

# **Методические указания**

по специальности 15.02.19 Сварочное производство

ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический

университет имени П.А. Соловьева

Авиационный колледж

Методические указания по выполнению курсовой работы

по МДК.04.01

«Основы организации и планирования  
производственных работ на сварочном участке»

специальность 15.02.19 Сварочное производство

г. Рыбинск, 2025 г.

Методические указания по выполнению курсовой работы по МДК 04.01 Основы организации и планирования производственных работ на сварочном участке разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) среднего профессионального образования (СПО) по специальности 15.02.19 Сварочное производство.

Разработчик(и):

Преподаватель АК РГАТУ  
(Должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Липатова Н.А.  
(И.О.Фамилия)

Председатель П(Ц)К Правоведения и социально-экономических дисциплин

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Сергеева Т.С.  
(И.О.Фамилия)

Рабочая программа профессионального модуля согласована с выпускающей П(Ц)К и соответствует действующему учебному плану.

Председатель П(Ц)К Технологическая  
(наименование П(Ц)К)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Вязниковцева Н.Ю.  
(И.О.Фамилия)

# Содержание

Требования к структуре и объему курсовой работы .....	4
Требования к оформлению курсовой работы.....	5
Требования к содержанию курсовой работы .....	5
1 Организационная часть.....	8
1.1 Характеристика предприятия.....	8
1.2 Производственная структура предприятия .....	8
1.3 Организация рабочего места сварщика.....	8
1.4 Расчет норм времени.....	9
2 Экономическая часть .....	14
2.1 Расчет необходимого количества оборудования .....	14
2.2 Расчет мощности, потребляемой оборудованием и транспортными средствами....	15
2.3 Расчет численности промышленно-производственного персонала (ППП) .....	15
2.4 Расчет себестоимости и цены единицы продукции.....	17
2.5 Расчет технико-экономических показателей работы участка .....	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	29
Список использованных источников .....	30
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	32

## Требования к структуре и объему курсовой работы

Составляющая курсовой работы	Краткая характеристика	Минимальный объем, стр.
Титульный лист	Сведения об обучающемся, специальности, тема курсовой работы, сведения о руководителе.	1
Содержание	Введение, организационная часть, экономическая часть, заключение, список источников	1
Введение	Актуальность, объект, предмет, цель, задачи курсовой работы	1-2
1 Организационная часть	1.1 Характеристика предприятия 1.2 Производственная структура предприятия 1.3 Организация рабочего места сварщика 1.4 Расчет норм времени	10
2 Экономическая часть	2.1 Расчет необходимого количества оборудования 2.2 Расчет мощности, потребляемой оборудованием и транспортными средствами 2.3 Расчет численности промышленно-производственного персонала 2.4 Расчет себестоимости и цены единицы продукции с учетом косвенных налогов 2.5 Расчет технико-экономических показателей работы участка	15
Заключение	Вывод о проделанной работе, достижимости целей и выполнении задач	1

Курсовая работа выполняется по МДК 04.01 Основы организации и планирования производственных работ на сварочном участке в объеме 29-35 страниц стандартного формата. При изложении материала студент не должен приводить общеизвестные теоретические положения. Вначале следует кратко изложить цель расчетов, затем в виде формул показать методику их выполнения и привести расчеты. Выполненная и проверенная курсовая работа подлежит защите. Во время защиты от студента требуется четкое знание всех определений, формул, касающихся курсовой работы, а также умение обосновывать преимущество выбранного варианта решения технико-экономических задач. Тема курсовой работы: «Расчет технико-экономических показателей сборочно-сварочного участка по изготовлению сварной конструкции «\_\_\_\_\_».

наименование конструкции

Исходными данными для выполнения курсовой работы являются технические показатели, которые рассчитаны в курсовом проекте по МДК. 01.01 и МДК02.01, входящим в образовательную программу по специальности.

## Требования к оформлению курсовой работы

Текст курсовой работы должен размещаться на листах формата А4, при этом используется односторонняя печать;

Ориентация страниц для текстовой части – книжная, для приложений – книжная и/или альбомная;

Границы полей: верхнее и нижнее – по 20 мм, левое – 20 мм, правое – 10 мм;

Междустрочный интервал: полуторный в основном тексте, одинарный в подстрочных ссылках;

Стандартный шрифт – Times New Roman;

Текст, другие отпечатанные и вписанные элементы работы должны быть черными, контуры букв и знаков без ореола; насыщенность букв и знаков – ровная в пределах строки, страницы.

Размер основного текста – 14 пт; размер шрифта сносок, таблиц, рисунков, приложений – 12 пт;

Выравнивание текста – по ширине; Абзац – 1,25 см;

Автоматическая расстановка переносов;

Каждый раздел курсовой работы начинается с новой страницы. Нумерация страниц работы сквозная, включая титульный лист и приложения, т. е. все страницы работы, включая иллюстрации, приложения, нумеруются по порядку от титульного листа до последней страницы без пропусков, повторений, литерных добавлений.

Страницы нумеруются внизу по центру арабскими цифрами – шрифт Times New Roman.

Первой страницей считается титульный лист, но на ней цифра «1» не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2».

## Требования к содержанию курсовой работы

### ВВЕДЕНИЕ

Во введении необходимо отразить значение машиностроительной отрасли в народном хозяйстве РФ и Ярославской области; отразить перспективы ее развития; четко сформулировать задачи, стоящие перед работниками машиностроительного предприятия и возможные пути их решения; обосновать актуальность работ на сварочном участке; показать связь темы курсовой работы с современными общеэкономическими проблемами.

Объем введения не должен превышать 2-х страниц.

Текст введения начинается с 3-й страницы и включает следующие обязательные элементы:

1. Актуальность;
2. Объект, предмет;
3. Цель, задачи.

Актуальность курсовой работы заключается в том, какую практическую и теоретическую пользу несёт тема работы, отразить значение машиностроительной отрасли в народном хозяйстве РФ и Ярославской области.

Начать абзац про актуальность проблемы в курсовой работе можно так: - актуальность темы заключается в том, что... - данная тема актуальна, потому что... Объект исследования – это то, на что направлен процесс познания.

Предмет исследования – это наиболее значимые с теоретической или практической точки зрения свойства, стороны, проявления, особенности объекта, которые подлежат непосредственному изучению в рамках намечающегося исследования. Это угол зрения на объект, аспект его рассмотрения, дающий представление о том, что конкретно будет изучаться в объекте, как он будет рассматриваться, какие новые отношения, свойства, функции будут выявляться. Например, предмет исследования курсового проекта – технико-экономические показатели сборочно-сварочного участка по изготовлению сварной конструкции. Объект – фланец.

Цель исследования определяет для чего проводится исследование, что планируется получить в результате. Цель работы ориентирует на анализ и решение проблемы в двух основных направлениях – теоретическом и прикладном (прогнозируемый итог, ожидаемый результат).

Пример, цель курсовой работы – произвести расчет экономической эффективности использования технико-экономических показателей на примере «...» .

Задачи исследования – это алгоритм достижения цели исследования. Это ступеньки, на каждой из которых производится та или иная исследовательская операция (изучение необходимой литературы, сбор эмпирических данных, их анализ, сопоставление: построение классификаций, разработка методик и их реализация и т. д.). Как правило, формулировки можно оформить следующим образом:

- произвести оценку технико-экономических показателей участка;
- изучить организационно-правовую форму предприятия, производственную структуру;
- рассчитать потребное количество оборудования, численность промышленно-производственного персонала;
- выполнить расчет себестоимости и цены единицы продукции.



# 1 Организационная часть

## 1.1 Характеристика предприятия

Написать определение организационно-правовой формы выбранного предприятия, преимущества и отличительные особенности. Дать характеристику предприятия: его полное и сокращенное наименование, основной вид деятельности. Отразить виды продукции, товаров, услуг, производимые предприятием.

## 1.2 Производственная структура предприятия

Написать определение производственной структуры, принцип построения (предметно-технологический (смешанный), технологический, предметный). Отразить производственную структуру выбранного предприятия в виде рисунка-схемы.

## 1.3 Организация рабочего места сварщика

Организация рабочего места – это система мероприятий по его оснащению средствами и предметами труда и их размещению в определенном порядке.

Рабочее место – это первичное звено производственной структуры предприятия, оно является объектом организации труда по всем ее направлениям. Рабочее место – это зона приложения труда, определенная на основании трудовых и других действующих норм и оснащенная необходимыми средствами, предназначенными для трудовой деятельности одного или нескольких исполнителей. Рабочее место следует организовывать на основе анализа работы человека на конкретном оборудовании с учетом эргономических требований, санитарно-гигиенических и других основных условий работы. При этом должны соблюдаться:

- параметры рабочей зоны, позволяющие выполнять необходимые движения и перемещения работающего;
- достаточные зрительные, слуховые, физические и другие связи между рабочим оборудованием и людьми, выполняющими общее задание;
- рациональные приемы и методы выполнения рабочих операций, правильный режим труда и отдыха;

– средства защиты работающих от воздействия опасных и вредных производственных факторов; – необходимое естественное и искусственное освещение;

– оптимальный микроклимат рабочей среды. Организация рабочего места должна быть такой, чтобы утомляемость работающих была минимальной. В производственных помещениях оптимальные условия труда определяются в основном температурой в сочетании с влажностью и движением воздуха. Оптимальными условиями являются температура 150 - 220С, относительная влажность воздуха 15% - 75%, скорость его движения не выше 0,2 м/с. Эти параметры определяются с учетом времени года, категории работ, количества выделяемого в помещении тепла. Подъем и перемещение вручную (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2-х раз в час.) – до 30 кг (мужчины); подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены – до 15 кг. Главными причинами развития утомляемости и снижения работоспособности человека являются шум и вибрация. Они раздражают органы слуха, вызывают утомляемость человека и могут привести к функциональным изменениям в центральной нервной системе, системе кровообращения и т.д. Одним из важных мероприятий по снижению утомляемости является установление правильного режима труда и отдыха. Чередование работы и перерывов для отдыха должно быть обосновано физиологически и психологически. При оборудовании рабочего места учитывают требования технической эстетики, которые рассматривают во взаимосвязи с требованиями эргономики, охраны труда, научной организации труда и т.д.

#### 1.4 Расчет норм времени

Необходимо дать организационную характеристику сварочного участка (место участка в структуре предприятия, вид изделия и его назначение, технологический процесс и т.д.). Для того чтобы обосновать тип производства, необходимо рассчитать нормы времени на изготовления шва. Для этого необходимо воспользоваться общемашиностроительными укрупненными нормативами времени: – на дуговую сварку в среде защитных газов; – на ручную дуговую сварку.

Описание технологического процесса производится в технологических картах, в которых по каждой операции указываются используемое оборудование и его характеристики, приспособления и инструмент, разряд работы и нормы времени, коэффициент выполнения норм времени. Технологический процесс изготовления изделия приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Технологический процесс изготовления изделия

Наименование операции	Разряд работы	Наименование оборудования	Модель (марка)	Габариты оборудования, мм	Мощность, кВт	Оптовая цена, руб.	Коэффициент выполнения норм, $K_v = \frac{T_{шт}}{T_{шт} - K} \cdot 100\%$	Норма времени
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сварочная MIG/MAG	3-4	Св.аппарат инверторного типа	Aurora Overman 180	482x197x466	4,7	32200		
...								

Норма штучного времени  $T_{шт}$ , мин., рассчитывается по формуле 1

$$T_{шт} = (T_{нш} L + T_{ви}) K_n - 1 \quad (1)$$

где  $T_{нш}$  – неполное штучное время на 1 м шва, мин.;

$L$  – длина шва, м;

$T_{ви}$  – вспомогательное время, связанное с изделием и типом оборудования, которое включает затраты : на клеймение шва, на установку и снятие щитов, на крепление, перемещение, установку, снятие и поворот изделий, на перемещение сварщика в процессе работы, на намотку сварочной проволоки в кассеты, мин. (карты 78 – 85) [1];

$K_n - 1$  – поправочные коэффициенты на измененные условия работы (карты 87 – 91) [1].

Неполное штучное время, приведенное в картах, рассчитано на сварку изделий с одной стороны. При сварке симметричных стыков изделий с двух сторон, приведенное в картах, следует удваивать. При сварке подварочного шва время следует дополнительно принимать по соответствующим картам сборника.

Нормативные карты на автоматическую и полуавтоматическую дуговую сварку рассчитаны для условий крупносерийного и среднесерийного типа производства. Для мелкосерийного типа производства следует применять поправочный коэффициент 1,2, для единичного производства – 1,3. Нормативные карты на ручную дуговую сварку рассчитаны для условий мелкосерийного и единичного типа производства. Для крупносерийного производства следует применять поправочный коэффициент 0,75, для среднесерийного производства – 0,85. Примеры расчета норм времени.

Пример №1. Определить норму времени на полуавтоматическую дуговую сварку в среде двуокиси углерода изделия из углеродистой стали.

Исходные данные: тип шва – С2; толщина металла – 5 мм; диаметр сварочной проволоки – 1,2 мм; длина шва – 0,8 м; условие выполнения работы – стационарное; масса узла – 30 кг; количество изделий – два; работа – простая; положение шва – нижнее. Наименование работ, тип производства и нормы времени приведены в таблице 2.

Таблица 2- Наименование работ, тип производства и нормы времени на шов С2

№ позиции	Наименование работ и тип производства	Номер карты и позиции	Время, мин.	Значение коэффициента
1	Установка и снятие изделия вручную	82, 13а	0,58	-
2	Обмазка раствором поверхности металла околошовной зоны	74, 1а	0,54	-
3	Сварка	1, 16в	4,5	-
4	Зачистка околошовной зоны от брызг	75, 1г	0,30	-
5	Тип производства - единичное	-	-	1,3
6	Подготовительно-заключительное время	86, 6а	14,0	-

Для того, чтобы заполнить номер карты и позиции обратитесь к приложению А. После заполнения представленной таблицы необходимо выполнить расчет по формуле 1. Штучное время  $T_{шт}$ , мин., определяется по формуле 1.

$$T_{шт} = (T_{нш} L + T_{ви}) K_n - 1$$

$$T_{шт} = [(4,5 + 0,54 + 0,30) \times 0,8 + 0,58] \times 1,3 = 6,30 \text{ мин.}$$

Нормы времени в табличной форме необходимо заполнять по каждому виду шва и просчитывать тоже по каждому. Когда просчитали нормы времени (Тшт) по каждому шву, считаем общее штучно-калькуляционное время. Норма времени на сварку детали Тшк мин., рассчитывается по формуле:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (2)$$

где Тпз – подготовительно-заключительное время, которое включает затраты времени на получение задания и сварочного материала, ознакомление с работой, получение и сдачу инструмента и приспособлений, подготовку оборудования и приспособлений к работе, настройку автомата или полуавтомата на заданный режим, установление и опробование режимов сварки, сдачу работы. Составляет 5% от .; n – количество деталей в партии, шт.

Минимальный размер производственной партии  $n_{мин}$  шт., определяется по формуле:

$$n_{мин} = \frac{T_{пз}}{\alpha * T_{шт}} \quad (3)$$

где  $\alpha$  –коэффициент, учитывающий время простоя оборудования в плановом ремонте (0,05).

Расчетная величина партии корректируется таким образом, чтобы она была кратна годовому выпуску и была бы не меньше расчетной минимальной величины ( $n_{мин}$  ).

Периодичность запуска (выпуска) партии изделий (П) – время, через которое необходимо начинать изготовление следующей партии изделий. Периодичность запуска (выпуска) партии изделий П, дн., рассчитывается по формуле:

$$П = \frac{n}{N_{дн}} \quad (4)$$

где  $N_{дн}$  – среднедневной выпуск изделий, шт; Расчетное значение П необходимо свести к унифицированному значению (10; 5; 2,5). Среднедневной выпуск изделий  $N_{дн}$  , шт., рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{дн}} = \frac{N_{\text{год}}}{D_p} \quad (5)$$

где  $D_p$  – количество рабочих дней в году. С учетом принятой периодичности запуска окончательно корректируется размер производственной партии  $n$ , шт, рассчитывается по формуле:

$$n = N_{\text{дн}} * \Pi \quad (6)$$

Далее необходимо указать из какого материала детали изделия изготавливаются, вес заготовки и чистый вес, цену материала и цену реализованных отходов и представить в таблице краткую характеристику объекта проектирования.

Таблица 3 - Краткая характеристика объекта проектирования

Наименование детали	Вид заготовки	Материал (марка)	Чистый вес детали, кг	Оптовая цена 1 кг материала, руб.
1	2	3	4	5
Валик	Прокат	С.45	0,6	10,0
...				

Выбор и обоснования типа производства. Форма организации производственного процесса на участке (цехе) определяется типом производства, то есть степенью постоянства загрузки рабочих мест участка, цеха одной и той же работой. Различают три типа производства: массовый, крупносерийный, среднесерийный, мелкосерийный, единичный. Правильное определение типа производства на участке позволяет выбрать эффективную форму его организации. Основой для такого определения являются программа выпуска, вид изделия и трудоемкость его изготовления. Определение количества наименований изделий  $m_i$  рассчитывается по формуле:

$$m_i = \frac{N_{\text{уч}}}{N_{\text{год}} * \sum T_{\text{штк}i}} \quad (7)$$

где  $N_{\text{уч}}$  – годовой объем работ участка, нормо-час;

$$N_{\text{уч}} = D_p * t_{\text{см}} \quad (8)$$

$D_p$  – дни рабочие;

$t_{\text{см}}$  – время смены, час.

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска изделий, шт. Если  $m_i < 1$ , то тип производства массовый, если от 2 до 10 – то крупносерийный, от 10 до 20 – среднесерийный, от 20 – 40 – мелкосерийный, более 40 – единичное производство. Сделать вывод о типе производства.

## 2 Экономическая часть

### 2.1 Расчет необходимого количества оборудования

Число единиц оборудования по каждой  $i$  –ой операции  $C_{pi}$  рассчитывается по формуле:

$$C_{pi} = \frac{T_{\text{шт-к}} * N_{\text{год}}}{F_d * K_v * 60} \quad (9)$$

где  $F_d$  – действительный фонд времени работы оборудования, час.  $K_v$  – коэффициент выполнения норм времени (таблица 2). Действительный фонд времени работы оборудования  $F_d$ , час, определяется по формуле:

$$F_d = D_p * t_{\text{см}} * S_{\text{см}} * K_{\text{пр}}, \quad (10)$$

где  $t_{\text{см}}$  – продолжительность смены, час.;

$S_{\text{см}}$  – число рабочих смен в сутки;

$K_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий время простоя оборудования в плановом ремонте (0,95). Результаты расчета представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты расчета потребного количества оборудования

№ операции	Норма Тшт-к, мин	Расчетное число оборудования $C_{pi}$ , шт	Принятое число оборудования $C_{pi}$ , шт	Коэффициент загрузки рабочих мест, $K_{\text{заг}i} =$ $\frac{C_{pi}}{C_{pi}} * 100\%$
1				
Итого				$K_{\text{заг. ср.}} =$

Сделать вывод о коэффициенте загрузки рабочих мест.

## 2.2 Расчет мощности, потребляемой оборудованием и транспортными средствами

Расчет установленной мощности  $W_u$ , кВт, потребляемой всеми видами оборудования и транспортными средствами представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет установленной мощности, потребляемой оборудованием и транспортными средствами

№пп	Наименование оборудования	Модель(марка)	Количество единиц Сп	Установленная мощность, кВт	
1	2	3	4	5	6=5*4

Сделать вывод об установленной мощности.

## 2.3 Расчет численности промышленно-производственного персонала (ППП)

Расчет числа производственных рабочих сварщиков  $Ч_{св}$ , чел., определяется по формуле:

$$Ч_{св} = \frac{T_{шт-к} * N_{год}}{F_{эф} * K_{вн}} \quad (11)$$

где  $F_{эф}$  – эффективный фонд рабочего времени одного работника, час.;

$K_{вн}$  – коэффициент выполнения норм (1,05).

Эффективный фонд рабочего времени одного работника  $F_{эф}$ , час, рассчитывается по формуле:

$$F_{эф} = D_p * t_{см} * (1 - \beta), \quad (12)$$



где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий невыходы рабочего по уважительным причинам (0,1).

Далее необходимо рассчитать численность следующего персонала: Число наладчиков оборудования (4 – 6 разряд) принимаем 10% от количества сварщиков; контролеров (3 – 4 разряд) – 10% от количества сварщиков; слесарей по ремонту оборудования (3 – 5 разряд) – 15% от количества сварщиков; кладовщиков (2 разряда) – 6% от количества сварщиков; транспортных рабочих (3 – 4 разряд) – 8% от количества сварщиков. Пример:  $Ч_{\text{н}} = 10\% * Ч_{\text{св}} (1 \text{ чел.}) = 0,1 \text{ чел}$

Общее количество производственных рабочих  $Ч_{\text{пр}}$ , чел, определяется по формуле:

$$Ч_{\text{пр}} = Ч_{\text{св}} + Ч_{\text{н}} + Ч_{\text{к}} + Ч_{\text{сл}} + Ч_{\text{кл}} + Ч_{\text{тр}} \quad (13)$$

где  $Ч_{\text{н}}$  – численность наладчиков оборудования, чел.;

$Ч_{\text{к}}$  – численность контролеров, чел.;

$Ч_{\text{сл}}$  – численность слесарей по ремонту оборудования, чел.;

$Ч_{\text{кл}}$  – численность кладовщиков, чел.;

$Ч_{\text{тр}}$  – численность транспортных рабочих, чел.

Далее необходимо рассчитать численность следующего персонала: Численность инженерно-технических работников составляет 12 % от количества производственных рабочих.

Численность счетно-конторского персонала составляет 6% от количества производственных рабочих.

Численность младшего обслуживающего персонала составляет 2% от количества производственных рабочих. Штат структурного подразделения предприятия  $R_{\text{общ}}$ , чел, определяется по формуле

$$Ч_{\text{общ}} = Ч_{\text{пр}} + Ч_{\text{итр}} + Ч_{\text{скп}} + Ч_{\text{моп}}, \quad (14)$$

где  $Ч_{\text{пр}}$  – численность производственных рабочих, чел.;

Читр – численность инженерно-технических работников, чел.;

Чскп – численность счетно-конторского персонала, чел.;

Чмоп – численность младшего обслуживающего персонала, чел.

Сведения о потребности в промышленно-производственном персонале сводят в таблицу 6.

Таблица 6– Состав промышленно-производственного персонала

Категории работников	Количество человек	% от общего количества
1. Основные производственные рабочие		
2. Вспомогательные рабочие в том числе: обслуживающие оборудование		
не обслуживающие оборудование		
3. ИТР и управленческий персонал		
Итого:		

## 2.4 Расчет себестоимости и цены единицы продукции

Смета затрат производственного подразделения представляет собой денежное выражение затрат на выполнение запланированного объема работ. Определение затрат, приходящихся на единицу продукции, называется калькуляцией себестоимости. При калькулировании себестоимости все затраты в зависимости от их характера и целевого назначения распределяются по статьям. 1 статья – «Сырье и материалы» Расчет затрат по этой статье представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет затрат по основным материалам

№пп	Расчетные показатели	Единицы измерения	Деталь 1	Деталь2
1	Программа выпуска	шт	200	200
2	Наименование материала	-	Листовой прокат	Сортовой
3	Чистый вес детали	кг		
4	Расход материала на программу (стр.1 хстр.3)	кг		
5	Оптовая цена 1 кг металла			
6	Затраты на материалы на программу с			

	учетом транспортно-заготовительных расходов и затрат на обработку (стр.4х стр 5 *1,85)			
--	--	--	--	--

3 статья – «Основная заработная плата основных производственных рабочих (сварщиков)» В зависимости от выбранной системы оплаты труда и премирования основной фонд заработной платы включает в себя сдельную или повременную заработную плату, доплаты, надбавки и премии, выплачиваемые из фонда заработной платы. Для оплаты труда основных производственных рабочих (сварщиков) применяется сдельно-премиальная система оплаты труда на участке. Расчет прямого сдельного фонда заработной платы основных производственных рабочих (сварщиков) представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Расчет прямого сдельного фонда заработной платы основных производственных рабочих (сварщиков)

Наименование операции	Тшт-к, мин.(час.)	Часовая тарифная ставка, руб.	Сдельная расценка, руб.	Нгод, шт.	Прямой фонд заработной платы ЗПсд
1	2	3	4=2*3	5	6=4*5
Сварочная	7,87	570	4487,5	150	673125
Итого	-	-	-	-	673125

Расчет основной заработной платы основных производственных рабочих (сварщиков) представлен в таблице 9.

