количества арматуры. Наиболее

нагруженные стыковые соединения должны контролироваться физическими методами. Чаще всего, до последнего времени, это выполнялось с помощью средств ультразвукового контроля (УЗК).

Метод УЗК эффективен только в тех случаях, когда стыковое соединение зачищено, хорошо обработано. Для этих целей применяют соответствующие клещи, контактный гель, прижимающие ультразвуковые преобразователи к соединяемым арматурным частям. Однако в последнее время, с распространением механических соединений арматуры с помощью обжимных трубок, применение УЗК прекратилось из-за его неэффективности. Ультразвуковое излучение не может исследовать зазоры, которые естественны для механических соединений обжатием (рис. 2.13). Поэтому в настоящее время такие контактные соединения несущих арматурных стержней контролируют с помощью X-ray mini технологии.

Применение пленочной рентгенографии в условиях строительной площадки нецелесообразно, поскольку требует специальных помещений для химической и прочих видов обработки пленки, негатоскопов для анализа результатов контроля. Портативные рентгентелевизионные детекторы, которые перед контролем крепятся на контролируемом соединении, существенно ускоряют процесс оценки качества соединений арматуры. При этом обнаруживаются неплотности прилегания из-за некачественного обжатия, плохая стыковка стержней.

Рентгентелевизионный контроль, в отличие от радиографического, обеспечивает мгновенный результат, не требует расходных материалов и специальных процедур обработки радиографической пленки.

На рис. 2.13 показана схема рентгентелевизионного контроля с помощью твердотельного детектора. Здесь, как и в радиографическом исследовании, излучатель 1 (радиоизотопный источник или рентгеновский аппарат) располагается напротив контролируемого соединения, с противоположной стороны которого находится твердотельный детектор 2. Изображение с твердотельного детектора через электронный

преобразователь 3 выводится на экран монитора. В качестве монитора может быть использован смартфон или планшет, имеющий USB интерфейс. Таким образом, оперативно контролируется качество обжатия соединительной трубки (наличие стыкового зазора, уменьшения сечения арматуры и т. п.).

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

Участок, на котором выполняют сварку стыков арматуры, содержит следующие оборудования: сварочный выпрямитель, полуавтомат, аппарат для ультразвукового контроля.

Технологии, в которых предусмотрено в качестве основной операции выполнение сварки представляют собой источник опасных и вредных производственных факторов. Этот факт приводит к дополнительному усложнению и повышению стоимости оборудования для сварки. В связи с этим становится необходимым проведение исследований, направленных на изучение взаимосвязи энергетических параметров процесса сварки (ток и напряжения на дуге), особенностей протекания процесса сварки и внешних условий, при котором он протекает, объемов выделений сварочного аэрозоля и других вредных веществ.

Влияние процесса сварки и контроля качества на гигиенические характеристики изучено в недостаточной мере. В экологическом разделе настоящей выпускной квалификационной работы будет выполнена сравнительная гигиеническая оценка технологии сварки и контроля качества и предложены меры защиты персонала от возникающих опасных и вредных факторов, сопровождающих проектную технологию.

Дуговая сварка под флюсом и ручная дуговая сварка штучными электродами, первая обладает высокой производительностью, оба способа сварки востребованы. Тем не менее, продолжаются поиски путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик электродов. Определены факторы, влияющие на уровень выделения аэрозоля, который состоит из газообразной составляющей сварочного аэрозоля и твердой составляющей сварочного аэрозоля. Одним из главных факторов, определяющим уровень удельных выделений и химический состав твердой составляющей сварочного аэрозоля, является состав флюса для сварки под флюсом и состав покрытия для ручной