Таблица 9 - Расчет основной заработной платы основных производственных рабочих (сварщиков)

Прямой фонд заработной платы ЗПсд , руб.	Премия 40%, руб.	Доплата по районному коэффициенту 15%, руб.	Основная заработная плата ОЗП, руб.
1	2	3=(1+2)*0,15	4= 1+2+3
673125	269250	141356	1083731

4 статья – «Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих (сварщиков)»

Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих (сварщиков) ДЗП, руб., рассчитывается по формуле:

$$\text{ДЗП} = \text{Кдзп} * \text{ОЗП}, \quad (15)$$

где Кдзп – коэффициент дополнительной заработной платы (0,1). Фонд оплаты труда сварщиков (руб.):

$$\text{ФОТ} = \text{ОЗП} + \text{ДЗП}, \quad (16)$$

5 статья – «Фонд оплаты труда прочего персонала» Расчет фонда оплаты труда вспомогательных рабочих приведен в таблице 10.

Таблица 10 - Расчет фонда оплаты труда вспомогательных рабочих

Наименование должности	Количество единиц	Разряд	Эффективный фонд, Фд, час	Часовая тарифная ставка, руб.	Прямой фонд заработной платы ЗПпов, руб.	Премия, 40%	Доплата по районному коэффициенту, 15%	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Фонд оплаты труда, руб.
1	2	3	4	5	6=2*4*5	7=0,4*6	8=(6+7)*0,15	9=6+7+8	10=Кдзп*9	11=9+10
Наладчик оборудования										
Контролер										
Слесарь по ремонту оборудования										
Кладовщик										
Транспортные рабочие										
МОП										

Итого										
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Расчет фонда оплаты труда ИТР и управленческого персонала представлен в таблице 11.

Таблица 11 - Расчет фонда оплаты труда ИТР и управленческого персонала

Наименование должности	Количество единиц	Оклад, руб.	Прямой фонд заработной платы Зокл, руб.	Премия, 45%	Доплата по районному коэффициенту, 15%	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Фонд оплаты труда, руб.
1	2	3	4= 2*3*11 мес	5=4*0,45	6=(4+5)* 0,15	7=4+5 +6	8=Кдзп* 7	9= 7+8
ИТР								
Счетно-конторский персонал								
Итого								

6 статья – «Страховые взносы на социальное страхование и отчисление (СВССО)» Расчет СВССО, руб., производится по формуле:

$$\text{СВССО} = 30\% * (\text{статья 3} + \text{статья 4} + \text{статья 5}) \quad (17)$$

7 статья – «Топливо и энергия» В эту статью включают затраты на силовую электроэнергию, потребляемую технологическим оборудованием и транспортными средствами. Расчет Рэ , руб., производится по формуле:

$$\text{Рэ} = \text{Wу} * \text{Fd} * \text{Цэ} * \text{Кэ.в.} * \text{Кэ.м.} * \text{Кзагр.ср} * \frac{\text{Кпс}}{\text{Кпд}} \quad (18)$$

где  $W_y$  – установленная мощность электродвигателей оборудования и транспортных средств, кВт (таблица 5);

$F_d$  – действительный фонд времени работы оборудования, час. (формула 9);

$\Pi_z$  – тариф за 1кВт.ч электроэнергии, руб.;  $K_{э.в}$  – коэффициент, учитывающий использование энергии по времени (0,7);  $K_{э.м}$  – коэффициент, учитывающий использование энергии по мощности (0,5);

$K_{п.с}$  – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети (1,15);

$K_{п.д}$  – коэффициент полезного действия оборудования (0,75);

$K_{загр.ср}$  – коэффициент загрузки оборудования.

8 статья – «Расходы на подготовку и освоение производства». Расходы на подготовку и освоение производства  $R_{п.о.}$ , руб., рассчитываются по формуле:

$$R_{п.о.} = 10\% \times OЗП, (19)$$

где ОЗП – основная заработная плата основных производственных рабочих (сварщиков), руб.

9 статья – «Износ инструментов и приспособлений целевого назначения». Затраты на возмещение износа специнструмента, спецоснастки и прочих специальных расходов  $R_{из}$ , руб., определяются исходя из установленного норматива по формуле

$$R_{из} = \text{Низ} \times OЗП, (21)$$

где Низ – норматив затраты на возмещение износа специнструмента (10% – 15%).

10 статья – «Амортизационные отчисления основных производственных фондов».

Затраты на транспортные средства и технологическое оборудование определяют исходя из оптовой цены единицы транспортного средства и оборудования, количества единиц транспортных средств и оборудования данной модели. Цены на оборудование устанавливают по прейскурантам. К рыночной цене плюсууют за-

траты на УТМ (упаковка, транспортировка, монтаж) и пусконаладочные работы, которые составляют 15% цены оборудования.

Ставка амортизации =  $1/T$ , (22) где

$T$  – нормативный срок службы оборудования.

Пример: если  $T$  составляет 5 лет, то Ставка амортизации =  $1/5=0,2$  или 20%.

Расчет балансовой стоимости и амортизационных отчислений транспортных средств и оборудования представлен в таблице 12.

Таблица 12 - Расчет балансовой стоимости и амортизационных отчислений транспортных средств и оборудования

№	Наименование технологического оборудования и транспортных средств	Модель (марка)	Кол-во единиц оборудования, транспортных средств, шт.	Оптовая цена, руб.		Затраты на УТМ, пуск, наладку, руб.	Балансовая стоимость техники, руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
				единицы	принятого кол-ва				
1	Сварочный аппарат	Сварог	1	220000	220000	33000	253000	20	50600
2									
Итого		-							

Стоимость площади участка определяется исходя из стоимости  $1\text{ м}^2$  здания и размеров общей площади. Общая площадь участка складывается из производственной и вспомогательной площади. К производственной площади участка относятся площади, занятые производственным оборудованием, рабочими местами, транспортным оборудованием, заделами у рабочих мест, проходами между оборудованием и между рабочими местами. Производственная площадь участка  $F_{\text{пр} 2}$ , рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{пр}} = K_{\text{пл}} F_{\text{об} i} \quad , \quad (23)$$

где  $F_{\text{об} i}$  – площадь оборудования на  $i$  – ой операции,  $\text{м}^2$  ;

$K_{\text{пл}}$  – коэффициент плотности расстановки оборудования (5.0)



В общую площадь участка включается также часть вспомогательных, бытовых и конторских помещений, имеющих общецеховое назначение. Их размер можно определить укрупнено, по удельному размеру площади на 1-го работающего ( $F_{уд.} = 2,5 \text{ м}^2$ ), исходя из количества работающих в наибольшей смене. Площадь служебно-бытовых помещений  $F_{быт.м}^2$ , рассчитывается по формуле:

$$F_{быт.} = F_{уд.} * Ч_{пр} \quad (24)$$

где  $Ч_{пр}$  – общее количество производственных рабочих, чел. Стоимость площади участка  $C_{уч.}$  руб., определяется по формуле:

$$C_{уч} = Ц_{зд} * (F_{пр} + F_{быт}) \quad , \quad (25)$$

где  $Ц_{зд}$  – стоимость 1  $\text{м}^2$  производственного здания, 20000 руб.

Затраты на силовое энергетическое оборудование (электрогенераторы, электрические кабели, трансформаторы электрические и др.), его монтаж, упаковку и транспортировку при укрупненных расчетах определяют исходя из норматива 8500 руб. на 1 кВт установленной мощности технологического и транспортного оборудования.

Затраты на комплект дорогостоящей оснастки, УСПО и инструменты принимают в размере 10% от балансовой стоимости технологического оборудования. Затраты на измерительные и регулирующие приборы принимают 2% оптовой цены оборудования.

Затраты на производственный инвентарь (стеллажи, магазины для деталей и заготовок, магазины для инструментов и др.) принимают в размере 2% балансовой стоимости технологического оборудования, а на хозяйственный инвентарь – в размере 155,4 руб. на одного рабочего.

Для расчета общей суммы стоимости основных производственных фондов все связанные с ними затраты сводят в таблицу 13.

Таблица 13 – Расчет стоимости основных средств и амортизационных отчислений

№пп	Группа основных производственных фондов	Стоимость производственных фондов, руб.	Норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1	Здание			
2	Технологическое оборудование и транспортные средства			
3	Энергетическое оборудование			
4	Дорогостоящая оснастка, УСПО и инструмент			
5	Измерительные и регулирующие приборы			
6	Производственный и хозяйственный инвентарь			
Итого				

11 статья – «Общепроизводственные расходы»

Сумму общепроизводственных затрат Робщ.п., руб., определяют по формуле

$$\text{Робщ.п.} = \text{Но.п.} * \text{ОЗП}, \quad (26)$$

где Но.п – процент общепроизводственных расходов (200%).

12 статья – «Общехозяйственные расходы».

Сумму общехозяйственных затрат Робщ., руб., определяют по формуле

$$\text{Робщ} = \text{Но.х.х} * \text{ОЗП}, \quad (27)$$

где Но.х. – процент общехозяйственных расходов (300%).

13 статья – «Потери от брака».

Расчет затрат по этой статье производится, если процент брака известен по операциям технологического процесса.

14 статья – «Прочие производственные расходы».

В состав этой статьи включают затраты на гарантийный ремонт и гарантийное обслуживание техники и другие виды затрат. Прочие производственные расходы Рпр., руб., рассчитываются по формуле:

$$Р_{пр.} = Н_{пр.} * ОЗП, \quad (24)$$

где Нпр.- процент прочих производственных расходов (10% - 15%).

Суммирование статей калькуляции дает в сумме величину производственной себестоимости продукции.

15 статья – «Коммерческие расходы».

В состав статьи включаются затраты на упаковку и транспортировку продукции до места ее отправления на реализацию и другие виды расходов. Коммерческие расходы  $Р_{ком.}$ , руб., определяются по формуле

$$Р_{ком.} = Н_{ком.} \times С_{пр.}, \quad (25)$$

где  $Н_{ком.}$  – процент коммерческих расходов (2%);

$С_{пр.}$  – производственная себестоимость продукции.

Структуру себестоимости продукции следует показать в таблице и на рисунке в виде диаграммы.

Таблица 14 – Смета затрат и калькуляция себестоимости продукции

Наименование статьи затрат	Сумма затрат на Плановый выпуск продукции, руб.	Сумма затрат на единицу продукции, руб.	Структура себестоимости продукции, %
1 Сырье и материалы			
2 Комплектующие и полуфабрикаты	-	-	-
3 Основная заработная плата основных производственных рабочих (сварщиков)			
4 Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих (сварщиков)			
5 Фонд оплаты труда прочего персонала			
6 Страховые взносы (СВССО)			
7 Топливо и энергия			
8 Расходы на подготовку и освоение производства			
9 Износ инструментов и приспособлений целевого назначения			

10 Амортизационные отчисления основных производственных фондов			
11 Общепроизводственные расходы			
12 Общехозяйственные расходы			
13 Потери от брака			
14 Прочие производственные расходы Итого производственная себестоимость			
15 Коммерческие расходы			
Итого полная себестоимость			

Для определения оптовой цены продукции к полной себестоимости следует прибавить сумму прибыли.

Размер прибыли на единицу продукции  $Пр_{прод.}$ , руб., определяется по формуле:

$$Пр_{прод.} = C_{пол.} \times R\% \quad (26)$$

где  $R\%$  - уровень рентабельности продукции (25%).

Оптовая цена продукции  $Ц_{опт.}$ , руб., рассчитывается по формуле

$$Ц_{опт.} = C_{пол.} + Пр_{прод.}, \quad (27)$$

Отпускная цена продукции  $Ц_{отп.}$ , руб., рассчитывается по формуле

$$Ц_{отп.} = Ц_{опт.} \times (1 + Н_{ндс}), \quad (28)$$

где  $Н_{ндс}$  – ставка налога на добавленную стоимость (20%).

## 2.5 Расчет технико-экономических показателей работы участка

Результаты производственно-хозяйственной деятельности любого производственно-хозяйственного подразделения (предприятия, цеха, участка) оценивают с помощью ряда технико-экономических показателей (ТЭП). Их определение основывается на экономическом анализе и расчетах, которые дают возможность судить о степени использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов подразделения.

Расчет себестоимость товарного выпуска продукции участка (цеха). Себестоимость товарного выпуска продукции участка (цеха) за плановый период  $C_{п}$ , руб., рассчитывают по формуле:

$$C_{п} = \sum C_{полj} * N_{годj}, \quad (29)$$

где  $C_{полj}$  – полная себестоимость  $j$ -го вида изделия, руб.

Расчет объема реализуемой продукции. Продукция участка (цеха) – это продукция, произведенная для реализации на сторону (передачи другому цеху).

Объем реализованной продукции за планированный период  $T_{р}$ , руб., определяют по формуле:

$$T_{р} = \sum Ц_{отпj} * N_{годj}, \quad (30)$$

Расчет затрат на одну условную единицу реализованной продукции. Затраты на одну условную единицу реализованной продукции  $З_{р.п.}$ , руб., рассчитывают по формуле:

$$З_{р.п.} = \frac{C_{п}}{T_{р}}, \quad (31)$$

Расчет общей суммы прибыли. Прибыль от реализации основной продукции участка (цеха)  $Пр_{прод. об.}$ , руб, исчисляют по формуле:

$$Пр_{прод. об} = \sum Пр_{продj.} * N_{годj} \quad (32)$$

где  $Пр_{продj.}$  - размер прибыли на единицу продукции  $j$  – го вида, руб. Представить технико-экономические показатели деятельности участка (цеха) в таблице.

Таблица 17 - Техничко-экономические показатели деятельности участка (цеха)

Показатель	Ед. измерения	Значение показателя
1 Плановый объем производства шт.		
2 Объем реализуемой продукции руб.		
3 Полная себестоимость реализуемой продукции руб.		
4 Полная себестоимость единицы продукции руб.		
5 Затраты на условную единицу продукции руб.		
6 Оптовая цена единицы продукции руб.		
7 Отпускная цена реализации продукции руб.		
8 Прибыль от реализации продукции руб.		
9 Чистая прибыль предприятия руб.		
10 Уровень рентабельности производства % 25		

11 Численность ППП – всего, в том числе: – основных производственных рабочих – вспомогательных рабочих – ИТР и управленческого персонала чел.		
12 Общий фонд оплаты труда ППП руб.		
13 Общий фонд оплаты труда сварщика руб.		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подведение итогов каждой главы должно содержать результаты выполнения задач и краткий анализ произведенной работы. Таким образом, в заключении достаточно просто перефразировать уже написанный текст. При формулировке можно использовать такие вводные слова и обороты как: «Таким образом», «на основании проведенного анализа можно сделать вывод, что...».

В заключении необходимо повторить тему курсовой работы и вспомнить цель её написания. Например, при выполнении курсовой работы «Расчет технико-экономических показателей...» необходимо было произвести расчет ..... А также необходимо перечислить задачи курсовой работы и результаты их выполнения. Например, в ходе работы рассмотрена организационная часть работы предприятия, а именно ... В экономической части курсовой работы произведен расчет...

Сделать общий вывод о проведенных экономических расчетах. Какая статья занимает больший удельный вес. Сделать вывод о достижимости цели и выполнении задач.

## Список использованных источников

1. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на ручную дуговую сварку – Москва: Экономика
2. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на дуговую сварку в среде защитных газов – Москва: Экономика
3. Гуреева М.А. Основы экономики машиностроения : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.А.Гуреева. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2025. – 256 с.
4. Гуреева, М. А. Организация и планирование сварочного производства : учебник / М. А. Гуреева, В. В. Овчинников. — Москва : КноРус, 2025. — 299 с. — ISBN 978-5-406-11077-5. — URL: <https://book.ru/book/948316>
5. Экономика организаций (предприятий): учебник для спо 2020, Неяскина Е. В., Хлыстова О. В., Директ-Медиа 2020. – 352 с. : ил, табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575464>

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Инструкция по заполнению столбца «Номер карты и позиции»


1. Номер карты находится в верхнем углу справа

#### 4. НОРМАТИВНАЯ ЧАСТЬ


##### 4.1. НЕПОЛНОЕ ШТУЧНОЕ ВРЕМЯ НА ДУГОВУЮ СВАРКУ

Швы стыковых соединений С1, С2, С3, С4, С5, С6, С7, С8, С9, С10, С11, С12, С13, С14, С15, С16, С17, С18, С19, С20, С21, С23, С24, С25, С26, С27 и С28											Полуавтоматическая дуговая сварка в среде диоксида углерода углеродистых и низколегированных сталей					
											Карта 1		Лист 1			
Основной шов																
Но- мер пози- ции	Тип шва	Толщина металла, мм	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Коли- чество прохо- дов	Диаметр проволоки, мм											
					0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0						
					Неполное штучное время на 1 м шва, мин											
1	C1	0,5	5,4	1	2,8	2,9	3,0	—	—	—						

2. Номер позиции – слева

Но- мер пози- ции	Тип шва	Толщина металла, мм	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Коли- чество прохо- дов	Основной шов	
					0,8	Неп
1	C1 	0,5	5,4	1	2,8	
2		0,8	5,5	1	2,9	
3		1,0	5,5	1	3,0	
4		1,5	7,3	1	3,2	
5		2,0	9,4	1	3,9	
6		2,5	11,4	1	4,5	
7		3,0	13,3	1	5,1	
8		4,0	17,1	1	6,3	

3. Индекс – снизу справа

37		0,8	4,4	1	3,3	3,0	2,2	—	—	—
38		1,0	5,8	1	3,4	3,1	2,6	—	—	—
39		1,5	8,1	1	3,5	3,2	2,8	2,5	—	—
40		2,0	8,7	1	3,7	3,4	2,9	2,6	—	—
41		2,5	9,1	1	3,8	3,5	3,0	2,7	—	—
42		3,0	13,6	1	5,2	4,7	4,0	3,5	—	—
43		4,0	14,6	1	5,5	5,0	4,2	3,7	—	—
44		5,0	27,0	1	—	6,6	6,1	5,2	4,6	4,1
45		6,0	30,1	2	—	7,8	7,1	6,2	5,5	5,0
46		7,0	39,4	2	—	9,7	8,9	7,7	6,8	6,1
47	8,0	42,4	2	—	10,3	9,5	8,1	7,2	6,5	
Индекс					а	б	в	г	д	е



ПРИЛОЖЕНИЕ Б  
ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический  
университет имени П.А. Соловьева  
Авиационный колледж

# Курсовая работа

по МДК.04.01  
«Основы организации и планирования  
производственных работ на сварочном участке»  
специальность 15.02.19

на тему:

Расчет технико-экономических показателей сборочно-сварочного  
участка по изготовлению сварной конструкции

«НАЗВАНИЕ»

наименование детали

Студент группы \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_ Н.А. Липатова

Работа защищена с оценкой \_\_\_\_\_

Дата защиты \_\_\_\_\_

Рыбинск 20\_\_

ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический  
университет имени П.А. Соловьева  
Авиационный колледж

Методические указания по выполнению курсового проекта

по МДК.02.01

«Основы проектирования технологических процессов»

специальность 15.02.19 Сварочное производство

г. Рыбинск, 2025 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1	АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ.....	3
1.1	Назначение, принцип действия и анализ конструкции изделия.....	3
1.2	Служебное назначение и технические характеристики сварного узла.....	4
1.3	Функции частей сварной конструкции.....	5
1.4	Состав сварной конструкции.....	5
2	ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	7
2.1	Маршрутная технология изделия.....	7
2.2	Свариваемый металл .....	13
2.3	Анализ сварных соединений, назначенных конструкторских швов .....	14
2.4	Выбор сварочного оборудования.....	16
2.8	Технологические режимы и параметры швов .....	24
2.9	Операционное машинное время сварки .....	28
2.10	Сварочные материалы.....	29
2.11	Тепловой баланс .....	30
2.12	Термический расчет соединения.....	32
2.13	Металлургические процессы и защита от взаимодействия со средой.....	34
2.14	Определение сопротивляемости образованию горячих трещин .....	36
2.15	Определение сопротивляемости образованию холодных трещин.....	38
3.	ДЕФЕКТЫ И КОНТРОЛЬ.....	38
3.1	Возможные дефекты деталей до сборки .....	38
3.2	Возможные дефекты сборки.....	40
3.3	Возможные деформации .....	41
3.4	Возможные дефекты формы шва. ....	42
3.5	Возможные наружные дефекты .....	42
3.6	Возможные внутренние дефекты.....	43
3.7	Контроль качества .....	44
4.	ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА .....	48
4.1	Определение исходных условий .....	48
4.2	Вспомогательное оборудование и оснащение .....	50
4.3	Планировка оборудования и рабочих мест .....	51
4.4	Квалификация рабочих.....	52
5.	ОТиТБ.....	54
6.	ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ.....	55
7.	Расчет себестоимости изготовления вальца .....	55
	ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ.....	60
	ПРИЛОЖЕНИЯ .....	61

# **1 АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ**

## **1.1 Назначение, принцип действия и анализ конструкции изделия**

Рассматриваемое изделие Рисунок 1.1. – унифицированный уплотняющий вибровалец дорожных вибрационных катков средней массы.

Узел является главным функциональным рабочим органом дорожного катка традиционной компоновки. Он устанавливается в раме катка и выполняет функции уплотнения грунта и дорожных покрытий, передачи крутящего и тормозного моментов и вибрации от трансмиссии и виброактиватора к уплотняемой поверхности.

**Вибровалец** состоит из сварной металлоконструкции вальца, и размещенных в нем узлов и деталей – гидромеханического привода движения и торможения, механизма виброактивации, а также вибропоглощающих подшипниковых опор.

### **Узел работает следующим образом:**

Подшипниковые опоры, присоединяемые к раме катка через вибропоглощающие амортизаторы, передают весовую нагрузку от рамы, реакции от моментов вращения и торможения, а также позволяют валу вращаться относительно своей оси. Резинометаллические виброизоляторы поглощают колебания в соединении вибровальца с рамой при работающем виброактиваторе вальца.

Гидромеханический привод движения и торможения представляет собой планетарный редуктор со встроенным механизмом торможения. Входной вал редуктора приводится во вращение аксиально-поршневым реверсивным гидромотором, который присоединен к гидрообъемной трансмиссии катка.

Внутри вальца собрана конструкция виброактиватора, состоящая из двух подшипниковых опор с подшипниками, вала активатора с дебалансами, аксиально-поршневого реверсивного гидромотора привода активатора с соединительными муфтами и трубопроводов контрольно-заливных каналов. В полость виброактора залито смазочное масло по уровень контрольно-заливных каналов. Герметичность узла обеспечивают прокладки в соединениях вальца с подшипниковыми ступицами, уплотнительные резиновые кольца, уплотнительная манжета входного вала и конические резьбовые пробки контрольно-заливных каналов.

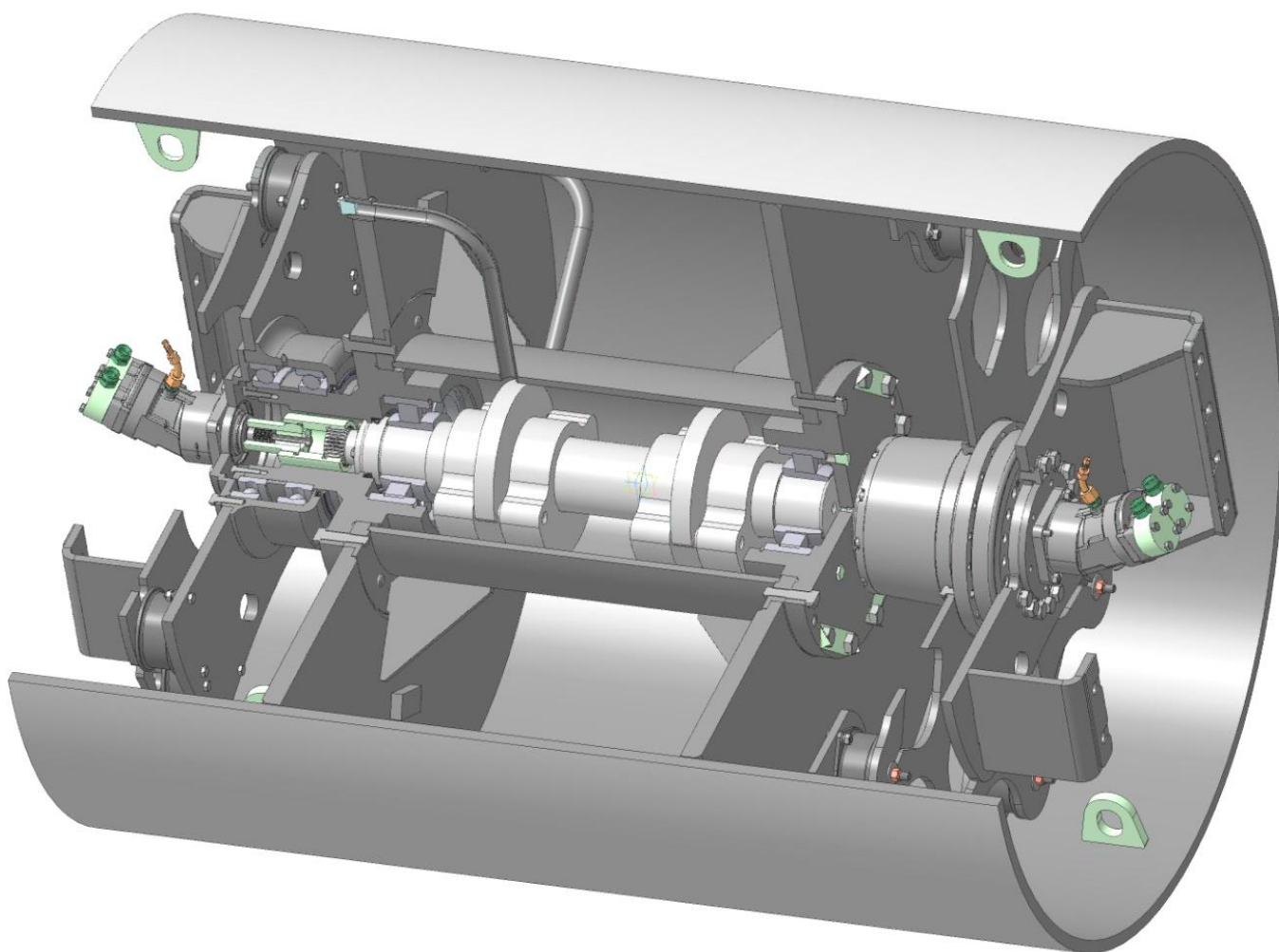


Рисунок 1.1 Вибровалец

## 1.2 Служебное назначение и технические характеристики сварного узла

Заданный для производства сварной узел – **Валец** предназначен для:

- передачи нагрузок от опор, реакций крутящих моментов, части веса катка и динамических нагрузок на раму и на грунт;
- обеспечения пространственного расположения деталей, заданного конструкцией вибровальца;
- присоединения узлов и агрегатов;
- размещения масла для смазки подшипников вибровала.

Условия работы – умеренные механические нагрузки и вибронагрузка при интервале рабочих температур  $-30^{\circ}\dots+50^{\circ}\text{C}$ .

Требования к детали – механическая прочность, точность обработки подшипниковых отверстий и сопрягаемых поверхностей, герметичность внутренней полости.

### 1.3 Функции частей сварной конструкции

**Валец** (Чертеж КП 15.02.19. СП13.00.00 СБ) является основой вибровальца и представляет собой сварную конструкцию, составные части которой образуют его функциональные элементы:

- **обечайка**, образует внешнюю рабочую поверхность вальца и передает на уплотняемую поверхность силовое воздействие веса катка, вибрацию от активатора и окружную силу вращения и торможения, развиваемую гидромеханическим приводом; конструктивные требования – цилиндричность поверхности, соосность с осью вращения подшипниковых опор, прочность при наезде на препятствия, износостойкость рабочей поверхности.
- **масляная ванна**, образует внутреннюю герметичную полость, в которой вращается вибровал, частично заполненную маслом для смазки подшипников вибровала и оснащенную каналами для заливки и слива масла; конструктивные требования – герметичность соединений.
- **стенки боковые**, передают массовые нагрузки и вибрацию от опор вибровала на обечайку, с выполненными на них посадочно-фланцевыми поверхностями для установки подшипниковых узлов; конструктивные требования – прочность, перпендикулярность оси вращения.
- **фланец** для присоединения привода движения, который передает на полотно обечайки моменты вращения/торможения, развиваемые гидромеханическим приводом и тормозом; конструктивные требования – прочность соединения, соосность и перпендикулярность оси вращения.
- **уши строповочные**, выполняют технологические функции при изготовлении и воспринимают вес вальца при его подъеме; конструктивные требования – прочность соединения

### 1.4 Состав сварной конструкции

**Валец собран из следующих деталей и узлов:**

**Обечайка** (Чертеж КП 22.03.02. СВ13.00.05) – труба, с наружным диаметром 1248 мм., свальцованная из листовой стали, толщиной 24 мм. и соединенная продольным стыковым швом. Масса 1233 кг.

**Фланец** (Чертеж КП 22.03.02. СВ13.01.06) – механически-обработанный диск из листовой стали, толщиной 22 мм., диаметром 1200 мм, с центральным отверстием 500 мм., и с резьбовыми отверстиями. Масса 277 кг.

**Обечайка ванны** (Чертеж КП 22.03.02. СВ13.01.11) – вальцованная из листа 16мм. и механически-обработанная в размер сварная труба, диаметром 460 мм., длиной до 625 мм. Масса 110 кг.

**Кольцо ванны** (Чертеж КП 22.03.02. СВ13.01.12) – механически-обработанное кольцо из толстолистовой стали , толщиной до 40 мм. с резьбовыми отверстиями. Масса 23 кг. Количество 2 шт.

**Стенка** (Чертежи КП 22.03.02. СВ13.01.01 и КП 22.03.02. СВ13.01.01-1) – диск из толстолистовой стали, толщиной 40мм. Масса 272 кг. Количество 2 шт.

**Ухо строповочное** (Чертеж КП 22.03.02. СВ13.00.07) – фигурная деталь, вырезанная из листового проката, толщиной 24 мм. Масса 1,2 кг.Количество 4 шт.

**Трубопровод** (Чертеж КП 22.03.02. СВ13.01.02) – согнутая труба из сортового стального проката. Масса 1,28 кг. Количество 2 шт.

**Бобышка** (Чертеж КП 22.03.02. СВ13.01.03) – приварная стальная соединительная муфта с внутренней резьбой. Количество 2 шт.

**Ванна** (Чертеж КП 22.03.02. СВ13.01.10 СБ) – сборно-сварной узел с механической обработкой после сварки. Масса 134 кг.

**Катушка** (Чертеж КП 22.03.02. СВ13.01.00 СБ) – сборно-сварной узел с механической обработкой после сварки. Масса 686 кг.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Маршрутная технология изделия

Технология изготовления вальца состоит из следующих операций:

#### ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

##### Изготовление обечайки вальца

- 010 – переместить лист с места складирования на установку резки;
  - 015 – вырезать заготовку из листового проката на установке плазменной резки с ЧПУ, маркировать;
  - 020 – снять заготовку и отход листа с установки, подать на разделку и зачистку;
  - 025 – разделать кромки термической резкой (сторожкой или газо-кислородной)
  - 030 – зачистить облой;
  - 035 – складировать;
  - 040 – передать на участок вальцовки, складировать;
  - 045 – контроль;
  - 050 – вальцевать обечайку на четырехвалковом гибочном станке;
  - 055 – передать на сборочно-сварочный участок, **складировать**;
  - 060 – **подать на сборочно-сварочное рабочее место**;
  - 065 – зачистить зону шва;
  - 070 – **выровнять стык, соединить стык прихватками** ( $30/400=5$  шт.);
  - 075 – **контролировать**;
  - 080 – **сварить продольный шов обечайки**;
  - 085 – зачистить шов;
  - 090 – **контролировать**;
  - 095 – передать на участок вальцовки, складировать;
  - 100 – калибровать-вальцевать полотно обечайки для исправления неточностей первичной вальцовки и сварочных деформаций;
  - 110 – **контролировать геометрию обечайки**;
  - 115 – передать на сборочно-сварочный участок, **складировать**;
- Итого** 23 операции, 8 из них на сварочном участке: в т.ч. 1 прихваточная, 1 сварочная, 2 зачистных, 1 сборочная, 3 контрольных, 2 транспортно-складских

##### Изготовление стенки

- 010 – переместить лист с места складирования на установку резки;
- 015 – вырезать заготовки из листового проката на установке плазменной резки с ЧПУ, маркировать;
- 020 – снять заготовки и отход листа с установки, подать на разделку и зачистку;
- 025 – зачистить облой;
- 030 – складировать;



035 – передать на участок токарный, складировать;  
040 – точить центральное отверстие, базовые технологические поверхности и фаску разделки соединения на токарно-карусельном станке;  
050 – контроль;  
055 – передать на сборочно-сварочный участок, **складировать**;  
**Итого 9 операций, из них на сварочном участке – 1, транспортно-складская.**

#### **Изготовление обечайки ванны**

010 – переместить лист с места складирования на установку резки;  
015 – вырезать заготовку и отверстия в ней из листового проката на установке плазменной резки с ЧПУ;  
025 – подать на зачистной участок  
030 – зачистить облой;  
035 – складировать;  
040 – передать на фрезерный участок, складировать;  
045 – фрезеровать фаску разделки шва на фрезерном станке;  
050 – передать на участок вальцовки, складировать;  
055 – вальцевать трубу ванны на четырехвалковом гибочном станке;  
060 – контроль;  
065 – передать на участок сварки, **складировать**;  
070 – **подать на сборочно-сварочное рабочее место**;  
075 – зачистить зону шва;  
080 – **выровнять и соединить стык прихватками (20/300=3шт.);**  
085 – контроль;  
090 – **сварить корень шва**;  
100 – **контролировать**;  
110 – **сварить стыковой шов**;  
115 – зачистить шов и брызгу;  
120 – контроль герметичности;  
125 – контроль геометрии;  
130 – **складировать**;  
135 – передать на вальцовку, складировать;  
140 – калибровать-вальцевать на четырехвалковом гибочном станке;  
145 – передать на мехобработку, складировать;  
150 – точить на токарном станке;  
155 – передать на сварку, **складировать**;  
**Итого 31 операций, 11 из них на сварочном участке: в т.ч. 1 прихваточная, 2 сварочных, 2 зачистных, 1 сборочная, 4 контрольных, 3 транспортно-складских**

#### **Изготовление колец**

010 – переместить лист с места складирования на установку резки;

015 – вырезать заготовку из листового проката на установке газокислородной резки с ЧПУ;

025 – подать на зачистной участок

030 – зачистить облой;

035 – складировать;

040 – передать на токарный участок, складировать;

045 – точить деталь на токарном станке;

050 – передать на сверлильный участок, складировать;

055 – сверлить отверстия и нарезать резьбу на радиально-сверлильном станке;

060 – контроль;

065 – передать на сварку, **складировать**;

**Итого 11 операций, из них 1 на сварочном участке – транспортно-складская**

#### **Изготовление фланца**

010 – переместить лист с места складирования на установку резки;

015 – вырезать заготовку из листового проката на установке газокислородной резки с ЧПУ;

025 – подать на зачистной участок

030 – зачистить облой;

035 – складировать;

050 – передать на сверлильный участок, складировать;

055 – сверлить отверстия и нарезать резьбу на радиально-сверлильном станке;

060 – контроль;

065 – передать на сварку, **складировать**;

**Итого 9 операций, из них 1 на сварочном участке – транспортно-складская**

#### **Изготовление трубопроводов**

010 – переместить трубу с места складирования на ленточнопильный станок;

015 – отрезать заготовку из трубного проката на ленточнопильном станке;

020 – удалить заусенцы

035 – передать на участок гибки, складировать;

040 – согнуть трубу на трубогибочном станке;

045 – контроль;

050 – передать на сварку, **складировать**;

**Итого 7 операций, из них 1 на сварочном участке – транспортно-складская**

#### **Изготовление бобышки**

010 – переместить круг с места складирования на ленточнопильный станок;

015 – отрезать заготовку из круглого проката на ленточнопильном станке;

020 – передать на токарный участок, складировать;

025 – точить деталь на токарном станке;

030 – контроль;

040 – передать на сварку, **складировать**;

**Итого** 6 операций, из них 1 на сварочном участке – транспортно-складская.

### **Изготовление уха строповочного**

010 – переместить лист с места складирования на установку резки;

015 – вырезать заготовку из листового проката на установке плазменной резки с ЧПУ;

020 – подать на зачистной участок

025 – зачистить облой;

030 – передать на сварку, **складировать**;

**Итого** 5 операций, из них 1 на сварочном участке – транспортно-складская.

## **СБОРКА УЗЛОВ**

### **Сборка ванны вибратора**

010 – комплектовать детали;

015 – подать на сборочно-сварочное рабочее место;

020 – зачистить зоны шва;

025 – собрать кольца с обечайкой ванны по посадочным поверхностям, **прихватить** ( $20/200=6\text{шт.}\times 2=18\text{шт.}$ );

030 – контролировать геометрию сборки;

035 – сварить детали – 2 места;

040 – зачистить швы и брызгу;

045 – испытать швы ванны на герметичность методом керосиновой пробы;

050 – контроль;

055 – передать на токарный участок, складировать;

060 – точить на токарном станке;

065 – контроль;

070 – передать на сварку, **складировать**;

**Итого** 14 операций, из них 9 на сварочном участке: в т.ч. 1 прихваточная, 1 сварочная, 2 зачистных, 1 сборочная, 2 контрольных, 3 транспортно-складских, 1 комплектовочная.

### **Сборка катушки**

010 – комплектовать детали;

015 – подать на сборочно-сварочное рабочее место;

020 – зачистить зоны шва;

025 – собрать ванну со стенками, сопрягая по посадочным поверхностям, **установить технологические упоры, соединить прихватками**;

030 – контролировать геометрию сборки;

035 – сварить детали – 2 места, с переворотом конструкции;

040 – снять технологические упоры;

045 – зачистить прихватки, швы и брызгу;  
050 – собрать бобышки и трубопроводы в катушку, сварить детали;  
055 – зачистить швы и брызгу;  
060 – испытать швы соединений трубопроводов на герметичность методом керосиновой пробы;  
065 – контроль;  
070 – передать на токарный участок, складировать;  
075 – точить на токарном станке;  
080 – контроль;  
085 – передать на сварку, складировать;  
**Итого** 17 операций, из них 9 на сварочном участке: в т.ч. 1 прихваточная, 1 сварочная, 2 зачистных, 1 сборочная, 2 контрольных, 3 транспортно-складских, 1 комплектовочная.

### **Сборка вальца**

010 – комплектовать детали;  
015 – подать на сборочно-сварочное рабочее место;  
020 – зачистить зоны шва;  
025 – разметить сборку катушки в обечайку;  
030 – установить технологические упоры на прихватки;  
035 – установить катушку в обечайку на технологические упоры, прихватить ( $50/600=6\text{шт.} \times 2=12\text{шт.}$ );  
040 – контролировать наладку;  
045 – соединить катушку с обечайкой сваркой – 2 места, с переворотом конструкции;  
050 – снять упоры;  
055 – разметить установку фланца;  
060 – установить технологические упоры на прихватки;  
065 – установить фланец в обечайку на технологические упоры, прихватить ( $50/600=6\text{шт.}$ );  
070 – снять упоры;  
075 – контролировать наладку;  
080 – соединить сваркой фланец с обечайкой;  
085 – разметить установку строповочных ушей;  
090 – прихватить строповочные уши;  
095 – контроль;  
100 – зачистить швы и брызгу;  
110 – контроль, измерение;  
115 – передать на токарный участок, складировать;  
150 – точить на токарном станке;

- 155 – контроль;
- 160 – передать на малярный участок, складировать;
- 165 – мыть, красить;
- 170 – передать на склад комплектации сборки.

**Итого** 34 операций, из них 19 на сварочном участке: в т.ч. 5 прихваточных, 3 сварочная, 2 зачистных, 3 разметочных, 7 сборочная, 4 контрольных, 1 транспортно-складских, 1 комплектовочная.

В общем виде, маршрутная технология изготовления вальца:

#### **Изготовление деталей.**

Изготовление обечайки вальца	– 23 операции.
Изготовление стенки	– 9 операции x 2 ед. = 18 операций.
Изготовление обечайки ванны	– 31 операция
Изготовление колец	– 11 операции x 2 ед. = 22 операции
Изготовление фланца	– 9 операции
Изготовление трубопроводов	– 7 операции x 2 ед. = 14 операций.
Изготовление бобышки	– 6 операция x 2 ед. = 12 операций.
Изготовление уха	– 5 операция x 4 ед. = 20 операций

#### **Сборка узлов**

Сборка ванны вибратора	– 14 операции
Сборка катушки	– 17 операций
Сборка вальца	– 34 операций
Всего для изготовления и сборки вальца выполняется 214 операции.	
Из них 62 – на сварочном участке.	

Всего в изделии 15 деталей (8 наименований), 2 сборочные единицы.

Из 17 единиц (деталей/узлов), составляющих валец, 10 единиц (5 наименований) – с предварительной механической обработкой поверхностей и сам валец обрабатывается в сборе.

Конструкция вальца имеет 18 сварных соединений – 8 типов сварочных швов. Общая масса вальца 1920 кг.

Программа выпуска	в смену – 2 шт., в месяц – $22 \cdot 2 = 44$ шт.
Годовая программа	$44 \cdot 12 = 528$ шт.

По Таблице 1 «Характеристика типов производства» ([3], стр. 10) определяю тип производства как мелкосерийный или единичный (при массе заготовки свыше 1т. до 5т. / 0,2...1 тыс.шт./год).

## 2.2 Свариваемый металл

Конструкция вальца разработана из стали обыкновенного качества, марки Ст.3. по ГОСТ 380 – 2005

**Ст.3 – доэвтектоидная низкоуглеродистая сталь**, с содержанием углерода от 0,14 до 0,22 %. Структура состоит из феррита и перлита

Феррит пластичен и малопрочен, цементит тверд и хрупок. Перлит обладает свойствами, промежуточными между свойствами феррита и цементита. Зерна феррита и перлита, в зависимости от числа очагов кристаллизации получаются различной величины. Величина зерен оказывает существенное влияние на механические свойства стали – чем мельче зерна, тем выше прочность.

Величина зерна Ст.3 зависит вида термической обработки и технологии прокатки. При этом сталь не может закаливаться.

Таблица 2.1 Механические свойства проката по из стали Ст.3

Сортамент	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5$
-	МПа	МПа	%
Прокат, ГОСТ 535-2005	370-490	205-255	23-26
Лист толстый, ГОСТ 14637-89	370-480	205-245	23-26

### Технологические свойства Ст.3

Свариваемость стали Ст.3 – Сталь Ст.3 всех марок сваривается без ограничений. Способы сварки: ручная дуговая, автоматическая дуговая под флюсом и газовой защитой, электрошлаковая, контактно-точечная. Для толщины более 36 мм рекомендуется подогрев и последующая термообработка.

Отпускная хрупкость стали Ст.3 – Не склонна.

Флокены в стали Ст.3 – Не флокеночувствительна.

Термообработка – Малоуглеродистая сталь Ст.3 относительно мало чувствительна к термическому воздействию. Имеет большую вязкость, не воспринимает закалки. Для улучшения механических характеристик малоуглеродистых сталей их подвергают химико-термической обработке.

Применение Ст.3. Сталь марки Ст.3 предназначена для изготовления горячекатаного проката – сортового, фасонного, толстолистного, тонколистового, а также труб, поковок и штамповок, лент, проволоки, метизов.

Сталь Ст.3 применяют в основном для второстепенных и малонагруженных элементов, сварных элементов, в несварных и холодноштампованных конструкциях, работающих в интервале температур от – 10 до + 40°C.

Ст.3 обладает, невысокими механическими характеристиками и её применение связано с увеличением металлоемкости и массы конструкций. Но

невысокая стоимость и низкие технологические затраты при обработке, сделали сталь Ст.3 наиболее применяемой в производстве.

### Система легирования свариваемого металла

Сталь марки Ст.3, ГОСТ 380-2005, относится к низкоуглеродистым сталям обыкновенного качества.

Массовая доля углерода составляет от 0,14 до 0,22 %, в зависимости от степени раскисления.

Содержание марганца – 0,3...1,10%, кремния – 0,05...0,3%.

Примеси в сумме составляют около 1%, в т.ч.:

хром – 0,3 %; никель – 0,3 %; медь – 0,3 %; сера – до 0,005 %;  
фосфор до – 0,04 %; азот – до 0,1 %.

### 2.3 Анализ сварных соединений, назначенных конструкторских швов

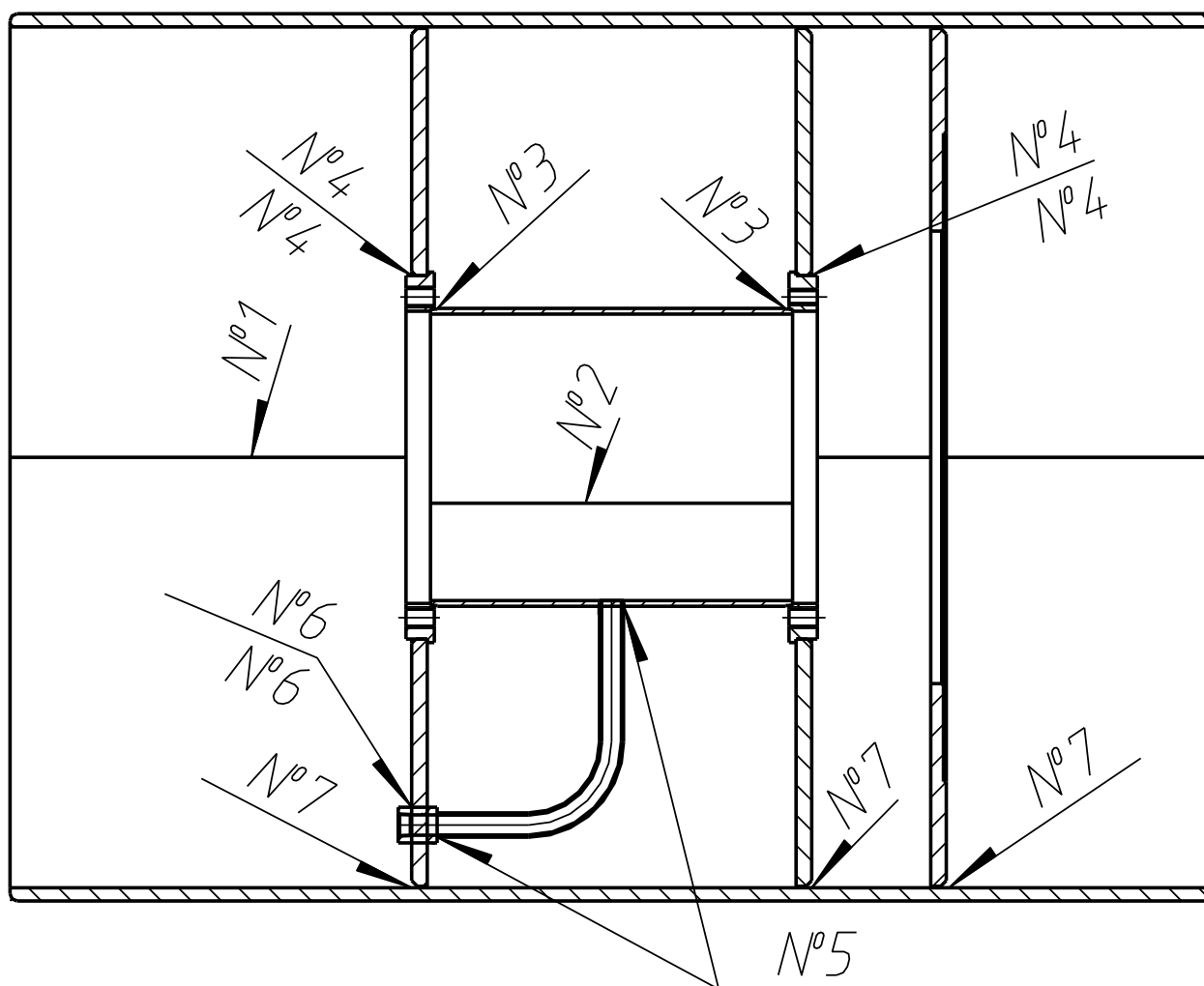


Рисунок 2.1 – схема расположения швов.