дуговой сварки, поскольку именно он при нагреве и плавлении является главным источником аэрозоля — 35...70 % от общего объема.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса	Должность работника, выполняющего данную операцию рассматриваемого технологического процесса	Оборудование, устройства и приспособления, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса	Вещества и материалы, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная	СОЖ, абразивный круг
2. Сборочная операция	Слесарь-сборщик	Скоба-накладка, инвентарная форма, зажимы	Шнур асбестовый, вязальная проволока
3. Сварка стыков	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Источник питания сварочной дуги, полуавтомат сварочный,	Сварочная проволока, флюс сварочный
4. Сварка фланговых швов	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Источник питания сварочной дуги	Электроды УОНИ 13/55
5. Снятие инвентарной формы	Слесарь-сборщик	машинка шлифовальная	Абразивный круг
6. Проведение контроля качества сваренных стыков	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновский	-

3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Операция в рамках рассматриваемого технологического процесса	Формулировка опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Источник рассматриваемого фактора, возникающего в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса
1	2	3
1. Подготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; 	машинка шлифовальная
2. Сборочная операция	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; 	машинка шлифовальная, центратор
3. Сварка стыков	<ul style="list-style-type: none"> - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых стержней до высоких температур; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; 	Источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат
4. Сварка фланговых швов	<ul style="list-style-type: none"> - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых стержней до высоких температур; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - брызги расплавленного металла 	Источник питания сварочной дуги

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
5. Снятие инвентарной формы	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений,	машинка шлифовальная, зубило, молоток
6. Проведение контроля качества сваренных стыков	- ионизирующее излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Аппарат рентгеновский

3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

1	2	3
Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал	Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохраняющая окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых стержней до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ионизирующее излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-
8. Повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;	Инструктаж производственного персонала	Местная и общеобменная вытяжная вентиляция
9. Брызги расплавленного металла	Инструктаж производственного персонала	Спецодежда, щиток сварщика, рукавицы

3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Таблица 3.4 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.5 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Участок, подразделение	Производственное оборудование участка	Возможный класс пожара	Опасные факторы пожара	Дополнительные проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка стыков арматуры	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, центратор типа, сварочный полуавтомат, аппарат рентгеновский	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, сварки, сварка фланговых швов контрольные операции.	Обучение производственного персонала правилам Пожарной безопасности, размещение на территории производственного участка наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Обучение производственного персонала действиям в случае возгорания на производственном участке в режиме учений.	Необходимо следить за наличием на участке средств, предназначенных для тушения пожара в начальной стадии, исправностью тревожной кнопки системы оповещения о пожаре.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сварка стыков арматуры	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

<p>Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии</p>	<p>Сварка стыков арматуры</p>
<p>Мероприятия, уменьшающие негативное влияние на литосферу</p>	<p>На участке следует установить контейнеры, обеспечивающие селективный сбор мусора бытового и мусора производственного. Кроме того, отдельный контейнер необходим для сбора металлолома. Производственный персонал следует подробно проинструктировать по правилам сбора мусора и металлолома. На контейнерах должны быть вывешены таблички, разъясняющие их предназначение. .</p>

3.6 Заключение по разделу

При выполнении экологического раздела настоящей выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения операций при реализации технологического процесса. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии сварки и контроля, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня путём применения стандартных средств по обеспечению безопасности и санитарии производства. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдёт при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества операций контроля при выполнении сварки стыков арматуры. Выполнение операций базового технологического процесса предусматривает применение сварки порошковой проволокой в инвентарных формах. Это вызывает возникновение значительного числа дефектов и является причиной дополнительных временных затрат на ремонт дефектных участков. Проектный вариант технологии предусматривает применение сварки под флюсом и стальной скобы-накладки. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений.

Расчёт экономической эффективности целесообразно провести на один сварной стык, учитывая операции технологии, подвергающиеся изменению по сравнению с базовым вариантом технологического процесса. Базовая и проектная технологии предусматривают выполнение следующих операций: заготовительной (первая операция); сборочной (вторая операция); сварочная (третья и четвёртая операции); контроль качества (пятая операция).