### **Обечайка**

№1 Стыковой шов односторонний со скосом двух кромок – соединяет вальцованную обечайку в трубу

ГОСТ 14771-76 С17, S=24, длина 1700 мм.

Требования – Прочность, плотность, отсутствие раковин и трещин, пластичность, малые сварочные деформации.

### **Ванна**

№2 Стыковой шов односторонний со скосом одной кромки – соединяет вальцованную обечайку в трубу

ГОСТ 14771-76 С8, S=16, длина 618 мм.

Требования – Герметичность отсутствие раковин и трещин, пластичность, малая деформация.

№3 Тавровый односторонний со скосом кромки, по замкнутому контуру – приварка кольцевых фланцев к трубе

ГОСТ 14771-76 Т6Δ8, длина 1288 мм., 2 шва, S1=12, S2=24

Требования – Герметичность отсутствие раковин и трещин, пластичность, малая деформация.

### **Катушка**

№4 кольцевой стыковой – соединение стенок с ванной

ГОСТ 14771-76 С11, длина 1570 мм. 4 шва, S1=40, S2=24

Требования – Прочность в т.ч. усталостная, герметичность отсутствие раковин и трещин, малая деформация.

№5 кольцевой тавровый – приварка трубопроводов к ванне и к бобышкам

ГОСТ 14771-76 Т1Δ8, длина 150 мм. 4 шва, S1=12, S2=4

Требования – Герметичность отсутствие раковин и трещин.

№6 кольцевой тавровый – приварка бобышек к стенкам

ГОСТ 14771-76 Т1Δ5, длина 170 мм., 2 шва, S1=24, S2=24

Требования – Герметичность отсутствие раковин и трещин.

### **Валец**

№7 кольцевой тавровый – соединение катушки и фланца с обечайкой

ГОСТ 14771-76 Т1Δ8, длина 3800 мм., 3 шва, S1=24, S2=24

Требования – Прочность в т.ч. усталостная, отсутствие раковин и трещин, пластичность, малая деформация.

№8 контурный тавровый – приварка ушей по контуру сопряжения

ГОСТ 14771-76 Т1Δ6, длина 350 мм., 4 шва, S1=24, S2=24

Требования – Прочность



## 2.4 Выбор сварочного оборудования

Учитывая малосерийность производства и цеховые условия работы, в качестве метода сварки для изготовления вальца выбираю сварку плавящимся электродом в среде защитного газа. В качестве защитного газа рассматриваю двуокись углерода.

При сварке в среде углекислого газа переноса металла возможен только с короткими замыканиями.

К основным параметрам режима сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа относятся:

- полярность тока сварки;
- величина сварочного тока;
- напряжение дуги;
- диаметр электродной проволоки;
- скорость сварки;
- скорость подачи электродной проволоки;
- длина вылета электродной проволоки;
- геометрические размеры шва;
- глубина провара;
- условия заполнения шва – количество проходов;
- состав защитного газа;
- расход защитного газа.
- размер и форма сопла горелки;
- расстояние от обреза сопла до шва;
- наклон электрода (горелки);
- положение сварки;

Для сравнения имеется два варианта сварочных аппаратов.

**Вариант 1.** Сварочный аппарат для полуавтоматической сварки в среде защитного газа, состоящий из источника питания ВДУ 505 и подающего устройства ПДГО-510

Полуавтомат для дуговой сварки ПДГО-510 предназначен для длительной дуговой сварки плавящимся электродом на постоянном токе в среде защитных газов изделий из малоуглеродистых и низколегированных сталей, с естественным охлаждением горелки. Управление полуавтоматом осуществляется с помощью органов управления, расположенных на механизме подачи, и кнопки на горелке. Полуавтомат имеет независимое, плавное регулирование скорости подачи электродной проволоки, которое регулируется ручкой потенциометра, расположенного на механизме подачи.

Таблица 2.2 Основные технические данные полуавтомата

Наименование параметра	Значения
Тип разъема горелки	KZ-2
Напряжение питания, В.	27
Частота, Гц.	50
Номинальный сварочный ток, А*	500
Номинальное сварочное напряжение, В*	50
Номинальный режим работы (ПВ) при 500А и цикле 5 мин., %*	60
Режим работы (ПВ) при 380А.	100
Пределы регулирования сварочного тока, А*	60-500
Диаметр стальной сплошной проволоки, мм.	1,2-2
Диаметр порошковой проволоки, мм.	1,6-3,2
Мощность электродвигателя подающего механизма, Вт.	145
Пределы регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч.	120-1100
Пределы регулирования времени предварительной продувки газа, сек.	0,2-1,2
Пределы регулирования времени продувки газа после сварки (защита сварочной ванны), сек.	0,2-2
Пределы регулирования времени задержки отключения выпрямителя (вылет проволоки), сек.	0,2-1,5
Пределы регулирования времени нарастания скорости подачи электродной проволоки от минимального до установленного значения (мягкий старт), сек.	0,2-2

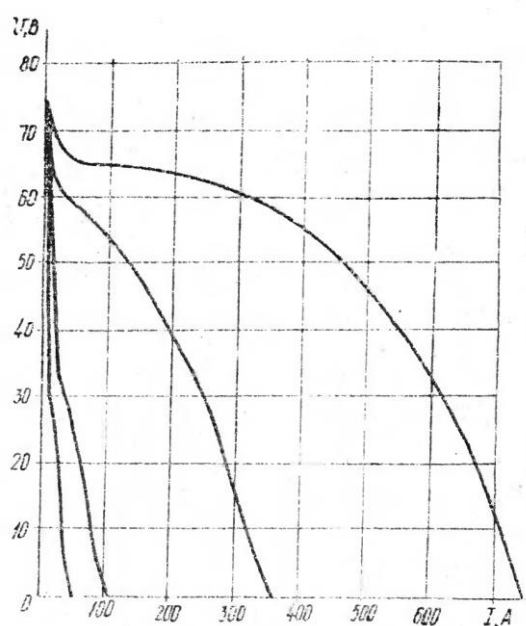
\* - Пределы регулирования сварочного тока (напряжения) определяются сварочным выпрямителем, совместно с которым работает полуавтомат. В таблице в качестве сварочного выпрямителя для полуавтомата приведены данные выпрямителя ВДУ-506С.

Выпрямитель сварочный ВДУ-505 УЗ, предназначен для ручной дуговой сварки штучными электродами и для однопостовой механизированной сварки выпрямленным током в среде углекислого газа и под флюсом. Выпрямитель может быть применён для воздушно-дуговой резки (строжки) угольным электродом. Выпрямитель должен эксплуатироваться в закрытых помещениях на высоте до 1000 м над уровнем моря при температуре окружающего воздуха от минус 40°С до плюс 40°С и относительной влажности воздуха не более 80%

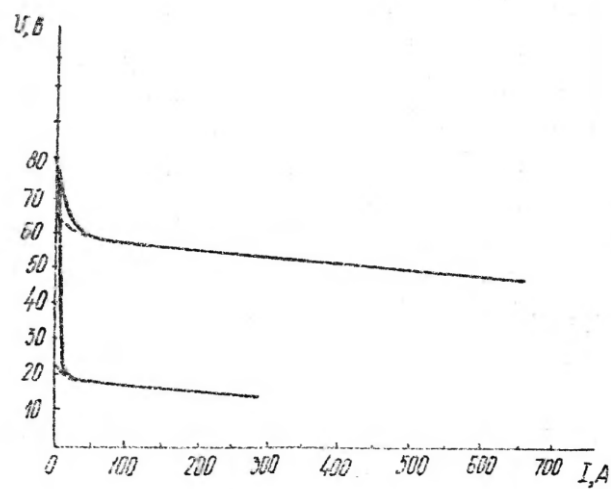
Не допускается использование выпрямителя для работы в среде насыщенной пылью, во взрывоопасной среде, а также в среде, содержащей едкие пары и газы, разрушающие металлы и изоляцию.

Таблица 2.3 Технические характеристики аппарата ВДУ 505

Наименование параметра	Норма для выпрямителей с характеристиками	
	падающими	жесткими
Первичная мощность, кВА, не более	40	
Номинальный сварочный ток, А	500	
Пределы регулирования сварочного тока, А	50-500	60-500
Напряжение холостого хода, В, не более	80	
Номинальное рабочее напряжение на зажимах выпрямителя при номинальном токе, В	46	50
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	22-46	18-50
Номинальный режим работы при продолжительности цикла сварки 10 мин., ПН, %	60	
КПД, %	81	
Масса, кг, не более:	300	



а



б

Рисунок 2.24 Падающие (а) и Жесткие (б) внешние характеристики ВДУ 505

**Вариант 2.** Немецкий сварочный аппарат полуавтоматической сварки в среде защитного газа, EWM WEGA 351

Таблица 2.4 Технические характеристики аппарата EWM WEGA 351

Параметр	WEGA 351
Пределы регулирования сварочного тока (плавная настройка), А.	30–350
Напряжение дуги, В	15,5...41
Ступенчатое переключение, количество ступеней	16
Скорость подачи проволоки, м/мин.	1-20
Сварочный ток при относительной продолжительности включения (ПВ) и температуре окружающей среды 25°C:	ПВ, %
	45 % = 350 А
	60 % = 300 А
	100 % = 230 А
Сетевое напряжение (частота питающей сети 50 Гц)	3×400 В (±15 %)
Максимальная мощность	16 кВА
Максимальная мощность при работе от генератора	22 кВА
Габаритные размеры, мм.	1100×550×940
Масса источника с газовым/жидкостным охлаждением, кг.	130/150

### Произвожу оценку возможного диаметра сварочной проволоки

В конструкции Вальца заданы сварные швы большой длины и площади поперечного сечения. Для из выполнения в заданное время требуется длительная работа сварочного аппарата с большим сварочным током.

Большой диаметр используемой сварочной проволоки, при продолжительном режиме работы (ПВ100%) позволяет выполнять сварочные операции с меньшими затратами времени, так как при равной скорости сварки проволока большего диаметра заполняет больший объем сварного шва.

Сравниваю ориентировочные режимы сварки (Таблица 2.5) с характеристиками сварочных аппаратов (Таблицы 2.2, 2.3 и 2.4).

Для сварочного аппарата EWM WEGA-351, при ПВ = 100% максимальный ток  $I_{св} = 230\text{А}$ .

Для аппарата ВДУ 505 при ПВ = 100% максимальный ток  $I_{св} = 380\text{А}$ .

Таблица 2.5 Ориентировочные режимы сварки в углекислом газе в нижнем положении низколегированной проволокой различного диаметра. [1], стр. 206

$d_3$ , мм	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
$I_{св}$ , А	60...150	80...180	100...250	140...300	200...500
$U_0$ , В	18...21	18...22	19...23	24...28	27...36
$l_3$ , мм	6...12	7...13	8...15	12...20	15...25
$Q_c$ , л/мин	7...8	7...10	8...12	14...17	15...22

При использовании активного защитного газа Таблица 2.6, ([4], стр.132 ) рекомендовано  $d_3 = 1,2 \dots 1,6$  мм. при импульсно-дуговом режиме сварки.

Таблица 2.6 Рациональные области применения сварки в активных газах [4]

Защитный газ	Углекислый газ и смесь $\text{CO}_2 + \text{O}_2$		
Процесс сварки	К.з.		Кр.
Диаметр электрода, мм	0,5–1,4	0,5–1,4	1,6–4,0
Свариваемые материалы	Углеродистые, легированные конструкционные, нержавеющие и некоторые аустенитные стали		
Толщина, мм	0,5–5	6–50	4–10
Вид сварки	Полуавтоматическая и автоматическая сварка и наплавка		

Предварительно рассчитываю возможные параметры сварки для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в среде защитного газа по току:

$$I_{св} = i_{св} \cdot S_{эл} \quad (2.1)$$

где  $i_{св}$  – плотность тока, А/мм<sup>2</sup>.

Плотность тока определяет скорость оплавления сварочной проволоки, глубину проплавления основного металла, производительность сварки. Для разных дуговых процессов сварки эта характеристика имеет разные значения и диапазоны. Увеличение плотности сварочного тока дуги ведет к избыточному разбрызгиванию, подрезам и перегреву. Уменьшение приводит к непроплавлению, «холодной» сварке и неустойчивому горению дуги. Для механизированной сварки в среде защитных газов этот показатель рекомендован  $i_{св} = 150 \dots 250$  А/мм<sup>2</sup>.

При сварке с разделкой кромок и угловых швов плотность тока рекомендуется увеличивать на 15 – 20%.

Результаты расчета по формуле 1.1 свожу в Таблицу 2.7

Таблица 2.7

$d_{эл}$ , мм	$S_{эл}$ , мм <sup>2</sup>	$i_{св \min}$ , А/мм <sup>2</sup>	$i_{св \max}$ , А/мм <sup>2</sup>	$I_{св \min}$ , А	$I_{св \max}$ , А
1,2	1,13	150	250	170	282
1,6	2,01	150	250	300	502
2	3,14	150	250	471	785

Из полученных расчетных данных можно сделать вывод, что аппараты EWM WEGA-351 позволяют длительно работать только с использованием сварочной проволоки 1,2 мм., а аппарат ВДУ 505 с проволокой 1,2мм. и 1,6мм.

### Уточняю режимы сварки для ВДУ505

Окончательный выбор диаметра электродной проволоки провожу с использованием выражения [7]

$$d_3 = 1,13 \sqrt{\frac{I_{св}}{i_{св}}}, \text{ мм.} \quad (2.2)$$

Учитывая протяженность большинства швов, приводящую к длительной непрерывной сварке, выбираю:

$$i_{св} = 220 \text{ А/мм}^2, I_{св} = 400 \text{ А при ПВ} = 100\%$$

$$d_3 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{400}{220}} = 1,52 \text{ мм.}$$

Назначаю диаметр электродной проволоки  $d_3 = 1,6 \text{ мм}$

Напряжение сварочной дуги  $U_d$  определяю [2] по Формуле 2.3

$$U_d = 20 + \frac{50 I_{св}}{1000 \sqrt{d_3}} \pm 1, \quad (\text{В}) \quad (2.3)$$

$$U_d = 20 + 50 \cdot 400 / (1000 \cdot 1,6^{0,5}) = 35 \pm 1 \text{ В}$$

Скорость сварки для автоматических способов определяю по формуле

$$v_{св} = \frac{\alpha_n I_{св}}{F_1 \gamma} \quad (2.4)$$

где

$\gamma$  – удельная плотность металла шва, для стали  $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$ .

$F_1$  – площадь сечения первого прохода,  $\text{мм}^2$ ;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки, определяется из выражения:

$$\alpha_n = \alpha_p \left( 1 - \frac{\psi}{100} \right) \quad (2.5)$$

где

$\alpha_p$  – коэффициент расплавления.

$\psi$  – коэффициент потерь на угар и разбрызгивание при дуговой сварке в среде защитных газов, %, определяется по эмпирической формуле

$$\psi = -4,72 + A \cdot i \cdot 10^{-2} - i^2 \cdot 4,48 \cdot 10^{-4} \quad (2.6)$$

где  $A$  – коэффициент, значение которого зависит от газа, для  $\text{CO}_2$  –  $A = 20$ ;

Площадь сечения первого прохода может быть определена по формуле

$$F_1 = (6 \div 8) \cdot d_{эл}. \quad (2.7)$$

$$F_1 = 8 \dots 1,6 = 12,8 \text{ мм}^2 = 0,13 \text{ см}^2$$

Значение коэффициента расплавления в зависимости от диаметра сварочной проволоки и сварочного тока рекомендуется определять по графику, приведенному на рисунке.

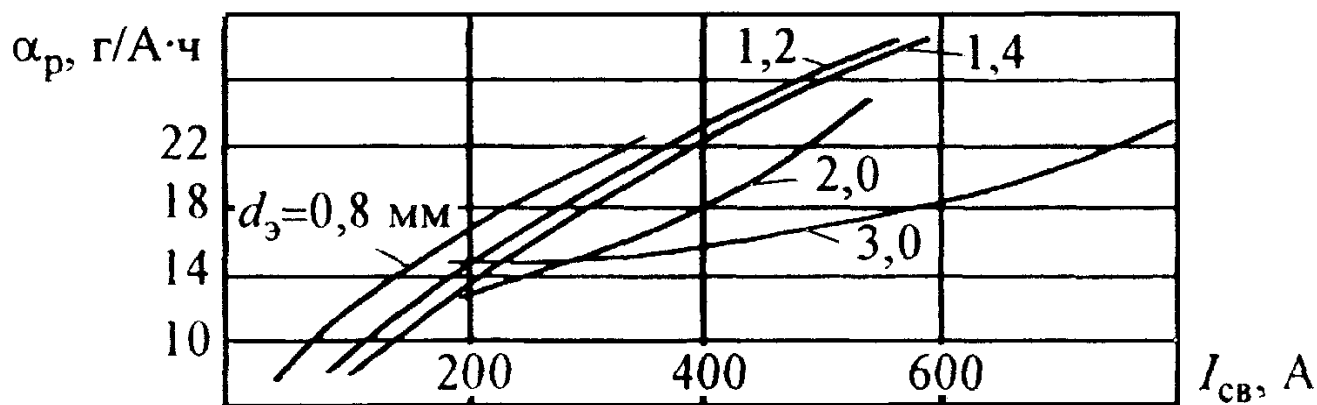


Рисунок 1.3 Зависимость коэффициента расплавления от величины сварочного тока и диаметра сварочной проволоки

По графику определяю  $\alpha_p = 16,5$  г/Ач

По имеющимся данным рассчитываю:

$$\psi = -4,72 + 220 \cdot 20 \cdot 10^{-2} - 220^2 \cdot 4,48 \cdot 10^{-4} = 17,6 \%$$

$$\alpha_n = 20 \cdot (1 - 17,6/100) = 16,5 \text{ г/Ач}$$

$$v_{св} = 16,5 \cdot 380 / (7,85 \cdot 0,13) = 6144 \text{ см/ч} = 61,4 \text{ м/ч} = 102,4 \text{ см/мин} = 17 \text{ мм/с.}$$

Скорость подачи электродной проволоки зависит от величины сварочного тока  $I_{св}$ , диаметра сварочной проволоки  $d_э$  и определяется по выражению

$$v_{пп} = \frac{\alpha_p I_{св}}{F_э \gamma} \quad (2.8)$$

где  $F_э$  – площадь сечения сварочной проволоки,  $F_э = 2,01 \text{ мм}^2 = 0,02 \text{ см}^2$

$$v_{пп} = 16,5 \cdot 380 / (7,85 \cdot 0,02) = 39936 \text{ см/ч} = 6,7 \text{ м/мин} = 111 \text{ мм/с}$$

### Уточняю режимы сварки для EWM WEGA-351

Окончательный выбор диаметра электродной проволоки провожу с использованием формулы 2.2

$$d_э = 1,13 \sqrt{\frac{I_{св}}{i_{св}}}, \text{ мм.}$$

Учитывая протяженность большинства швов, приводящую к длительной непрерывной сварке, выбираю:

$$i_{св} = 200 \text{ А/мм}^2, I_{св} = 230 \text{ А при ПВ} = 100\%$$

$$d_э = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{230}{200}} = 1,21 \text{ мм.}$$

Назначаю диаметр электродной проволоки  $d_э = 1,2$  мм

Напряжение сварочной дуги  $U_д$  определяю [2] по формуле 2.3

$$U_д = 20 + \frac{50 I_{св}}{1000 \sqrt{d_э}} \pm 1, \quad (B)$$

$$U_д = 20 + 50 \cdot 230 / (1000 \cdot 1,2^{0,5}) = 30,5 \pm 1 \text{ В}$$

Скорость сварки для автоматических способов определяю по формуле 2.4

$$v_{св} = \frac{\alpha_н I_{св}}{F_1 \gamma}$$

где

$\gamma$  – удельная плотность металла шва, для стали  $\gamma = 7,85$  г/см<sup>3</sup>.

$F_1$  – площадь сечения первого прохода, мм<sup>2</sup>;

$\alpha_н$  – коэффициент наплавки, определяется из формулы 2.5:

$$\alpha_н = \alpha_p \left( 1 - \frac{\psi}{100} \right)$$

где

$\alpha_p$  – коэффициент расплавления.

$\psi$  – коэффициент потерь на угар и разбрызгивание при дуговой сварке в среде защитных газов, %, определяется по эмпирической формуле 2.6

$$\psi = -4,72 + A \cdot i \cdot 10^{-2} - i^2 \cdot 4,48 \cdot 10^{-4}$$

где  $A$  – коэффициент, значение которого зависит от газа,

для  $CO_2$  –  $A = 20$ ;

для  $CO_2 + O_2 + Ar$  или  $CO_2 + O_2$  и др.  $A = 17,3$ ;

Площадь сечения первого прохода может быть определена по формуле 2.7

$$F_1 = (6 \div 8) \cdot d_{эл}.$$

$$F_1 = 7,2 \dots 1,2 = 8 \text{ мм}^2 = 0,08 \text{ см}^2$$

Значение коэффициента расплавления в зависимости от диаметра сварочной проволоки и сварочного тока рекомендуется определять по графику, приведенному на Рисунке 1.3.

По графику определяю  $\alpha_p = 16,5$  г/Ач

По имеющимся данным рассчитываю:

$$\psi = -4,72 + 230 \cdot 17,3 \cdot 10^{-2} - 230^2 \cdot 4,48 \cdot 10^{-4} = 11,37 \%$$

$$\alpha_н = 16,5 \cdot (1 - 11,37/100) = 9,18 \text{ г/Ач}$$

$$v_{св} = 9,18 \cdot 230 / (7,85 \cdot 0,08) = 3362 \text{ см/ч} = 33,62 \text{ м/ч} = 56 \text{ см/мин} = 9 \text{ мм/с}.$$

Скорость подачи электродной проволоки зависит от величины сварочного тока  $I_{св}$ , диаметра сварочной проволоки  $d_э$  и определяется по формуле 2.8



$$v_{\text{шт}} = \frac{\alpha_p I_{\text{св}}}{F_3 \gamma}$$

где  $F_3$  – площадь сечения сварочной проволоки,  $F_3 = 1,13 \text{ мм}^2 = 0,0113 \text{ см}^2$

$$v_{\text{шт}} = 16,5 \cdot 230 / (7,85 \cdot 0,0113) = 42782 \text{ см/ч} = 713 \text{ см/мин} = 119 \text{ мм/с}$$

Расчетная скорость сварки ВДУ 50 ( $v_{\text{св}} = 17 \text{ мм/с.}$ ) вдвое выше чем у EWM WEGA-351 ( $v_{\text{св}} = 9 \text{ мм/с.}$ ). При этом заполнение шва за один проход в 1,6 раза больше ( $F_1 = 12,8 \text{ мм}^2 / F_1 = 8 \text{ мм}^2$ )

### Вывод по результату сравнения сварочных аппаратов:

Считаю, что для заданных условий производства более подходит сварочный аппарат для полуавтоматической сварки в среде защитного газа, состоящий из источника питания ВДУ 505 и подающего устройства ПДГО-510

## 2.8 Технологические режимы и параметры швов

Для нахождения количества проходов, определяется величина площади наплавки  $F_n$ , которая зависит от толщины свариваемых деталей и вида соединения (ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные).