В таблице 4.1 собраны и систематизированы коэффициенты, и иные данные, которые могут понадобиться при выполнении расчетов.

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование и сущность экономического показателя	Принятое в расчётах условное обозначение для показателя	Единица измерения рассматриваемого экономического показателя	Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса	
			Базовая	Проектная
1	2	3	4	5
Принятое число рабочих смен	Ксм	-	2	2
Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5
Разряд сварщика	Р.р.		IV	IV
Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	150	150
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд	Ксн	%	30	30
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади	На.пл.	%	5	5
Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м ²	20	20

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии: - Выпрямитель ВДУ-506 - Установка рентгеновского контроля - Полуавтомат ПДГ-500	Цоб	Руб.	500 тыс.	500 тыс.
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	15	15
Принятое значение стоимости электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени

Значение годового фонда времени, в течение которого происходит работа рассматриваемого а базовой и проектной технологии оборудования, вычисляем согласно формуле:

$$F_H = (D_P \cdot T_{CM} - D_{II} \cdot T_{II}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где T_{CM} – продолжительность в часах рабочей смены;

D_P – суммарное для одного года число рабочих дней;

D_{II} – суммарное для одного гола число предпраздничных дней;

T_{II} – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней;

C – принятое число рабочих смен.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.1) результаты вычисления:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Значение эффективного фонда времени, в течение которого происходит работа оборудования по базовому и проектному вариантам технологии вычисляем согласно формуле:

$$F_Э = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – величина плановых потерь рабочего времени.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.2) результаты вычисления:

$$F_Э = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Определение временных затрат, требуемых для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному варианту технологий выполняем согласно формуле:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}}, \quad (4.3)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общий объём времени, затрачиваемого работающим персоналом на операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{маш}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом основные технологические операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{всп}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие 10% от $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{обсл}}$ – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 5% $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{отл}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 5% $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{п-з}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1% $t_{\text{маш}}$.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.3) результаты вычисления:

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,6 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,24 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_{\text{э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

где $F_{\text{э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4) результаты вычисления:

$$Пг_{\text{баз.}} = 4108/0,6 = 6846 \text{ стыков за год};$$

$$Пг_{\text{проектн.}} = 4108/0,24 = 17116 \text{ стыков за год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя из принятого значения $Пг = 4000$ стыков за год.

Необходимое количество оборудования для реализации проектного и базового технологического процесса вычисляем согласно формуле::

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot Пг}{F_{\text{э}} \cdot K_{\text{ВН}}} \quad (4.5)$$

где $t_{\text{шт}}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

$Пг$ – принятая годовая программа;

$F_{\text{э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$K_{\text{ВН}}$ – значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.5) результаты вычисления:

$$n_{\text{РАСЧ.Б}} = \frac{0,6 \cdot 4000}{4108 \cdot 1,03} = 0,6$$

$$n_{\text{РАСЧ.ПР}} = \frac{0,24 \cdot 4000}{4108 \cdot 1,03} = 0,2$$

По результатам проведённых расчётов следует принять по одной единице технологического оборудования при реализации базовой технологии и проектной технологии.

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где $n_{\text{РАСЧ}}$ – рассчитанное по (4.5) количество оборудования;

$n_{\text{ПР}}$ – принятое количество оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.6) результаты вычисления:

$$K_{зб} = 0,6/1 = 0,6$$

$$K_{зп} = 0,2/1 = 0,2$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Размер затрат на материалы, которые требуются для реализации базовой и проектной технологии, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где C_m – рыночная стоимость соответствующего сварочного материала;

$K_{т-з}$ – величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов.

По базовому варианту восстановление ведется механизированной сваркой с применением порошковой проволоки, по проектному варианту – сварка под флюсом и подварка РДС. В проектном варианте тоже применяется РДС, которая используется для заделки многочисленных дефектов. На эти материалы рассчитаем затраты исходя из разработанной технологии.

$$M_b = 24 \text{ р/м} \cdot 2 \text{ м} \cdot 1,05 = 50,4 \text{ руб.}$$

$$M_{пр} = (10 \text{ р/м} \cdot 1 \text{ м} + 6,0 \text{ р/шт} \cdot 1 \text{ шт}) \cdot 1,05 = 16,8 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы (ФЗП) является суммой основной зарплаты и дополнительной зарплаты. Размер основной зарплаты вычисляем согласно формуле:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_{ч} \cdot K_{д} \quad (4.8)$$

где $C_{ч}$ – принятая тарифная ставка;

$K_{д}$ – величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.8) результаты вычисления:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 0,6 \cdot 150 \cdot 1,88 = 169,2 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,24 \cdot 150 \cdot 1,88 = 67,7 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – величина коэффициента, определяющего долю отчислений на дополнительную заработную плату

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.9) результаты вычисления:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 169,2 \cdot 12/100 = 20,3 \text{ рублей;}$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 67,7 \cdot 12/100 = 8,1 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 169,2 + 20,3 = 189,5 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 67,7 + 8,1 = 75,8 \text{ рублей.}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

$$\text{Осн} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}}/100, \quad (4.10)$$

где $K_{\text{сн}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на обеспечение социальных нужд.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.10) результаты вычисления:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 189,5 \cdot 30/100 = 64,4 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 75,8 \cdot 30/100 = 25,8 \text{ руб.}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (4.11)$$

где $A_{\text{об}}$ – амортизация оборудования;

$P_{\text{э-э}}$ – размер затрат на электрическую энергию;

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{\text{об}}$ – рыночная стоимость оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$N_{\text{а}}$ – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.12) результаты вычисления:

$$A_{\text{об.б}} = \frac{500000 \cdot 21,5 \cdot 0,6}{4108 \cdot 100} = 15,7 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{об.нр}} = \frac{500000 \cdot 21,5 \cdot 0,24}{4108 \cdot 100} = 6,3 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot Ц_{\text{э-э}}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{\text{УСТ}}$ – мощность оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$Ц_{\text{э-э}}$ – стоимость электрической энергии при реализации проектной и базовой технологии;

КПД – значение коэффициента полезного действия оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.13) результаты вычисления:

$$P_{\text{э-э.б}} = \frac{15 \cdot 0,6 \cdot 3,02}{0,7} = 22,5 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-э.нр}} = \frac{15 \cdot 0,24 \cdot 3,02}{0,7} = 9,0 \text{ рублей}$$

$$З_{\text{об.баз.}} = 15,7 + 22,5 = 38,2 \text{ рублей}$$

$$Z_{об\text{проектн.}} = 6,3 + 9,0 = 15,3 \text{ рублей}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} \quad (4.14)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.14) результаты вычисления:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 50,4 + 189,5 + 64,4 + 38,2 = 342,5 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 16,8 + 75,8 + 25,8 + 15,3 = 133,7 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.15)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.15) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 342,5 + 1,5 \cdot 169,2 = 342,5 + 253,8 = 596,3 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 133,7 + 1,5 \cdot 67,7 = 133,7 + 101,5 = 235,2 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.16)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.19) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 596,3 + 1,15 \cdot 169,2 = 596,3 + 194,6 = 790,9 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 235,2 + 1,15 \cdot 67,7 = 235,2 + 77,9 = 313,1 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	50,4	16,8
2	Фонд заработной платы	ФЗП	189,5	75,8
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	64,4	25,8
4	Затраты на оборудование	Зоб	38,2	15,3
	Себестоимость технологич.	Стех	342,5	133,7
6	Расходы цеховые	Рцех	253,8	101,5
	Себестоимость цеховая	Сцех	596,3	235,2
7	Расходы заводские	Рзав	194,6	77,9
	Себестоимость заводская	С _{зав}	790,9	313,1

4.6 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям

Размер капитальных затрат, требующихся для реализации базовой технологии, вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.17)$$