Для шва №1 – С17, при толщине свариваемых листов 24 мм предусмотрены следующие размеры (Рисунок 1.3)

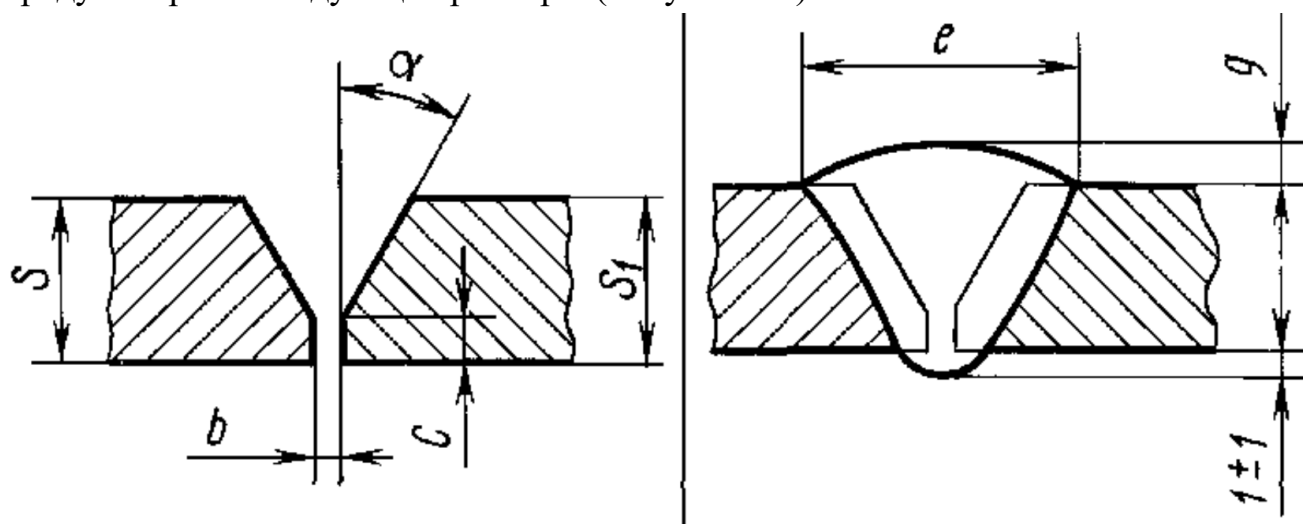


Рисунок 1.4 Конструктивные размеры и форма элементов при  $S=24 \text{ мм.}$

$\alpha = 20^\circ$      $e = 20 \text{ мм.}$      $c = 2 \text{ мм.}$      $b = 2 \text{ мм.}$      $q = 2 \text{ мм.}$

Площадь сечения стыкового сварного шва определяется по формуле

$$F_n = F_3 + F_{\text{ск}} + F_y, \quad (2.9)$$

где  $F_3$  – площадь зазора в стыке,  $\text{мм}^2$ ;

$F_{ск}$  – площадь скоса кромок, мм<sup>2</sup>;

$F_y$  – площадь усиления шва, мм<sup>2</sup>.

$$F_3 = b \cdot (S + q + 1) = 2 \cdot (24 + 2 + 1) = 54 \text{ мм}^2;$$

$$F_{ск} = (S - c)^2 \cdot \text{tg} \alpha = (24 - 2)^2 \cdot \text{tg} 20^\circ = 176 \text{ мм}^2;$$

Площадь усиления в стыковых швах упрощенно рассчитывается по формуле

$$F_y = (0,73 \dots 0,75) \cdot e \cdot q = 30 \text{ мм}^2; \quad (2.10)$$

где  $e$  – ширина шва, мм;

$q$  – высота усиления шва, мм.

$$F_n = 54 + 176 + 30 = 260 \text{ мм}^2;$$

Сварной шов не формируется за один проход, так как величина  $F_n$  за один проход, при использовании полуавтоматов как правило, не превышает 70 мм<sup>2</sup>

Определяю число проходов  $n$  по формуле

$$n = F_n / F_l \quad (2.11)$$

где  $F_l$  – площадь сечения одного прохода, мм<sup>2</sup>.

Площадь поперечного сечения одного прохода уточняю по формуле

$$F_l = F_{эл} \cdot v_{nn} / v_{св}, \quad (2.12)$$

Где  $F_{эл}$  – площадь сечения электродной проволоки, –  $F_э = 2,01 \text{ мм}^2 = 0,02 \text{ см}^2$ ;

$v_{nn}$  – скорость подачи электродной проволоки, м/ч;

$v_{св}$  – скорость сварки, м/ч.

$$F_l = 2,01 \cdot 399,4 / 61,4 = 13,1 \text{ мм}^2;$$

$$n = 260 / 13,1 = 20 \text{ проходов}$$

Для шва №2 – С8, при толщине свариваемых кромок 16 мм., предусмотрены следующие размеры (Рисунок 1.3)

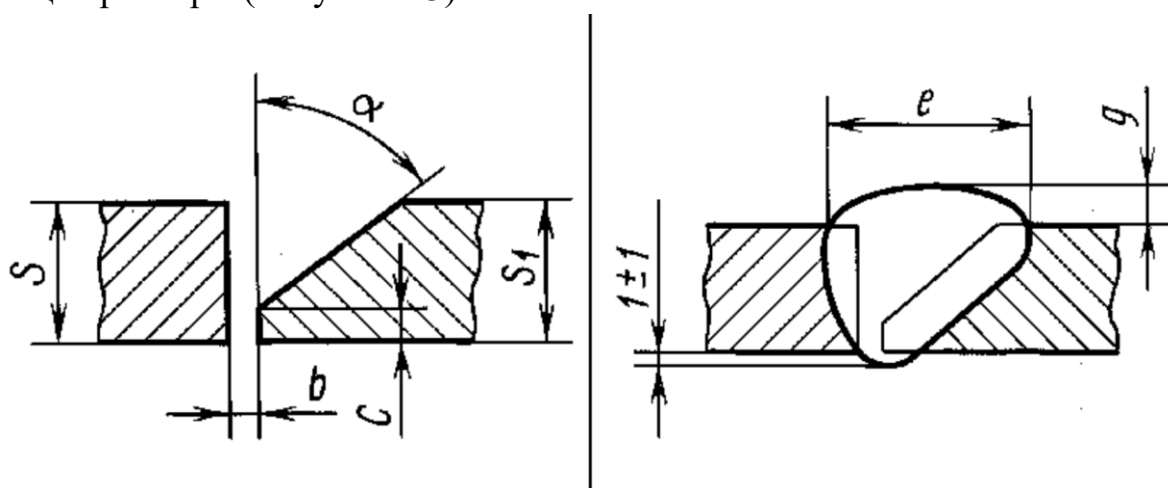


Рисунок 1.4 Конструктивные размеры и форма элементов при S=16 мм.

$\alpha = 40^\circ$      $e = 16 \text{ мм.}$      $c = 2 \text{ мм.}$      $b = 2 \text{ мм.}$      $g = 2 \text{ мм.}$

Площадь сечения сварного шва определяется по формуле 2.9

$$F_n = F_3 + F_{ск} + F_y,$$

где  $F_3$  – площадь зазора в стыке, мм<sup>2</sup>;  
 $F_{ск}$  – площадь скоса кромок, мм<sup>2</sup>;  
 $F_y$  – площадь усиления шва, мм<sup>2</sup>.

$$F_3 = b \cdot (S + q + 1) = 2 \cdot (16 + 2 + 1) = 38 \text{ мм}^2;$$

$$F_{ск} = (k - c)^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha = (8 - 2)^2 \cdot \operatorname{tg} 40^\circ = 30 \text{ мм}^2;$$

Площадь усиления упрощенно рассчитывается по формуле 2.10

$$F_y = (0,73 \dots 0,75) \cdot k \cdot q = 12 \text{ мм}^2;$$

где  $k$  – катет шва, мм;

$q$  – высота усиления шва, мм.

$$F_n = 38 + 30 + 12 = 80 \text{ мм}^2;$$

Сварной шов не формируется за один проход

Определяю число проходов  $n$  по формуле 2.11

$$F_l = 13,1 \text{ мм}^2;$$

Площадь поперечного сечения одного прохода уточняю по формуле 2.12

$$n = 80 / 13,1 = 6,01 = 6 \text{ проходов}$$

Для шва №7 – Т6Д8, при толщине свариваемых листов 24 мм., по ГОСТ 14771 – 76 предусмотрены следующие размеры (Рисунок 1.5)

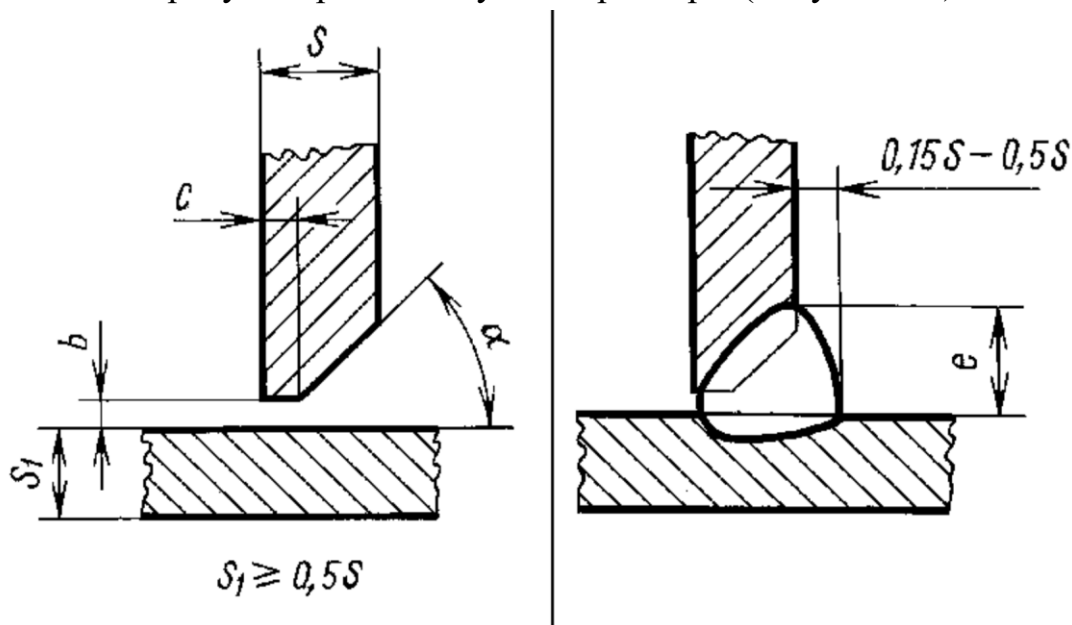


Рисунок 1.5 Конструктивные размеры и форма элементов при  $S=24$  мм.

$\alpha = 45^\circ$      $c = 2$  мм.     $b = 2$  мм.     $e = 28$  мм.

Шов с отклонением от стандартных размеров – Задан катет 8 мм.  $e = 8$  мм.

На основании заданного значения катета шва определяется площадь поперечного сечения металла шва по формуле

$$F_n = \frac{k_y \cdot k^2}{2}, \quad (2.13)$$

где  $k$  – катет углового шва, мм;

$k_y$  – коэффициент, учитывающий площадь усиления, определяется в зависимости от величины катета шва по таблице 2.8

Таблица 2.8

Катет шва, мм	3...4	5...6	7...10	10...20	20...30	$\geq 30$
Коэффициент $k_y$	1,5	1,35	1,25	1,15	1,1	1,05

$$F_n = 1,25 \cdot 8^2 / 2 = 40 \text{ мм}^2$$

Сварной шов может быть сформирован за один проход, так как величина  $F_n < 70 \text{ мм}^2$

Из формулы (2.12) площади поперечного сечения одного прохода уточняя скорость сварки при условии однопроходности шва

$$F_l = F_{эл} \cdot v_{nn} / v_{св} ,$$

$$v_{св} = (F_{эл} \cdot v_{nn}) / F_l ,$$

Где  $F_{эл}$  – площадь сечения электродной проволоки,  $F_{эл} = 2,01 \text{ мм}^2 = 0,02 \text{ см}^2$ ;  
 $F_l = F_n = 40 \text{ мм}^2$

$v_{nn}$  – скорость подачи электродной проволоки, мм/с;

$$v_{св} = 2,01 \cdot 111 / 40 = 5,6 \text{ мм/с} = 20,2 \text{ м/ч};$$

### Остальные швы считаю однопроходными

При этом на шов №5 задан катет 3, на №6 – катет 5, на №8 – катет 6.

Уточняя скорость сварки для этих швов

$$F_{n\#5} = 1,5 \cdot 3^2 / 2 = 6,75 \text{ мм}^2$$

$$F_{n\#6} = 1,35 \cdot 5^2 / 2 = 16,88 \text{ мм}^2$$

$$F_{n\#8} = 1,35 \cdot 6^2 / 2 = 24,3 \text{ мм}^2$$

$$v_{св\#5} = 2,01 \cdot 111 / 6,75 = 30,1 \text{ мм/с} = 108,4 \text{ м/ч};$$

$$v_{св\#6} = 2,01 \cdot 111 / 16,88 = 13,2 \text{ мм/с} = 47,5 \text{ м/ч};$$

$$v_{св\#8} = 2,01 \cdot 111 / 24,3 = 9,2 \text{ мм/с} = 33,1 \text{ м/ч};$$

**Расход защитного газа и расстояние от сопла до изделия** рекомендуется выбирать с помощью Таблицы 2.9 в зависимости от диаметра проволоки  $d_3$ .

Таблица 2.9 Определение расхода защитного газа и расстояния между изделием и соплом

Диаметр проволоки, мм.	0,8	1...1,4	1,6...2,0
Расход газа, л/мин.	5...8	8...16	15...20
Расстояние от сопла до изделия, мм.	7...10	8...14	10...12

Назначаю расстояние равным 10...12 мм, расход газа 15 л/мин.

Вылет проволоки должен обеспечить возможность наложения корневого шва в соединениях с разделкой кромок. Для шва №1, с учетом выноса наконечника за обрез сопла вылет может составлять до 20 мм., для остальных – 15 мм.

Полученные расчетные технологические параметры соединения свожу в Таблицу 2.10

$d_3$ , мм	1,6
$I_{св}$ , А	380
Полярность тока	Обратная
$U_0$ , В	35
$v_{св}$ , мм/с.	17
$v_{пп}$ , мм/с	111
$l_3$ , мм	12
$Q_c$ , л/мин	15

## 2.9 Операционное машинное время сварки

Рассчитываю машинное время сварки на каждый шов

№1 С17;  $l = 1,7$  м.;  $n = 20$ ;  $\sum l = 34$  м.;  $v_{св} = 61,4$  м/ч  
 $t_1 = \sum l / v_{св} = 34 / 61,4 = 0,55$  ч.

№2 С8;  $l = 0,55$  м.;  $n = 6$ ;  $\sum l = 3,3$  м.;  $v_{св} = 61,4$  м/ч;  
 $t_2 = \sum l / v_{св} = 3,3 / 61,4 = 0,05$  ч;

№3 Т1Δ8;  $l = 1,3$  м.;  $n = 1$ ; 2 шва;  $\sum l = 2,6$  м.;  $v_{св} = 61,4$  м/ч  
 $t_3 = \sum l / v_{св} = 2,6 / 61,4 = 0,04$  ч.

№4 С1;  $l = 1,57$  м.;  $n = 1$ ; 4 шва;  $\sum l = 6,28$  м.;  $v_{св} = 61,4$  м/ч  
 $t_4 = \sum l / v_{св} = 6,28 / 61,4 = 0,1$  ч.

№5 С1Δ3;  $l = 0,15$  м.;  $n = 1$ ; 4 шва;  $\sum l = 0,6$  м.;  $v_{св} = 108,4$  м/ч  
 $t_5 = \sum l / v_{св} = 0,6 / 108,4 = 0,005$  ч.

№6 Т1Δ5;  $l = 0,12$  м.;  $n = 1$ ; 4 шва;  $\sum l = 0,48$  м.;  $v_{св} = 47,5$  м/ч  
 $t_6 = \sum l / v_{св} = 0,48 / 47,5 = 0,01$  ч.

№7 Т1Δ8;  $l = 3,8$  м.;  $n = 1$ ; 3 шва;  $\sum l = 11,4$  м.;  $v_{св} = 20,2$  м/ч

$$t_7 = \sum l / v_{св} = 11,4 / 20,2 = 0,56 \text{ ч.}$$

№8 Н1Δ6;  $l = 0,35 \text{ м.}; n = 1; 4 \text{ шва}; \sum l = 1,4 \text{ м.}; v_{св} = 33,1 \text{ м/ч}$

$$t_8 = \sum l / v_{св} = 1,4 / 33,1 = 0,042 \text{ ч.}$$

Суммарное машинное время сварки

$$t_{\Sigma} = 1,36 \text{ ч.} = 81,5 \text{ мин.}$$

## 2.10 Сварочные материалы

### Сварочная проволока

Для сварки стали 3 рекомендуется сварочная проволока Св08Г2С

Рассчитываю расход сварочной проволоки – Таблица 2.11

Таблица 2.11

Шов	Площадь одного прохода, мм <sup>2</sup>	Длина проходов $\sum l$ , м.	Объем шва дм <sup>3</sup>	Масса шва $\rho=7,85\text{кг/дм}^3$
№1	13,1	34	0,4454	3,50
№2	13,1	3,3	0,04323	0,34
№3	13,1	2,6	0,03406	0,27
№4	24,3	6,28	0,152604	1,20
№5	16,88	0,6	0,010128	0,08
№6	6,75	0,48	0,00324	0,03
№7	40	11,4	0,456	3,58
№8	24,3	1,4	0,03402	0,27
Всего				9,25

Масса наплавленного металла

$$m_{пр} = 9,25 \text{ кг.}$$

с учетом разбрызгивания  $\psi = 11,37 \%$

масса израсходованной сварочной проволоки

$$m_{пр} = 9,25 \cdot 1,1137 = 10,3 \text{ кг.}$$

### Защитный газ

При заданном минутном расходе  $Q_e = 15 \text{ л/мин.}$ , суммарный объемный расход газа на валец:

$$V_e = Q_e \cdot t_{\Sigma} = 15 \cdot 81,5 = 1221,3 \text{ л.} = 1,21 \text{ м}^3$$

Углекислота – по ГОСТ 8050-85 «Двуокись углерода газообразная и жидкая». Применяется как защитный газ для сварочных работ.

Параметры и размеры баллонов – по ГОСТ 949-73 «Баллоны стальные малого и среднего для газов на  $P_r \leq 19,7 \text{ МПа}$ ». В производстве используются баллоны объемом 40 литров.

При рабочем давлении углекислоты в баллоне 14,7 МПа (150 кгс/см<sup>2</sup>) коэффициент заполнения: 0,60 кг/л;

Объемный вес углекислоты в газообразном состоянии равен 1,98 кг/м<sup>3</sup>, при нормальных условиях.

Вес углекислоты в баллоне объемом 40л, с рабочим давлением 14,7 МПа (150 кгс/см<sup>2</sup>).

$$40 \cdot 0,6 = 24 \text{ кг}$$

Объем углекислоты в газообразном состоянии:

$$24 \text{ кг} / 1,98 \text{ кг/м}^3 = 12,12 \text{ м}^3$$

Расход одного баллона на количество свариваемых вальцев:

$$12,12 / 1,23 = 10 \text{ шт.}$$

### Расход энергии

Мощность аппарата  $P = 40 \text{ кВт}$

$$W = 40 \cdot 1,36 = 54,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

## 2.11 Тепловой баланс

Напряжение сварочной дуги  $U_d = 35 \pm 1 \text{ В}$

Полная тепловая мощность дуги  $Q$  (Дж/с) зависит от силы сварочного тока  $I_{\text{св}}$  (А) и напряжения дуги  $U_d$  (В) .

$$Q = I_{\text{св}} \cdot U_d \quad (2.14)$$

$$Q = 380 \cdot 35 = 13300 \text{ Дж/с}$$

Эффективная тепловая мощность сварочной дуги:

$$q_{\text{эфф}} = I_{\text{св}} \cdot U_d \cdot \eta = Q \cdot \eta \quad (2.15)$$

Для дуговой сварки и наплавки в углекислом газе коэффициент полезного действия дуги:

$$\eta = 0,8 - 0,96$$

Принимаю  $\eta = 0,8$  и по заданным параметрам рассчитываю:

$$q_{\text{эфф}} = 380 \cdot 35 \cdot 0,8 = 10640 \text{ Дж/с}$$

### Расчёт размеров сварочной ванны

Для расчета привожу известные требуемые данные.

– Режим сварки:  $I = 380 \text{ А}, U = 35 \text{ В},$

$$v_{\text{св. №1-4}} = 17 \text{ мм/с} = 0,017 \text{ м/с} = 61,4 \text{ м/ч}$$

$$v_{\text{св. №5}} = 30,1 \text{ мм/с} = 0,03 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{св. №6}} = 13,2 \text{ мм/с} = 0,013 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{св. №7}} = 5,6 \text{ мм/с} = 0,0056 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{св. №8}} = 9,2 \text{ мм/с} = 0,0092 \text{ м/с};$$

- Сварочная проволока:  $d_{эл} = 1,6 \text{ мм}$ ;
- Эффективная тепловая мощность дуги  $q_{эфф} = 10640 \text{ Дж/с}$

Таблица 2.12 Теплофизические свойства стали 3

$t_{лик}$ °K	$t_{сол}$ °K	$\rho_T$ кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{ж}$ кг/м <sup>3</sup>	$\lambda_T$ Вт/м К	$\lambda_{ж}$ Вт/м К	$c_T$ Дж/кг К	$c_{ж}$ Дж/кг К	$a_T 10^6$ м <sup>2</sup> /с	$a_{ж} 10^6$ м <sup>2</sup> /с	$L$ кДж/кг
1773	1723	7850	7000	54	23	750	920	9,4	3,5	263

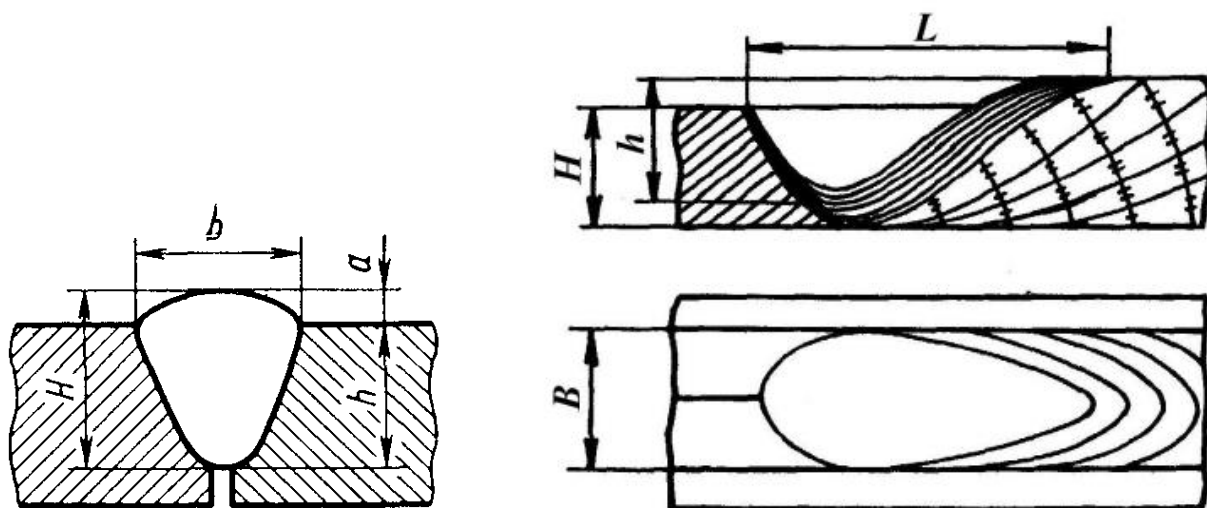


Рисунок 3.9

Для сосредоточенного сварочного источника тепла на полубесконечном теле длина сварочной ванны (один проход):

$$L = \frac{q_{эфф}}{2\pi\lambda T_{пл}} \quad (2.16)$$

где

$q_{эфф}$  – эффективная тепловая мощность дуги, Дж/с;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/м К;

$T_{пл}$  – температура плавления металла, °К.

$$L = 10640 / (2 \cdot 3,14 \cdot 54 \cdot 1773) = 0,018 \text{ м} = 18 \text{ мм}.$$

Ширина провариваемой зоны может быть определена для точечного источника на массивном теле приближенно (швы №1-4):

$$\begin{aligned} b &= 0,968 \cdot (q_{эфф} / c\rho\nu_{св}T_{плав})^{0,5} = \\ &= 0,968 \cdot (10640 / (750 \cdot 7850 \cdot 0,017 \cdot 1773))^{0,5} = \\ &= 0,007 \text{ м} = 7,5 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (2.17)$$

$$\varphi = L / b \quad (2.18)$$

$$\varphi = 18 / 7 = 2,4$$



При точечном источнике на полубесконечном теле глубина проплавления

$$h = q_{эфф} / (4\pi\lambda T_{плав} \varphi) \quad (2.19)$$

$$h = 10640 / (4 \cdot 3,14 \cdot 54 \cdot 1773 \cdot 2,4) = 0,0037 \text{ м} = 3,7 \text{ мм.}$$

$$\text{Шов №5} \quad b = 0,0056 = 5,6 \text{ мм.} \quad \varphi = 3,2 \quad h = 2,8 \text{ мм.}$$

$$\text{Шов №6} \quad b = 0,0086 = 8,6 \text{ мм.} \quad \varphi = 2,1 \quad h = 4,2 \text{ мм.}$$

$$\text{Шов №7} \quad b = 0,013 = 13 \text{ мм.} \quad \varphi = 1,4 \quad h = 6,4 \text{ мм.}$$

$$\text{Шов №8} \quad b = 0,01 = 10 \text{ мм.} \quad \varphi = 1,8 \quad h = 5 \text{ мм.}$$

Положение шва – горизонтальное, нижнее.