где $K_{\text{З}}$ – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$ – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;

n – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

$$Ц_{\text{ОБ.Б}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot (1 - T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (4.18)$$

где $Ц_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость в рублях приобретения технологического оборудования для реализации базовой технологии;

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы в годах оборудования для реализации базовой технологии на начало внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений;

N_A – норма амортизации в процентах оборудования для реализации базового технологического процесса.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) и в формулу (4.21) результаты вычисления:

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 500000 - (500000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 177500 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 177500 \cdot 0,6 = 106500 \text{ рублей}$$

Размер общих капитальных затрат для реализации проектной технологии вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОППР}} \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ОБ}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

$K_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПроектно}} = Ц_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.20)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 500000 \cdot 1,05 \cdot 0,2 = 105000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.21)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.22)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на демонтаж оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 500000 \cdot 0,05 = 25000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = \Pi_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.23)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на монтаж оборудования для реализации проектной технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.21) и в формулу (4.22) результаты вычисления:

$$K_{\text{МОНТ}} = 500000 \cdot 0,05 = 25000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 25000 + 25000 = 50000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 105000 + 50000 = 155000 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ.}} \quad (4.24)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.24) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДОП}} = 155000 - 106500 = 48500 \text{ руб.}$$

Размер удельных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.}}}{\Pi_{\text{Г}}}, \quad (4.25)$$

где $\Pi_{\text{Г}}$ – принятое значение годовой программы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 155000 / 4000 = 38,8 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 106500 / 4000 = 26,6 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.26)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.29) результаты вычисления:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,6 - 0,24}{0,6} \cdot 100\% = 60\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.27)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.30) результаты вычисления:

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot 60}{100 - 60} = 150\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.31) результаты вычисления:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{324,5 - 133,7}{324,5} \cdot 100\% = 58,8\%$$

Условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) вычисляем согласно формуле:

$$Пр_{\text{ож.}} = Э_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_{\text{T}} \quad (4.29)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.32) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (790,9 - 313,1) \cdot 4000 = 1911200 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (4.33)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.33) результаты вычисления:

$$T_{\text{ок}} = \frac{48500}{1911200} = 0,025$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Э}_{\text{г}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.34) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\text{г}} = 1911200 - 0,33 \cdot 48500 = 1895195 \text{ руб.}$$

4.8 Заключение по экономическому разделу

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать проектную и базовую технологии: технологической и заводской себестоимости сварки.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты: уменьшить трудоемкость на 60 %, увеличить производительность труда на 150 %, уменьшить технологическую себестоимость на 58,8 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил 1,911 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 1,895 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества выполнения сварочных операций при изготовлении арматурных каркасов.

В ходе выполнения анализа современного состояния вопроса сварки стыков стержней арматуры была рассмотрена конструкция арматурного каркаса, собраны сведения о материале изделия и особенностях структуры сварных швов, выполнен анализ базовой технологии сварки. Произведён сбор и анализ содержания источников научно-технической информации.

На основании анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

Обосновать способ сварки и конструкцию сварного соединения стыков арматуры, позволяющий снизить трудоёмкость и дефектность сварных соединений;

Предложить оборудование для осуществления предлагаемого способа;

Разработать технологический процесс сборки и сварки арматуры с применением предложенного способа и разработанного оборудования.

В ходе выполнения работы была проанализирована базовая технология механизированной сварки порошковой проволокой с применением инвентарных форм. Для повышения производительности и снижения себестоимости предложено применить сварку на стальных скобах-накладках, при этом использовать сварку под флюсом.

Был предложен способ сварки с комбинированной сварки, предусматривающий использование формирующей приварной скобы и инвентарной формы. Сварку предложено выполнять под флюсом, что повышает производительность в несколько раз и существенно улучшает качество сварки.

В ходы экономических расчётов установлено, что внедрение предлагаемой технологии приводит к экономическому эффекту 1,895 млн. руб.

Цель проекта была достигнута за счёт разработки нового способа сварки, что существенно повысило качество сварки и производительность в несколько раз.

Результаты проекта предлагаются к использованию в строительной отрасли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стародубцев, А.Г. Автоматизация технологических процессов сварочного производства: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. М.: Московский автомобильно-дорожный институт. – 2006.
2. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Б.Д. Малышева. М., Стройиздат, 1977. С. 780
3. Счастливцев, В.М. Структура термически обработанной стали / В.М. Счастливцев, Д.А. Мирзаев, И.Л. Яковлева. –М.: Metallurgy, 1994. – 145 с.
4. Кремнев, Л.С. Строение и механизм формирования зернистого бейнита в стали 20Х2НАЧ / Л.С. Кремнев, В.В. Свищенко, Д.П. Чепрасов // Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallorv. – 1997. – № 9. – с. 6–9.
5. Чепрасов, Д.П., Фазовый состав и тонкая структура зернистого бейнита в низкоуглеродистой низколегированной стали / Д.П. Чепрасов, В.В. Свищенко, Э.В. Козлов, А.А. Иванайский // Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallorv. – 2006. – № 5. – с. 3–7.
6. Бродский, А. Я. Сварка арматуры железобетонных конструкций. – М.: Госстройиздат, 1961. – 360 с.
7. Чвертко, П.Н. Контактная стыковая сварка арматуры железобетона в условиях стройплощадки / П.Н. Чвертко, Н.Д. Горонков, Н.А. Виноградов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2014. – № 3. – С. 50–53.
8. Троицкий, В.А. Современные системы радиационного неразрушающего контроля / В.А. Троицкий, Р.С. Михайлов, Р.А. Пастовенский, Д.С. Шило // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2015. – № 1. – С. 23–35.
9. Троицкий, В.А. Флэш-радиография. // Территория NDT. – 2013. – № 4. – С. 44–49.
10. Ferreira de Olivera D. (2016) Relationship between Image Plates Physical Structure and Quality of Digital Radiographic Images in Weld

Inspections. 19th World Conference on Non-Destructive Testing, 13–17 June, Munich, Germany.

11. Iovea M. Fast X-ray Digital Radiography Equipment for Inline Production Control. 19th World Conference on Non-Destructive Testing, 13–17 June, 2016, Munich, Germany.

12. Troitsky, V.A., Mikhajlov, S.R., Pastovensky, R.O. (2017) X-ray minitechnology based on solid-state detector. *Tekhnich. Diagnostika i Nerazrush. Kontrol*, 1, 25-29.

13. Troitsky, V.A., Mikhajlov, S.R., Bukhensky, V.N. et al. (2014) Flash-radiography of NPP objects on the base of flat panel detectors. *NK-Inform*, 3(63), 6-14.

14. Карих, В.В. Механизм формирования структуры и свойств при сварке закладных деталей ручным дуговым способом / В.В. Карих, Е.Л. Горощева, Т.А. Милохина // Известия Липецкого государственного технического университета. – № 5. – 2011

15. Кучук-Яценко, В.С. Контактная сварка сопротивлением стальной арматуры с использованием композитной вставки / В.С. Кучук-Яценко, А.А. Наконечный, А.Г. Сахалицкий // Автоматическая сварка. – 2010. – № 4. – С. 42–44.

16. Троицкий, В.А. Современные достижения в радиационном контроле / В.А. Троицкий, С.Р. Михайлов, Р.О. Пастовенский // Автоматическая сварка. – 2017. – № 8. – С. 61–67.

17. Усманова, Е.А. Повышение несущей способности сварных соединений арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций за счет рационального выбора их конструктивно-геометрических параметров: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Челябинск: Южно-Уральский государственный университет. – 2011.

18. Амирджанова, И.Ю. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие /

И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.

19. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

20. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

21. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

22. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.