Шов обратноступенчатый, углом назад

## 2.12 Термический расчет соединения

В процессе сварки происходит нагрев и охлаждение околошовного металла

Для оценки скоростей нагрева и охлаждения строю изотермы для температур 1500°C, 1100°C, 880°C, 530°C, соответствующие температурам отжига и отпуска

Для расчета считаю, что на поверхности пластины толщиной  $\delta = 1,2 \text{ см}$ , со скоростью 3,4 см/с движется источник теплоты мощностью 10640 Дж/с

Удельная теплоемкость стали  $c_T = 750 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град}$

Объемная  $c' = c_T \rho = 750 \cdot 7,85 = 5887,5 \text{ Дж/дм}^3 \cdot \text{град.} = 5,9 \text{ Дж/см}^3 \cdot \text{град.}$

При ручной сварке пластины с полным (или близким к полному) проплавлением применяют расчетную схему подвижного линейного источника теплоты в пластине.

Температура в точке на расстоянии  $r$  от источника равна (17.40) [9]:

$$T = -\frac{q}{2\pi\lambda x} e^{\left(\frac{r^2 v}{4ax}\right)} \quad (2.20)$$

$r$  – комплексный параметр, который определяется по выражению:

$$r^2 = y^2 + z^2, \quad (2.21)$$

Сначала определяю изотермы на поверхности тела, то есть при  $z = 0$ , тогда выражение (2,21) будет иметь вид:

$$r^2 = y^2 \quad r = y, \quad (2.22)$$

С учетом выражения (2.22) выражение (2.20) примет вид:

$$T = -\frac{q}{2\pi\lambda x} e^{\left(\frac{y^2 v}{4ax}\right)}. \quad (2.23)$$

Для построения изотермы определяю координату  $y$  по выражению [4]

$$y = \sqrt{\frac{4ax}{v} \cdot \ln\left(\frac{2\pi\lambda x T}{q}\right)} \quad (2.24)$$

Из выражения (2.23) нахожу максимальную координату  $x$  при  $y = 0$  для температуры 530°C :

$$x = -\frac{q}{2\pi\lambda T} = -\frac{11456}{2 \cdot \pi \cdot 0,54 \cdot 530} = -6,37 \text{ см.}$$

Для расчета 5 точек, задаю координату  
 $x = 0; -1,27; -2,55; -3,82; -5,10; -6,37$ ; см.

Данные расчета заносу в Таблицу 2.13.

Таблица 2.13 Координаты точек изотермы, соответствующей температуре 530°C

Координата $x$ , см	0	-1,27	-2,55	-3,82	-5,10	-6,37
Координата $y$ , см	0	0,476	0,508	0,465	0,355	0

Аналогично определяю координаты точек для температур 880°C, 1100°C, 1500°C,. Данные заносу в Таблицы 10, 11, 12 – соответственно.

$$x = -\frac{q}{2\pi\lambda T} = -\frac{11456}{2 \cdot \pi \cdot 0,54 \cdot 880} = -3,84 \text{ см.}$$

Таблица 2.14 Координаты точек изотермы, соответствующей температуре 880°C

Координата $x$ , см	0	-0,77	-1,53	-2,3	-3,07	-3,84
Координата $y$ , см	0	0,421	0,449	0,411	0,313	0

$$x = -\frac{q}{2\pi\lambda T} = -\frac{11456}{2 \cdot \pi \cdot 0,54 \cdot 1100} = -3,07 \text{ см.}$$

Таблица 2.15 Координаты точек изотермы, соответствующей  $T = 1100^\circ\text{C}$

Координата $x$ , см	0	-0,61	-1,23	-1,84	-2,46	-3,07
Координата $y$ , см	0	0,352	0,376	0,344	0,262	0

$$x = -\frac{q}{2\pi\lambda T} = -\frac{11456}{2 \cdot \pi \cdot 0,54 \cdot 1500} = -2,25 \text{ см.}$$

Таблица 2.16 Координаты точек изотермы, соответствующей  $T = 1500^\circ\text{C}$

Координата $x$ , см	0	-0,45	-0,90	-1,35	-1,80	-2,25
Координата $y$ , см	0	0,288	0,307	0,281	0,214	0,01

По полученным данным строю график, который представлен на Рисунке 4.

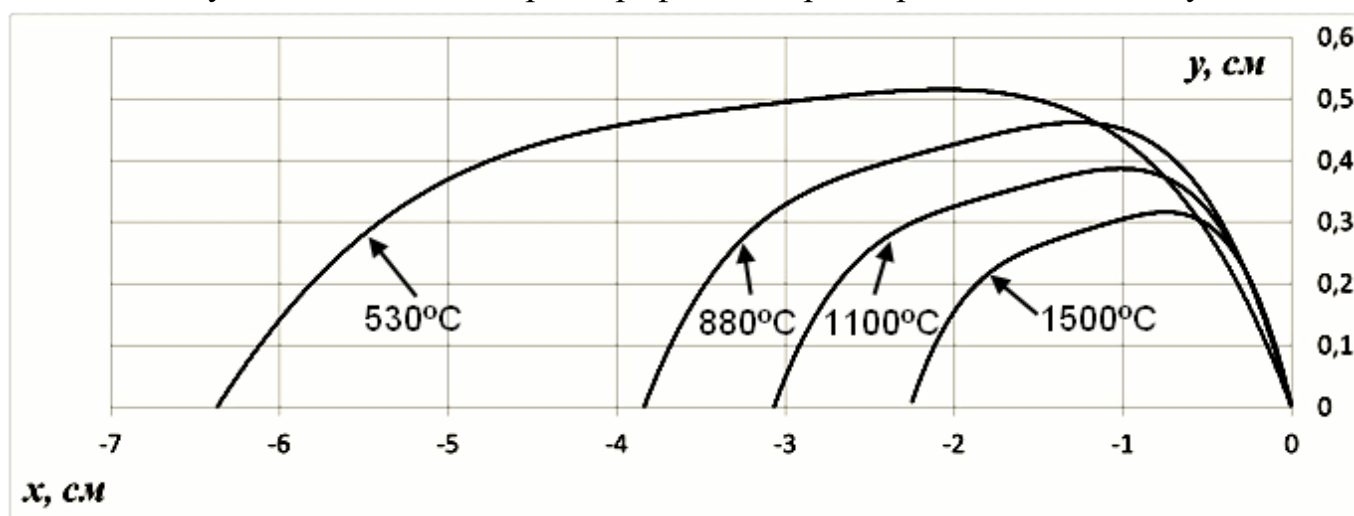


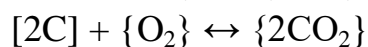
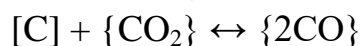
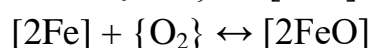
Рисунок 3.10

По графику возможно оценить зоны термического влияния и скорости охлаждения материала, в зависимости от удаления от шва.

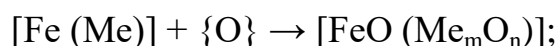
## 2.13 Металлургические процессы и защита от взаимодействия со средой

В результате химических реакций в зоне сварки образуется смесь из трёх газов: углекислого  $\text{CO}_2$ , угарного  $\text{CO}$  и кислорода  $\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ .

Поток этих газов в одно и тоже время защищает зону сварки от воздействия атмосферного воздуха и сам активно взаимодействует с железом и углеродом, находящимися в составе стали.

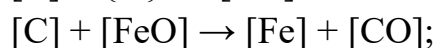
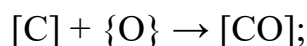


Атомарный кислород ( $\text{O}$ ) окисляет железо и легирующие элементы, содержащиеся в стали:



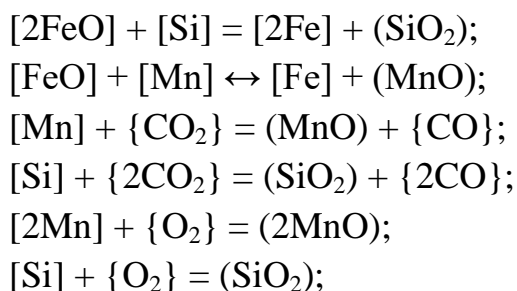
В результате этих реакций металл сварочной ванны насыщается окислами и его механические свойства ухудшаются.

При окислении углерода, содержащегося в стали, образуется окись углерода по реакциям:



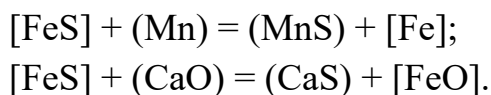
Выделяющийся в виде пузырьков газ при кристаллизации металла шва, частично не успевает покинуть металл сварочной ванны и остается в металле шва, образуя поры.

Окислительное воздействие на металл углекислого газа компенсируется введением в состав сварочной проволоки избыточного содержания таких элементов как кремний и марганец. Эти элементы химически более активны, чем железо, поэтому, сначала они окисляются по реакциям:

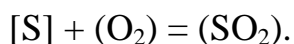


Таким образом, пока в зоне сварки в свободном состоянии присутствуют химически более активные кремний и марганец, то окисления железа и углерода не происходит. При сварке сталей качество сварных соединений обеспечивается при соотношении количества марганца к кремнию  $\text{Mn/Si} = 1,5 \dots 2$ . Образующиеся в оксиды кремния и марганца не растворяются в металле сварочной ванны, а образуя легкоплавкие соединения, которые быстро выводятся на поверхность жидкого металла в виде шлака, а после его кристаллизации – остаются на поверхности металла.

Для удаления из металла вредных примесей – газов, серы, фосфора и других, производится рафинирование (очистка). Наиболее опасными для сталей считаются сера и фосфор. При содержании в металле 0,01 % серы в процессе кристаллизации металла шва из раствора по границам зерен выделяется легкоплавкий сульфид железа  $\text{FeS}$ . От растягивающих напряжений при усадке металла в процессе его охлаждения прослойки, заполненные  $\text{FeS}$ , разрушаются и образуются горячие трещины. Таким образом, сера вызывает красноломкость стали – снижение ее прочности при высокой температуре. Процессы удаления серы из металла называют обессериванием (десульфурацией). Серу связывают в сульфиды, плохо растворимые в металле и хорошо в шлаке ( $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{MnS}$ ), вводя в шлак чистые элементы ( $\text{Al}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Ca}$ ) или их окислы ( $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ). При этом в шлаке, одновременно с раскислением, хорошо идут следующие реакции:

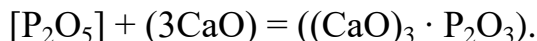


Можно также окислять серу, вводя в защитный газ кислород:



Образующийся при этом сернистый газ  $\text{SO}_2$  улетучивается в атмосферу.

В металле шва фосфиды преобразуются в оксид фосфора с одновременным восстановлением железа из закиси. Окончательно обесфосфоривание (дефосфорацию) производят с помощью окислов MnO, MgO, CaO, которые образуют с оксидом фосфора комплексные соединения, переходящие из металла в шлак:



Химические элементы необходимые для раскисления и рафинирования сварных швов, в необходимом количестве обычно подаются с присадочным материалом или с флюсом. Для полуавтоматической сварки малоуглеродистых сталей в углекислом газе, в основном используют сварочные проволоки марок Св-10ГС, Св-08Г2С, ГОСТ 2246-76. В проволоке содержится до 0,1 % С, около 1,0 % Si и до 2,0 % Mn.

Для сварки всех швов применяю проволоку Св-08Г2С как наиболее универсальную и широкоиспользуемую.

Таблица 2.17 Химический состав сварочной проволоки (ГОСТ 2246-76)

Марка проволоки	Химический состав, %								прочие элементы
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P	
Св-08Г2С	0,05-0,11	0,70-0,95	1,80-2,10	Не более 0,20	Не более 0,25	-	0,025	0,030	-

## 2.14 Определение сопротивляемости образованию горячих трещин

Для оценки сопротивляемости металла сварных соединений образованию горячих трещин могут быть применены расчетно-статистический или экспериментальный методы. Первый метод основан на использовании параметрических уравнений, составленных с помощью регрессионного анализа эмпирических данных, и применим только для тех сплавов, которые входят в концентрационные пределы изученных при сборе статистических данных композиций. Одно из таких параметрических уравнений (по Итамуре) применительно к низколегированным сварным швам имеет следующий вид:

$$HCS = \frac{C(S + P + Si/25 + Ni/100)1000}{3Mn + Cr + Mo + V} \quad (2.25)$$

H(T)CS (high temperature cracking sensitivity) – параметр, оценивающий склонность сварных швов к кристаллизационным горячим трещинам, по процентному соотношению C, S и других химических элементов сплава.

Считается, что, если для сталей с  $\sigma_s < 700 \text{ МПа}$ ,  $HCS > 4$ , то сварные швы потенциально склонны к горячим трещинам.

Произвожу оценку образования горячих трещин для стыкового шва обечайки:

При сварке кромки основного металла оплавляются и смешиваются с материалом сварочной проволоки

При полученных расчетных размерах сварочной ванны:

ширина провариваемой зоны  $b = 18$  мм.

глубина проплавления  $h = 8,7$  мм.

Форму проплавления считаю полукругом с радиусом  $r = b/2 \approx h \approx 9$  мм.

площадь полукруга  $S = \pi r^2 / 4 = 3,14 \cdot 9^2 / 4 = 63,6 \text{ мм}^2$

площадь зазора в стыке  $F_z = 31,5 \text{ мм}^2$

Площадь расплавляемого основного металла

$$F_{осн} = S - F_z = 63,6 - 31,5 = 32,1 \text{ мм}^2$$

Площадь поперечного сечения шва

$$F_n = 68,25 \text{ мм}^2$$

Площадь внесенного присадочного материала

$$F_{np} = F_n - F_{осн} = 68,25 - 32,1 = 36,15 \text{ мм}^2$$

Определяю процентное соотношение

$$F_{осн} = 100F_{осн} / F_n = 47\%$$

$$F_{np} = 100F_{np} / F_n = 53\%$$

То есть сварочной ванне образуется сплав, состоящий (без учета выгорания) из 47% стали ст.3 и 53% стали 08Г2С

Вычисляю состав сплава, результат свожу в Таблицу 2.18

Таблица 2.18

Марка проволоки		Химический состав, %								
		С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	As	S	P
СВ-08Г2С		0,05 – 0,11	0,70 – 0,95	1,80 – 2,1	до 0,20	до 0,25			до 0,025	до 0,030
Ст. 3		0,12 – 0,22	0,15 0,3	0,4 – 0,65	до 0,3	до 0,3	до 0,3	до 0,08	до 0,05	до 0,05
Сплав шва	от	0,0923	0,451	1,565						
	до	0,162	0,504	1,912	0,247	0,274	0,141	0,0376	0,032	0,032

Сплав шва

$HCS = 1,6611 < 4$  при минимумах концентраций элементов

$HCS = 2,4304 < 4$  при максимумах концентраций элементов

$HCS = 2,9819 < 4$  при худшем сочетании элементов

При выбранном для расчета содержания элементов, шов не склонен к горячим трещинам.

Материал швов соединений обечайки со стенкой и фланцами близок к рассчитанному. Считаю, что швы стенки и фланцев также не склонны к горячим трещинам.

## **2.15 Определение сопротивляемости образованию холодных трещин**

Формула углеродного эквивалента микролегированных сталей (по Дюрену), которая достаточно точно характеризует их склонность к образованию холодных трещин:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \text{Si}/25 + (\text{Mn} + \text{Cu})/16 + \text{Cr}/20 + \text{Ni}/20 + \text{Mo}/40 + \text{V}/15, \% \quad (2.26)$$

Стали, у которых  $C_{\text{ЭКВ}} \geq 0,45 \%$ , считаются потенциально склонными к образованию трещин.

Для рассматриваемого соединения:

$C_{\text{ЭКВ}} = 0,2455 < 0,45 \%$ , – сплав при минимумах элементов

$C_{\text{ЭКВ}} = 0,3321 < 0,45 \%$ , – сплав при худшем сочетании элементов

$C_{\text{ЭКВ}} = 0,3621 < 0,45 \%$ , – основной металл при худшем сочетании элементов

Считаю, что при имеющемся содержании элементов, шов и околошовный материал не склонен к холодным трещинам.

## **3. ДЕФЕКТЫ И КОНТРОЛЬ**

Ранее установлено, что швы конструкции не склонны к горячим и холодным трещинам поэтому специальных мероприятий по их выявлению и предотвращению не предусматриваю.

Для выявления возможных дефектов достаточно визуального контроля.

К возможным дефектам при подготовке и сборке, а также методам их предотвращения относятся:

### **3.1 Возможные дефекты деталей до сборки**

При сбоях работы режущей установки и при неправильном входе-выходе режущей струи на кромке детали могут образовываться локальные выступы. Впоследствии они могут нарушать геометрию конструкции. Перед сборкой детали все должны быть зачищены от неровностей кромки после резки

Наличие окалина и ржавчины в зоне сварки приводит к увеличению содержания кислорода в ванне шва и, как следствие, выгорание марганца и кремния, что приводит к снижению механических свойств шва. Окалина гигроскопична, как следствие – в ванну попадает избыточный водород, что приводит к порообразованию в шве и выгорание марганца и кремния. На расстоянии 20 мм. от

места сварки поверхности должны быть зачищены от окалины и ржавчины до чистого металла.

Дефекты вальцовки обечайки – Рисунок 3.15 несовпадение торцев кромки, Рисунок 3.16 «яблоко», «домик», приводят к искажению итоговой геометрии вальца. Необходимо исправить несовпадение кромок до сварки продольного стыкового шва, а «яблоко» и «домик» после. Для этого использовать силовое оснащение и оборудование – стяжные домкраты и лебедки, вальцовочную машину.

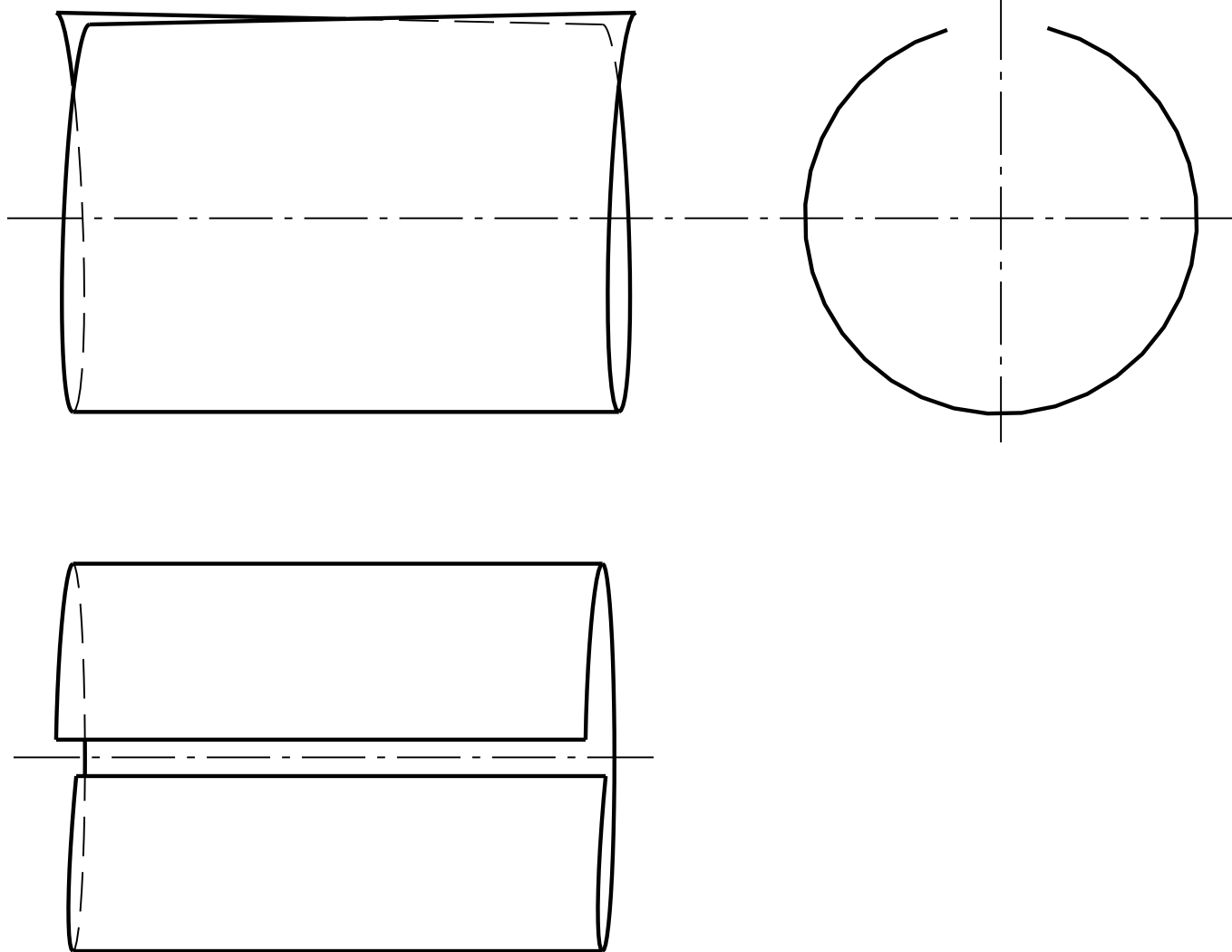


Рисунок 3.15



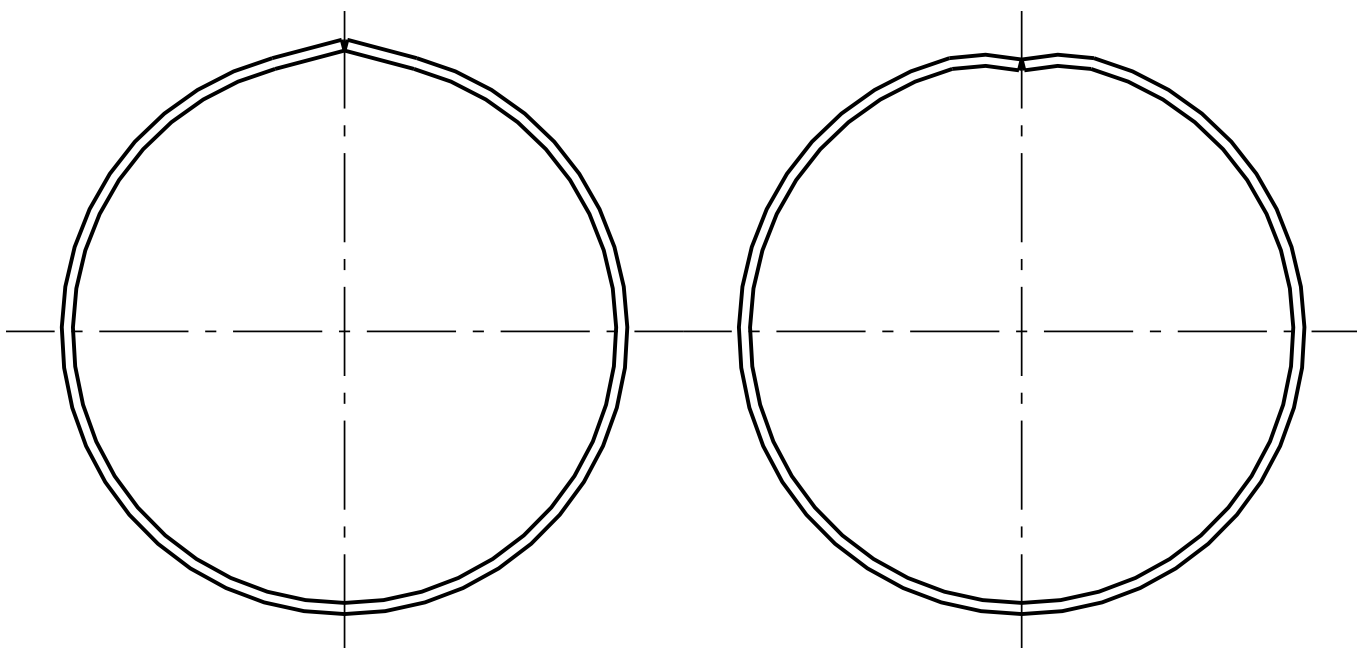


Рисунок 3.16

Внутренний грат продольного стыкового шва обечайки может повлиять на размер зазора при сварке обечайки и фланцев, а также к отклонениям геометрии при калибровке обечайки. Требуется зачистить его заподлицо с основным металлом.

### **3.2 Возможные дефекты сборки**

При установке стенки и катушки в обечайку возможно превышение допустимого отклонения линейного размера их положения от кромки обечайки, а также превышение отклонения их плоскости от перпендикулярности к оси обечайки. Это приведет к последующим проблемам при сборке вальца и установке навесных деталей и механизмов. Необходимо обеспечить их гарантированное положение при сборке.

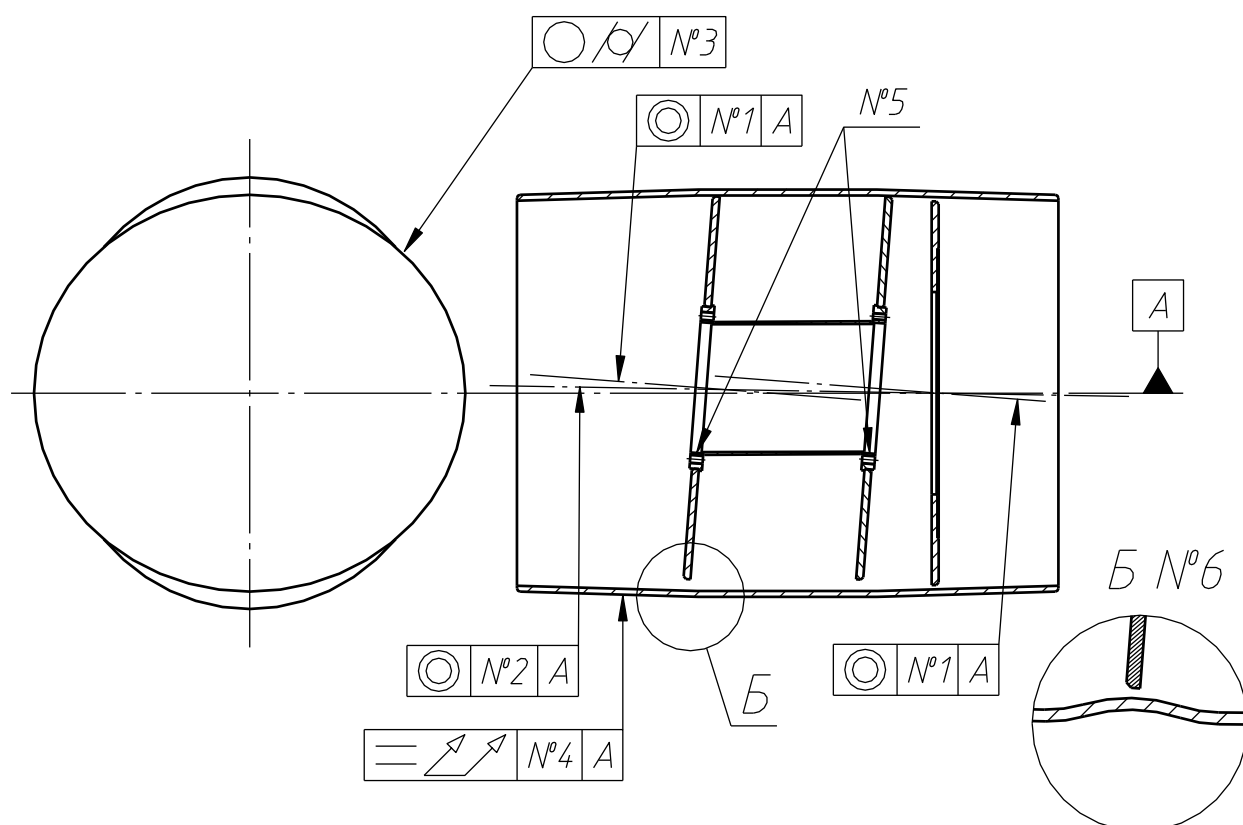


Рисунок. Схема отклонений от заданной формы и расположения

### 3.3 Возможные деформации

Сварочные деформации обечайки в зоне приварки стенки, создают на внешней поверхности обечайки местное кольцевое уменьшение диаметра обечайки – «пояс», что является сложно исправляемым дефектом. Требуется разработать мероприятия по предотвращению появления «пояса» – Рисунок 3.17

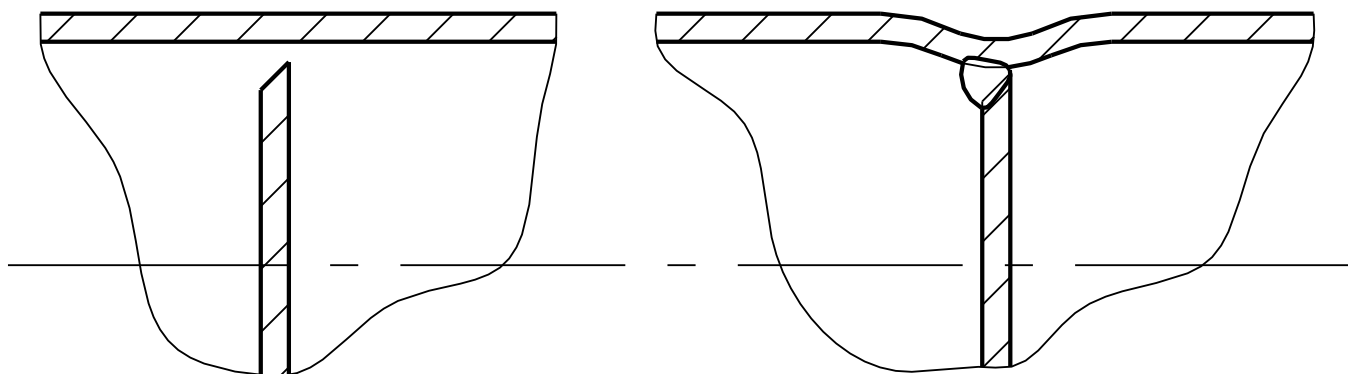


Рисунок 3.17

### **3.4 Возможные дефекты формы шва.**

При выполнении сварных соединений любыми методами сварки плавлением швы могут иметь неравномерную ширину и высоту, бугры, седловины, неравномерную высоту катетов в угловых швах

Неравномерная ширина швов образуется при неправильном движении электрода, зависящем от зрительно-двигательной координации (ЗДК) сварщика, а также в результате возникших отклонений от заданного зазора кромок при сборке.

Неравномерность выпуклости по длине шва, местные бугры и седловины получаются из-за недостаточной квалификации сварщика и, в первую очередь, объясняются особенностью ЗДК сварщика, неправильными приемами заварки прихваток.

Перечисленные дефекты формы шва снижают прочность соединения, являются концентраторами напряжений и косвенно указывают на возможность образования внутренних дефектов.

### **3.5 Возможные наружные дефекты**

К ним относят наплывы, подрезы, не заделанные кратеры, прожоги.

Наплывы – образуются в результате отека расплавленного металла электрода на нерасплавленный основной металл или ранее выполненный валик без сплавления с ним. Наплывы могут быть местными, в виде отдельных зон, а также значительными по длине. Наплывы возникают из-за: чрезмерной силы тока при длинной дуге и большой скорости сварки; неудобного пространственного положения (вертикальное, потолочное); увеличенного наклона плоскости, на которую накладывают сварной шов; неправильного ведения электрода или неверного смещения электродной проволоки; выполнения вертикальных швов вверх и недостаточного опыта сварщика.

Подрезы – представляют собой углубления (канавки) в основном металле, идущие по краям шва. Причинами образования этого дефекта являются: значительной силы ток и повышенное напряжение дуги; неудобное пространственное положение при сварке; небрежность сварщика.

Кратер – углубление, образующееся в конце шва при внезапном прекращении сварки.

Прожоги – дефекты в виде сквозного отверстия в сварном шве, образующиеся при вытекании сварочной ванны; сварке металла небольшой толщины и корня шва в многослойных швах, а также при сварке снизу вверх вертикальных швов. Причинами прожогов являются: чрезмерно высокая погонная энергия дуги, неравномерная скорость сварки, остановка источника питания, увеличенный зазор между кромками свариваемых элементов. Во всех случаях отверстие, возникающее

при прожогах, хотя и заделывается, однако шов в этом месте получается неудовлетворительный по внешнему виду и качеству.

### **3.6 Возможные внутренние дефекты**

К ним относят поры, шлаковые включения, непровары, несплавления и трещины.

Поры – в виде полости округлой формы, заполненной газом, образуются вследствие загрязненности кромок свариваемого металла, попадания влаги в зону сварки, недостаточной газовой защиты шва, увеличенной скорости и завышенной длины дуги.

Шлаковые включения в металле сварного шва — это небольшие объемы, заполненные неметаллическими веществами (шлаками, оксидами). Образуются в шве из-за плохой очистки свариваемых кромок от окалины и других загрязнений и чаще всего вследствие внутренних подрезов. Микроскопические шлаковые включения появляются в результате образования в процессе плавления некоторых химических соединений, остающихся в шве при кристаллизации. Оксидные пленки могут возникать при всех видах сварки. Причины их образования: загрязненность поверхностей свариваемых элементов; недостаточно хорошая квалификация сварщика и т.п.

Непровары – это дефект в виде местного несплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок или поверхностей ранее выполненных валиков.

Непровары в виде несплавления основного металла с наплавленным представляют собой тонкую прослойку оксидов, а в некоторых случаях – грубую шлаковую прослойку между основным и наплавленным металлом.

Причинами образования таких непроваров являются:

- плохая зачистка кромок свариваемых деталей от окалины, ржавчины, шлака, масла и других загрязнений;
- блуждание или отклонение дуги под влиянием магнитных полей, особенно при сварке на постоянном токе;
- чрезмерная скорость сварки, при которой свариваемые кромки не успевают расплавиться;
- значительное смещение электрода в сторону одной из свариваемых кромок, при этом расплавленный металл натекает на вторую нерасплавленную кромку, прикрывая непровар;
- неудовлетворительное качество основного металла, сварочной проволоки;
- плохая работа сварочного оборудования – колебания силы сварочного тока и напряжения дуги в процессе сварки;

– низкая квалификация сварщика.

Причинами образования непроваров в корне шва маленький зазор между кромками свариваемых деталей; большое сечение электрода или присадочной проволоки, укладываемой в разделку шва, что значительно затрудняет расплавление основного металла.

Трещины — частичное местное разрушение сварного соединения в виде разрыва

Образованию трещин способствуют следующие факторы:

- высокая скорость охлаждения;
- выполнение сварочных работ при низкой температуре;
- чрезмерное нагромождение швов для усиления конструкции (применение накладок и т.п.), в результате чего возрастают сварочные напряжения, способствующие образованию трещин в сварном соединении;
- наличие в сварных соединениях других дефектов, являющихся концентраторами напряжений, под действием которых в области дефектов начинают развиваться трещины.

Перечисленные дефекты швов выявляются визуально.

Выявленные дефекты устраняются разделкой абразивным диском на УШМ с последующей подваркой

Таким образом большая часть возможных дефектов зависит от квалификации сварщика, подготовки деталей перед сборкой и от мероприятий по контролю деталей перед сваркой и швов после..

### **3.7 Контроль качества**

Для выявления возможных дефектов назначаю комплекс действий по контролю изготовления вальца

#### **Полотно обечайки ванны перед вальцовкой**

Осмотреть внешние кромки детали, выявить выступающие недорезы и наплывы металла после резки, контролировать разделку скосов стыка, убедиться в произведенной зачистке околошовных поверхностей стыка и соединений с фланцами и стенкой на расстоянии не менее 20 мм. от места сварки.

Измерить длину полотна и перпендикулярность сторон.

Инструмент – фонарь переносной, линейка, угольник, рулетка, маркер.

#### **Обечайка ванны после вальцовки**

Осмотреть кромки стыка.

Убедиться в совпадении кромок стыка по торцу, по цилиндрической поверхности. Убедиться в соответствии зазора в стыке заданному.

Измерить отклонение конусности обечайки, при превышении допуска отметить для исправления, убедиться в отсутствии дефекта после исправления.

Убедиться в произведенной зачистке околошовной поверхности на расстоянии не менее 20 мм.

Убедиться в фиксации заданного положения кромок прихватками.

Контролировать полученный шов. Убедиться в зачистке окалины и брызги.

Контролировать герметичность шва.

Измерить диаметр ванны, убедиться в выполнении допуска формы

Инструмент – фонарь переносной, кронциркуль 500 мм. или калибр-скоба и штангенциркуль, линейка, маркер.

### **Ванна**

Контролировать посадку колец на обечайку

Контролировать взаимное положение отверстий ванны и колец

Контролировать размеры установки колец

Убедиться в фиксации заданного положения деталей прихватками.

Контролировать полученные швы. Убедиться в зачистке окалины и брызги.

Измерить заданные размеры, убедиться в соответствии чертежу.

Контролировать герметичность швов.

Инструмент – фонарь переносной, кронциркуль 500 мм. или калибр-скоба и штангенциркуль, линейка, маркер.

### **Стенка**

Осмотреть внешние кромки детали, проверить угол разделки под шов, убедиться в отсутствии выступающих недорезов и наплывов металла после резки, убедиться в произведенной зачистке околошовной поверхности на расстоянии не менее 20 мм.

Убедиться в отсутствии недопустимого изгиба стенки по плоскости.

Инструмент – фонарь переносной, линейка, угломер.

### **Катушка**

Контролировать посадку стенок на ванну

Контролировать взаимное положение отверстий ванны и стенок

Контролировать размеры установки стенок

Убедиться в фиксации заданного положения деталей прихватками и упорами.

Контролировать сборку бобышек и трубопроводов

Контролировать полученные швы. Убедиться в зачистке окалины и брызги.  
Контролировать герметичность швов бобышек и трубопроводов.  
Измерить заданные размеры, убедиться в соответствии чертежу.  
Инструмент – фонарь переносной, линейка, штангенциркуль.

### **Фланец**

Осмотреть внешние кромки детали, выявить выступающие недорезы и наплывы металла после резки, убедиться в произведенной зачистке околошовной поверхности на расстоянии не менее 20 мм.

Убедится в отсутствии недопустимого изгиба фланца по плоскости.

Инструмент – фонарь переносной, линейка, маркер.

### **Полотно обечайки перед вальцовкой**

Осмотреть внешние кромки детали, выявить выступающие недорезы и наплывы металла после резки, контролировать разделку скосов стыка, убедиться в произведенной зачистке околошовных поверхностей стыка и соединений с фланцами и стенкой на расстоянии не менее 20 мм. от места сварки.

Измерить длину полотна и перпендикулярность сторон.

Инструмент – фонарь переносной, линейка, угольник, рулетка, маркер.

### **Свальцованная обечайка вальца перед сваркой стыка**

Осмотреть кромки стыка.

Убедится в совпадении кромок стыка по торцу, по цилиндрической поверхности. Убедится в соответствии зазора в стыке заданному.

Убедиться в фиксации заданного положения кромок прихватками.

Измерить отклонение конусности обечайки, при превышении допуска отметить для исправления, убедиться в отсутствии дефекта после исправления.

Убедится в произведенной зачистке околошовной поверхности на расстоянии не менее 20 мм.

Инструмент – фонарь переносной, кронциркуль 1300 мм. или калибр-скоба и штангенциркуль, линейка, маркер.

### **Стыковой шов обечайки вальца.**

Контролировать корневой проход и удаление прихваток.

Осмотреть шов после сварки.

Убедится в соответствии размеров шва, в отсутствии дефектов шва, при наличии выделить их маркером.

Убедится в разделке места дефекта перед исправлением, убедиться в отсутствии дефекта после исправления

Осмотреть шов после зачистки с обеих сторон. Убедиться в выполнении требования совпадения поверхности зачищенного металла с поверхностью основного. Убедиться в отсутствии сварочных подрезов и зарезов от круга. При наличии отметить для исправления. Убедиться в отсутствии после исправления.

Инструмент – фонарь переносной, линейка, маркер, контрольные образцы.

### **Обечайка вальца после сварки и калибровки**

Осмотреть поверхность обечайки в зоне стыкового шва. Убедиться в отсутствии недопустимых деформаций типа «яблоко» и «домик»

Измерить отклонение диаметра в сечениях установки стенки и фланцев.

При превышении допуска отметить дефектные места маркером для исправления.

После исправления повторить осмотр

Инструмент – фонарь переносной, кронциркуль 1200 мм. или калибр-скоба и штангенциркуль, маркер, контрольные образцы.

### **Установка катушки под сварку**

Осмотреть собранную под сварку конструкцию. Убедиться в прилегании стенки к внутренней поверхности обечайки по всей линии прилегания.

Измерить линейное положение стенки от торца обечайки и отклонение от перпендикулярности к оси обечайки, измерить отклонение наружного диаметра обечайки в месте установки стенки.

Выявленные отклонения отметить для исправления. После исправления осмотреть повторно.

Убедиться в соединении фланца равноудаленными прихватками не менее 8 шт. по 30 мм. Наблюдать последовательность их наложения – «звездочкой».

Инструмент – фонарь переносной, кронциркуль 1300 мм. или калибр-скоба и штангенциркуль, маркер.

### **Швы соединения стенок катушки с обечайкой**

Осмотреть шов после сварки

Убедиться в соответствии размеров шва, в отсутствии дефектов шва. При наличии выделить их маркером.

Убедиться в разделке места дефекта перед исправлением, убедиться в отсутствии дефекта после исправления

Инструмент – фонарь переносной, линейка, маркер, контрольные образцы.

### **Установка фланца под сварку**



Осмотреть собранную под сварку конструкцию. Убедится в прилегании фланца к внутренней поверхности обечайки по всей линии прилегания.

Измерить линейное положение фланца от торца обечайки и отклонение от перпендикулярности к оси обечайки, измерить отклонение наружного диаметра обечайки в месте установки стенки.

Выявленные отклонения отметить для исправления. После исправления осмотреть повторно.

Убедится в соединении фланца равноудаленными прихватками не менее 8 шт. по 30 мм. Наблюдать последовательность их наложения – «звездочкой».

Инструмент – фонарь переносной, кронциркуль 1300 мм. или калибр-скоба и штангенциркуль, маркер.

### **Установка фланца в обечайку**

Осмотреть шов после сварки

Убедится в соответствии размеров шва, в отсутствии дефектов шва. При наличии выделить их маркером.

Убедится в разделке места дефекта перед исправлением, убедится в отсутствии дефекта после исправления

Инструмент – фонарь переносной, линейка, маркер, контрольные образцы.

### **Установка строповочных ушей**

Осмотреть уши, убедиться в отсутствии дефектов

Контролировать зачистку мест сварки

Контролировать положение ушей в обечайке перед сваркой

Контролировать швы

Инструмент – фонарь переносной, линейка, маркер, контрольные образцы.

### **Валец в сборе**

Контролировать заданную геометрию и отсутствие дефектов

## **4. ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА**

### **4.1 Определение исходных условий**

Ранее определено суммарное машинное время сварки вальца

$$t_{\Sigma} = 1,36 \text{ ч.} = 81,5 \text{ мин.}$$

Два вальца, заданных для изготовления в смену

$$2 \cdot t_{\Sigma} = 2 \cdot 1,36 \text{ ч.} = 2,72 \text{ ч.} = 163,2 \text{ мин.} = 2 \text{ ч.} 43,2 \text{ мин.}$$

Кроме того выполняются прихватки ~ 30 мин.

Всего сварочных и прихваточных операций – 17 на один валец, 34 на два (на смену).

Кроме сварочных операций за смену на участке выполняются:

Зачистная – 10 операций  $\times 2 = 20$ ;

Сборочная – 11 операций  $\times 2 = 22$ ;

Разметка – 3 операции  $\times 2 = 6$ ;

Контроль – 15 операций  $\times 2 = 30$ ;

Комплектовочная и транспортно-складская – 21 операция  $\times 2 = 41$ ;

То есть для сварочных работ достаточно одного рабочего места сварщика.

Всего свариваются сборки/соединения:

– Обечайка ванны, обечайка вальца – после предварительной вальцовки.

Изделие в горизонтальном положении, нижнее положение шва

– Сборка ванны – изделие в горизонтальном положении, поворотный шов.

– Сборка катушки – изделие в вертикальном положении, нижнее положение шва с переворотом на вторую сторону

– Сборка вальца – установка обечайки в вертикальное положение, установка в нее катушки, переворот на обратную сторону, установка фланца, поворот горизонтально, установка ушей.

То есть на рабочем месте сварщика должно быть не менее 2х сборочно-сварочных рабочих мест. На одном выполняется сварка, на втором подготавливается под сварку следующее изделие. Учитывая неполную занятость сварщика по машинному времени, возможна его загрузка работами по другим изделиям. Считаю, что на участке должно быть 4 сборочно-сварочных рабочих места.

Для выполнения слесарных и сборочных операций и транспортно-складских операций внутри участка и операций по комплектации, необходимо 2 слесаря по сборке металлоконструкций с выполнением стропольно-такелажных работ.

Требуется предусмотреть место для переворота конструкций и его механизацию.

По условиям работы заготовительного и обрабатывающего производства, на участке может находиться различное количество комплектующих и изделий, подготовленных для передачи на другие участки и полученные от них. Требуется предусмотреть места и оснащение для их складирования. Складские и транспортные операции выполняют слесаря участка

Контрольные работы на участке – эпизодичны, постоянного контролера и отдельного рабочего места не требуется. Операции выполняет работник службы технического контроля цеха – по готовности изделия к контролю. Инструмент для контроля – используемый слесарями на участке. Место контроля – сборочно-сварочные рабочие места участка

## 4.2 Вспомогательное оборудование и оснащение

Для размещения и закрепления свариваемых деталей и приспособлений предусматриваются сборочно-сварочные плиты с Т-образными пазами, размером от 1500х1500 мм.

Для переворота вальца потребуются наличие свободного места и противоударное покрытие пола в зоне, предназначенной для переворота.

Для перемещений деталей и приспособлений, для технологических переворотов вальца на участке необходим грузоподъемный механизм оснащенный грузозахватными стропами и специальным приспособлением для переворота изделия. Для перемещения деталей на уровне пола, предусматриваю гидравлическую тележку-рохлю г.п. 1,5т.

Для ориентации катушки в обечайке потребуются технологический упор-подставка

Для доступа сварщика и рабочих к месту сварки требуется передвижная лестница-эстакада высотой подъема до 2 м.

Для обеспечения перемещений подающего механизма ПДГО-510 к сборочно-сварочным рабочим местам участка, предусматривается тележка с консолями под провода и шланг.

Сборочно-установочные приспособления – регулируемые подставки, домкраты, клинья.

Для хранения сборочно-сварочных приспособлений требуется стеллаж.

Для складирования крупногабаритных заготовок требуется предусмотреть площадку

Для безопасного хранения запаса защитного газа на участке предусматривается рампа для установки и закрепления баллонов, на 3 баллона.

Для совмещения стыка обечайки вальца требуется приспособление для силового воздействия.

Для освещения места сборки и сварки предусматривается переносной светильник, работающий от безопасного напряжения.

Для вентиляции места работы сварщика предусматривается мобильный вентилятор.

Для защиты от излучения и брызги предусмотрены экраны.

Слесарное оснащение включает в себя слесарный верстак с тисками, углошлифовальные машины и инструмент для работы с приспособлениями.

Для размещения инструмента и приспособлений предусматривается стеллаж.

Для настройки приспособлений и контроля геометрии вальца предусматривается измерительный инструмент – рулетка, глубиномер и специальный штангенциркуль обеспечивающий охват обечайки, либо калибр-скоба соответствующего размера.

### 4.3 Планировка оборудования и рабочих мест

Планировка – фактическое размещение оборудования и рабочих мест на цеховой площади, пространства, необходимого для передвижения подсобных рабочих, перемещение материалов и их складирования, а также вспомогательных служб по обслуживанию производственного персонала и оборудования.

Размер участка в основном зависит от средней площади, занимаемой одним Сварочным постом ( $S_1$ ) и вспомогательным оснащением

Габариты сварочного поста – 4х4 м.  $S_1 = 16 \text{ м}^2$ .

Сварочные посты располагаются по ходу технологического процесса, оборудование располагается у колонн в один ряд. На рабочее место отводится по 800 мм по фронту оборудования. Особо важное значение для повышения производительности труда имеет место рационального планирования и организация рабочего места, при которой устраняются потери времени на зигзагообразное движение детали в цехе, неудобные положения рабочего во время обработки детали на станке.

При монтаже, демонтаже или ремонте оборудования для перемещения деталей использована кран-балка грузоподъемностью 3,2 тонны.

Перевозка заготовок и готовых деталей по территории цеха осуществляется внутрицеховым транспортом по проездам цеха. В качестве цехового транспорта используются электрокары.

Общая высота здания определяется по формуле:

$$H = H_1 + h \text{ [м]} \quad (4.1),$$

где:  $H_1$  = расстояние от пола до головки транспортного рельса, м;

$h$  – расстояние от головки рельса до нижней выступающей части верхнего перекрытия или до нижней точки строительной затяжки, м.

Величина  $H_1$  определяется по формуле:

$$H_1 = n + z + e + t + c \text{ [м]} \quad (4.2),$$

где:  $n$  – высота наиболее высокой детали;

$z$  – промежуток между транспортируемым изделием поднятым в верхнее положение и верхней точкой наиболее высокой детали;

$e$  – высота наибольшего изделия в положении транспортирования;

$t$  – расстояние от верхней кромки наибольшего транспортируемого изделия до центра крючка крана в верхнем положении;

$c$  – расстояние от предельного верхнего положения крючка до горизонтальной прямой проходящей через вершину головки рельсы, м.

$n = 4,7 \text{ м}; e = 1 \text{ м}; t = 1 \text{ м}; c = 0,6 \text{ м};$

$H_1 = 4,7 + 0,5 + 1 + 1 + 0,6 = 7,8 \text{ м}.$

Высоту  $h$  определяю по формуле:

$$h = A + m \text{ [м]} \quad (4.3)$$

где:  $A$  – габаритная высота крюка, м;

$m$  – расстояние между верхней точкой крана и нижней точкой перекрытия.

$$h = 2,1 + 0,2 = 2,3 \text{ м.}$$

Представленные значения подставляю в формулу (4.2) и получим общую высоту здания:

$$H = 7,8 + 2,3 = 10,1 \text{ м.}$$

Высоту помещения округляю до стандартного значения по [1], табл. 40 с. 109.

$$H = 10,3 \text{ м.}$$

Общая высота здания с учетом перекрытий 12 м.

Согласно рекомендаций [6] выполняю чертеж планировки участка.

Оборудование на участке располагаю с учетом хода технологического процесса, чтобы обеспечить минимальное число возвратов и пересечений путей движения деталей по участку.

Ширина проездов между участками 2,5...3 м.

На планировке цеха показываю:

- место рабочего,
- площади для контролеров,
- место мастеров,
- кран балки и мостовые краны,
- вспомогательное оснащение,
- пожарные краны.

#### 4.4 Квалификация рабочих

По Единому Тарифно Квалификационному Справочнику определяю требуемую квалификацию рабочих.

Рабочий персонал сварочного участка – сварщик и 2 слесаря по сборке металлоконструкций.

§ 51. ЕТКС 2025. **Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах, 3-й разряд**

Характеристика работ: Автоматическая и механизированная сварка во всех пространственных положениях сварного шва средней сложности аппаратов, узлов, деталей, конструкций и трубопроводов из углеродистых и конструкционных сталей. Обслуживание установок для сварки конструкций.

Что должен знать: устройство применяемых сварочных полуавтоматов, и источников питания; свойства и назначения сварочных материалов; основные виды контроля сварных швов; правила выбора сварочных материалов; причины

возникновения внутренних напряжений и деформаций в свариваемых изделиях и меры их предупреждения; правила установки режимов сварки по заданным параметрам.

Примеры работ. На полуавтоматических машинах: Сварка Барабаны битерные и режущие, передние и задние оси тракторного прицепа, дышла и рамы комбайна и хедера, шнеки, жатки, граблина и мотовила. Боковины, переходные площадки, подножки, каркасы и обшивка вагонов. Детали каркасов кузова грузовых вагонов. Катки опорные. Кожухи в сборе, котлы обогрева. Комингсы дверей, люков, горловин. Кузова автосамосвалов. Станины станков малых размеров. Стойки, бункерные решетки, переходные площадки, лестницы, перила ограждений, настилы, обшивка котлов. Трубы дымовые высотой до 30 м и вентиляционные из листовой углеродистой стали. Трубы связные дымогарные в котлах и трубы пароперегревателей. Трубопроводы безнапорные для воды (кроме магистральных). Трубопроводы наружных и внутренних сетей водоснабжения и теплофикации - сварка в стационарных условиях.

#### **§ 140. ЕТКС 2025. Слесарь по сборке металлоконструкций, 3-й разряд.**

Характеристика работ. Сборка узлов металлоконструкций средней сложности под сварку по чертежам и эскизам с применением универсальных приспособлений, а также сборка сложных узлов металлоконструкций с применением универсально-сборочных и специальных приспособлений и шаблонов. Разметка мест под установку простых базовых деталей и узлов металлоконструкций. Сборка сложных металлоконструкций совместно со слесарем и электросварщиком более высокой квалификации. Правка деталей и узлов металлоконструкций средней сложности. Гидравлические и пневматические испытания узлов металлоконструкций средней сложности, работающих под давлением.

Что должен знать: способы разметки мест под установку базовых деталей и узлов металлоконструкций; конструктивное устройство приспособлений, применяемых при сборке; государственные стандарты на применяемые материалы; систему допусков, посадок и обозначения их на чертежах; требования, предъявляемые к выполняемым работам; правила работы с газорезаком и электросварочным аппаратом; последовательность и способы сборки на сборочных стеллажах и по кондукторам-копирам; сортамент и марки сталей.

Примеры работ Аппараты низкого давления с разъемными соединениями - сборка. Баки нефтяные - изготовление и сборка. Баки цилиндрические и другие сосуды, работающие под давлением свыше 5 до 15 МПа (50 до 150 кгс/кв. см) - сборка и гидравлическое испытание. Балки двутавровые для монорельсов - сборка. Ванны прокатного оборудования и масляных редукторов, ковши разливочные различной вместимости - сборка под сварку. Изоляция коллекторов - изготовление и сборка деталей. Конвейеры пластинчатые и подвесные - сборка

металлоконструкций. Корпуса противовесов - сборка под сварку. Лестницы, площадки, прогоны, стенки бункеров, настилы, перила металлические из труб и тройников, тормозные листы, ограждения, скользящие опоры, решетки - сборка. Обечайки цилиндрические и конические из листового металла - гибка. Отстойники, мерники, сборники - сборка. Плиты фундаментные - сборка. Решетки жалюзийные, настилы для проемов, прутковые стойки для крепления кондукторов, кондуктора для анкерных болтов - сборка. Стержни двутаврового сечения - сборка металлоконструкций. Фермы - сборка по копиру.

Таким образом, при планировке были учтены следующие требования:

- наиболее выгодное расположение участка в составе цеха;
- максимальное сокращение перемещения детали;
- учтены производственные и естественные интересы производственных рабочих.

## **5. ОТиТБ**

Для обеспечения безопасности выполнения работ на участке, используется следующая документация:

ИОТ №101 – Инструкция сварщика при работе полуавтоматической сваркой в среде защитных газов

ИОТ №102 – Инструкция слесаря механосборочных работ

ИОТ №103 – Инструкция слесаря-зачистника

ИОТ №104 – Инструкция стропальщика

ИОТ №105 – Инструкция оператора ГПМ

ИОТ №106 – Инструкция транспортного рабочего

ИОТ №107 – Инструкция работника склада металла и деталей

ИОТ №108 – Инструкция контролера сварочных работ

Для работы на участке рабочие должны пройти обучение и получить следующие документы:

Удостоверение стропальщика

Удостоверение по безопасной работе с газами и сосудами

Удостоверение допуска 3 гр. электробезопасности – электротехнологической.

Плановые ежегодные инструктажи:

Инструктажи

Инструкция по пожарной безопасности

Инструкция по оказанию первой помощи.

Для допуска к работам рабочие должны проходить ежегодный медицинский профосмотр.

## 6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ.

По полученным параметрам производственного процесса сварки вальца, оформляю технологическую документацию – маршрутную карту, операционные карты на сварочные операции, карты эскизов сварочных операций.

Приложение.

## 7. Расчет себестоимости изготовления вальца

Заданная программа выпуска	2 шт. в смену,
в месяц	$22 \cdot 2 = 44$ шт.
Годовая программа	$44 \cdot 12 = 528$ шт.
Общая масса вальца	1920 кг
Расход технологических материалов рассчитан в п.2.10:	
Сварочная проволока	$m_{\text{пр}} = 10,3$ кг.
Суммарный объемный расход газа на валец	$V_2 = 2826$ л. = $1,21$ м <sup>3</sup>
Расход энергии	$W = 54,4$ кВт·ч.

### Определение нормы времени и расхода материала на изготовление вальца

При раскрое листового на крупноразмерные детали круглой формы, КИМ не превышает 0,75

При раскрое прямоугольного полотна обечайки КИМ = 0,9

Прочие детали КИМ = 0,8

С учетом масс деталей, на резку комплекта вальца, средний КИМ = 0,85

Таким образом, для изготовления металлоконструкции вальца требуется

$$1920 / 0,85 = 2259 \text{ кг. стали.}$$

Суммарный отход металла

$$2259 - 1920 = 339 \text{ кг.}$$

Суммарное машинное (основное) время сварки (время горения дуги) рассчитано в п.2.9:

$$t_{\text{ос/св}} = 1,36 \text{ ч.} = 81,5 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время сварки вальца



В картах сборника [11] приведено штучное время ( $t_{шт}$ ) в стационарных условиях и рассчитано по формуле

$$t_{шт} = (t_{ос} + t_{всн} + t_{об.н}) \cdot K, \text{ мин}, \quad (7.1)$$

Время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности. Оно включено в процентах от оперативного времени. На полуавтоматическую сварку  $t_{об.н} = 12 \%$ ;

$$t_{об.н} = 1,36 \cdot 0,12 = 0,16 \text{ ч.} = 9,8 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, связанное с изделием и типом оборудования, которое включает затраты: на клеймение шва, на установку и снятие щитов, на крепление, перемещение, установку, снятие и поворот изделий, на перемещение сварщика в процессе работы, на намотку сварочной проволоки в кассеты (карты 78 – 85); с учетом поправочных коэффициентов на измененные условия работы (карты 87 – 91) :

$$t_{всн} = 0,26 + 0,4 \cdot 17 + 7,06 + 0,32 + 0,20 + 17 = 31,4 \text{ мин}$$

время изготовления (сварки) вальца:

$$t_{шт.} = t_{ос} + t_{всн} + t_{об.н} = 88,5 + 31,4 + 9,8 = 129,7 \text{ мин}$$

Для мелкосерийного типа производства следует применять поправочный коэффициент  $K = 1,2$

Штучное время на сварку

$$t_{шт/св.} = 129,7 \cdot 1,2 = 156 \text{ мин.} = 2 \text{ ч.} 36 \text{ мин.}$$

### **Затраты на основную заработную плату основных производственных рабочих**

Основная заработная плата состоит из тарифной части и премии.

ЗП<sub>нч</sub>- зарплатная стоимость 1 нормо-часа (300-350 руб.).

Тарифная заработная плата основных производственных рабочих.

$$t_{шт.} = 2,6 \text{ ч}$$

$$ЗП_{тарифн} = 2,6 \cdot 350 = 910 \text{ р.}$$

Расчет основной заработной платы производственных рабочих осуществляется по формуле:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{тарифн} \cdot K_1 \quad (7.2)$$

где  $K_1$  – коэффициент, учитывающий доплаты и премии,  $K_1 = 1,42$  (42%)

$$ЗП_{осн} = 910 \cdot 1,42 = 1292,2 \text{ р.}$$

### **Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих**

Она в основном предназначена для оплаты отпусков и определяется следующим образом

$$ЗП_{доп} = ЗП_{осн} \cdot K_2 \quad (7.3)$$

Где  $K_2$  – коэффициент, учитывающий начисления на отпуск,  $K_2 = 0,1$  (10%)

$$ЗЗП_{\text{доп}} = 1292,2 \cdot 0,1 = 129,22 \text{ р.}$$

### **Страховые взносы**

Страховые взносы включают в себя обязательные фиксированные отчисления работодателем денежных средств, определяемых в процентах от величины фонда заработной платы в Пенсионный фонд РФ (ПФР), в фонды обязательного медицинского (ФОМС) и социального страхования (ФСС).

Общий процент страховых взносов принимаем равным 31,7% и рассчитываем размер страховых взносов следующим образом

$$ОС = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot К_3 \text{ р./дет} \quad (7.4)$$

где  $К_3$  – коэффициент, учитывающий отчисления в страховые фонды и страхование от несчастных случаев,

$$ОС = (1292,2 + 129,22) \cdot 0,317 = 450,59 \text{ р.}$$

$$С_{30} = ЗЗП_{\text{осн}} + ЗЗП_{\text{доп}} + ОС = 1292,2 + 129,22 + 450,59 = 1872,01 \text{ р.}$$

### **Общепроизводственные (цеховые) расходы**

Общепроизводственные (цеховые) расходы включают в себя все расходы, связанные с обслуживанием осуществляемого техпроцесса/исследования. Принимаю размер общепроизводственных расходов в среднем 120% от общей суммы основной и дополнительной зарплат:

$$ЦР = 1,2 \cdot (ЗЗП_{\text{осн}} + ЗЗП_{\text{доп}}) = 1,2 \cdot (1292,2 + 129,22) = 1447,26 \text{ р.}$$

### **Затраты на основной материал**

Стоимость ст.3  $С_{\text{ст}} = 90000 \text{ р./т.}$

Затраты на металл для изготовления вальца

$$2,259 \cdot 90000 = 203310 \text{ р.}$$

Стоимость приема металлолома (средняя)  $С_{\text{мл}} = 10000 \text{ р./т.}$

$$0,339 \cdot 10000 = 3390 \text{ р.}$$

Материальные затраты на металл

$$С_M = С_{\text{ст}} - С_{\text{мл}} = 203310 - 3390 = 199920 \text{ р.}$$

### **Затраты на материалы для технологических целей**

Стоимость катушки (18 кг) сварочной проволоки Св08Г2С 1,6 мм. – 3000 р.

Стоимость 1 кг. сварочной проволоки

$$3000 / 18 = 166,7 \text{ р.}$$

Стоимость 10,3 кг.

$$С_{\text{сп}} = 10,3 \cdot 166,7 = 1716,7 \text{ р.}$$

Стоимость заправки (40л./24кг.) баллона углекислого газа – 800 р.

Расход одного баллона на количество свариваемых вальцев: 10 шт.

Стоимость защитного газа на один валец

$$C_{зг} = 800 / 10 = 80 \text{ р.}$$

Стоимость затрат на материалы для технологических целей

$$C_T = C_{сп} + C_{зг} = 1716,7 + 80 = 1796,7 \text{ р.}$$

### **Затраты на потребляемую энергию**

а) затраты на силовую (технологическую) электроэнергию

$$З_{эл} = \frac{N_y \cdot t_{шт.} \cdot K_c \cdot K_{п.}}{60 \cdot КПД} \cdot Ц_{эл}, \quad (7.5)$$

где  $N_y$  – мощность оборудования,  $K_c$  – коэффициент использования оборудования по мощности и времени;  $t_{шт.}$  – время работы оборудования при изготовлении одной детали, мин./шт;  $Ц_{эл}$  – цена 1 кВт·ч, р./кВт·ч;  $K_{п.}$  – коэффициент потерь электроэнергии в сети (1,04-1,08); КПД – коэффициент полезного действия аппарата (0,81)

Мощность сварочного аппарата  $N_{y/св} = 54,4$  кВА,

Принимаю

$K_c = 0,7$ ;  $Ц_{эл} = 5$  р./кВт·ч;  $t_{oc/мо.} = 73,3$  мин ;  $t_{oc/св} = 81,5$  мин.

$$З_{эл/св} = \frac{40 \cdot 81,5 \cdot 0,8 \cdot 1,05}{60 \cdot 0,81} \cdot 5 = 281,73 \text{ р.}$$

### **Амортизационные отчисления**

Амортизация представляет собой процесс переноса по частям стоимости основных средств по мере их физического или морального износа на себестоимость выпускаемой продукции.

Размер амортизационных отчислений определяется по формуле

$$З_{ам.обор.} = K_{об} \cdot H_{ам} \cdot \frac{\mu}{V_{парт} \cdot 100} \quad (7.6)$$

Где  $K_{об}$  – капитальные вложения в оборудование;  $H_{ам}$  – годовая норма амортизации, зависит от группы оборудования, принимаем усредненную  $H_{ам} = 10\%$  в год;  $\mu$  – коэффициент загрузки оборудования, используемого в техпроцессе,

$$\mu = t \cdot \frac{V_{парт}}{\Phi_{об}},$$

где  $t$  – сумма трудоемкостей изготовления одной детали по операциям (из табл. 1) нормо-ч;  $V_{парт}$  – 528 шт. в течение года с учетом коэффициента потерь при разрушающем контроле и др.;  $\Phi_{об}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования при двухсменном режиме работы,  $\Phi_{об} = 1790$  ч/год

$$\mu = 3,14 \cdot \frac{528}{1790} = 0,93$$

При стоимости сварочного аппарата ВДУ505 200000 р.

$$З_{\text{ам.обор.}} = 200000 \cdot 10 \cdot 0,93 / (528 \cdot 100) = 35,23 \text{ р.}$$

### **Затраты на текущий ремонт и обслуживание оборудования**

Они определяются следующим образом

$$З_{\text{тек.рем.об.}} = K_{\text{об}} \cdot N_{\text{тр}} \cdot \frac{\mu}{V_{\text{парт}} \cdot 100} \text{ р./дет} \quad (7.7)$$

где  $N_{\text{тр}}$  – норма расхода на текущий ремонт оборудования,  $N_{\text{тр}} = 5\%$  в год.

$$З_{\text{тек.рем.об.}} = 200000 \cdot 5 \cdot 0,93 / (528 \cdot 100) = 17,61 \text{ р.}$$

### **Технологическая себестоимость**

Свожу рассчитанные данные в таблицу (калькуляцию) технологической себестоимости техпроцесса (наименование в соответствии с темой дипломного проекта)

Таблица 7.1 – Калькуляция технологической себестоимости техпроцесса изготовления базового вальца

№ п/п	Статья затрат	р./дет	Удельный вес в структуре затрат, %
1.1	Основные и вспомогательные материалы	201716,7	96,55
1.2	Затраты на потребляемую энергию	281,73	0,13
1.3	Зарплата основных производственных рабочих	3434,27	1,64
1.4	Дополнительная зарплата основных производственных рабочих	129,22	0,06
1.5	Страховые взносы	1872,01	0,90
1.6	Амортизация оборудования (амортизационные отчисления)	35,23	0,02
1.7	Текущий ремонт и обслуживание оборудования	17,61	0,01
1.8	Общепроизводственные (цеховые) расходы	1447,26	0,69
Итого технологическая себестоимость вальца		208934,03	100

Величина технологической себестоимости по данному техпроцессу составляет 208934,03 руб., наибольший удельный вес вносит статья затрат – Основные и вспомогательные материалы (96,55%), и зарплата основных производственных рабочих (1,64%) в общей сумме технологической себестоимости, данные статьи затрат являются преобладающими так как процесс является металлоемким и выполняется в цеховых (заводских) условиях с высокой производительностью труда.

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Технология механизированной дуговой и электрошлаковой сварки. Каховский Н.И., Готальский Ю.Н., Патон В.Е., Трущенко А.А. – М. «Высш. школа», 1977 г.
2. Разработка технологического процесса сварки. Учебно-методическое пособие к выполнению практических работ, курсового проекта. Файрушин А.М. и др. Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2008
3. Красовский А.И. Основы проектирования сварочных цехов: Учебник для вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». – 4-е изд, перераб. – М.: Машиностроение, 1980. – 319 с., ил.
4. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.
5. Обработка металлов резанием: Справочник технолога /А. А. Панов, В. В. Аникин и др.; Под общ. ред. А. А. Панова. – М.: Машиностроение. 1988. – 736 с.
6. Справочник конструктора дорожных машин. Под ред. Бородачёва И.П. М. Машиностроение. 1965. – 725 с.
7. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 1. 8-е изд. перераб. и доп. Под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
8. Теория сварочных процессов: Учебник для вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства» /В.В. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др/ Под ред. В.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1988. – 559 с.
9. Теоретические основы сварки: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Оборудование и технология сварочного производства»/В.В. Фролов, В.А. Винокуров, В.Н. Волченко и др./ Под ред. В.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1970. – 592 с.
10. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на дуговую сварку в среде защитных газов. Центральное бюро нормативов по труду Государственного комитета СССР по труду и социальным вопросам. Москва Экономика. 1989.

# **ПРИЛОЖЕНИЯ**