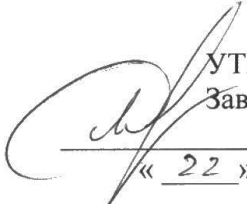



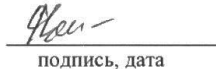

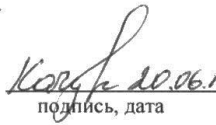
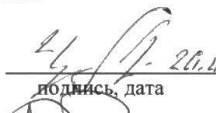

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Кафедра «Машиностроение»

 УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.И. Демченко  
« 22 » 06 2016г.

## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ НАПЛАВКИ БИЛ МОЛОТКОВЫХ МЕЛЬНИЦ  
Пояснительная записка

Руководитель	 подпись, дата	<u>доц. К.С.Н.</u> должность, ученая степень	<u>В.А. Падар</u> инициалы, фамилия
Выпускник	 подпись, дата		<u>Р.В. Елкин</u> инициалы, фамилия
Рецензент	 подпись, дата	<u>преф. К.С.Н.</u> должность, ученая степень	<u>А.А. Тихонов</u> инициалы, фамилия
Консультанты: Организационно- экономический раздел	 подпись, дата	<u>с.и.ч. Чурбакова</u> должность, ученая степень	<u>Е.Е. Качуровская</u> инициалы, фамилия
Раздел безопасность и экологичность проекта	 подпись, дата	<u>доцент, К.С.Н.</u> должность, ученая степень	<u>О.В. Чурбакова</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролер	 подпись, дата	<u>ст. преподаватель</u> должность, ученая степень	<u>С.Л. Бусыгин</u> инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.И. Демченко  
« 22 » 06 2016г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
В ФОРМЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Студенту Елкину Р.В.  
Группа ЗМТ 10-05 Направление (специальность) 150202.65 - «Оборудование и технология сварочного производства»

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка технологии и оборудования для наплавки бил молотковых мельниц»

Утверждена приказом по университету № 4280/с от 29.03.2016

Руководитель ВКР: В.А. Падар, ПИ СФУ, доцент  
(инициалы, фамилия, место работы и должность)

Исходные данные для ВКР: 1. Чертеж изделия; 2. Программа выпуска; 3. Технические условия на изготовление

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР):

1. Введение
2. Патентно-литературный обзор
3. Технологический раздел
4. Конструкторский раздел
5. Исследовательский раздел
6. Экономический раздел
7. Раздел охрана труда и техники безопасности

Перечень графического или иллюстрированного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

1. Чертеж изделия;
2. Технологический лист (А1);
3. Установка бил;
4. Стол поворотный;
5. Кокольное устройство;
6. Исследовательский лист;

Консультанты по разделам

Наименование раздела ВКР	Инициалы, фамилия преподавателя-консультанта по разделу
Организационно-экономический раздел	Е.Е. Качуровская
Раздел безопасности жизнедеятельности и экологичности проекта	О.В. Чурбакова

				<b>ДП – 150202.65 – 0803931 ПЗ</b>			
Разраб.	Елкин Р.В.			Разработка технологии и оборудования для наплавки бил молотковых мельниц	Лист	Листов	
Пров.	Падар В.А.				2	92	
Н. контр.	Бусыгин С.Л.				Каф. «Машиностроение»		
Утв.	Демченко А.И.		02.06				

## СОДЕРЖАНИЕ

Реферат.....	4
Введение.....	7
1. Состояние вопроса.....	9
1.1 Характеристика изделия.....	9
1.2 Свариваемость стали.....	11
1.3 Выбор способа восстановления.....	14
2. Технологический раздел.....	21
2.1 Выбор материалов для наплавки.....	21
2.2 Технологический процесс.....	23
2.3 Выбор режимов наплавки.....	24
2.4 Описание контроля качества.....	25
3 Конструкторский раздел.....	37
3.1 Разработка оборудования.....	37
3.2 Устройство и работа установки.....	40
3.3 Выбор источника питания.....	43
4. Расчётный раздел.....	49
4.1 Расчёт подшипников качения механизма поворотного стола.....	49
4.2 Расчёт подшипника качения блока катушек.....	51
4.3 Расчёт прижимного устройства.....	53
5. Исследовательский раздел.....	56
5.1 Особенности наплавки лентами малой толщины.....	56
5.2 Влияние режимов наплавки на производительность процесса.....	59
5.3 Влияние режимов наплавки на размеры наплавленных валиков и проплавление основного металла.....	61
6. Организационно-экономическая часть.....	67
6.1 Экономический эффект за срок службы линии.....	68
6.2 Расчет экономической эффективности.....	69
7. Безопасность жизнедеятельности.....	75



## ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации машин и механизмов их детали зачастую работают в жестких условиях контактирования с высокотемпературными газами, различными агрессивными средами абразивными веществами, вызывающими интенсивную коррозию или износ поверхности. По мере повышения скорости действия машин и механизмов, увеличения их размеров и производительности условия работы поверхности деталей становятся все более жесткими. В связи с этим возникает необходимость применения специальных мер, обеспечивающих радикальное повышение жаропрочности, коррозионной стойкости, износостойкости и других важных свойств поверхности материалов. Эта задача может быть решена применением способов поверхностного упрочнения материалов [1].

Такой путь представляет значительные резервы экономии сырьевых ресурсов. Применение технологий улучшения свойств поверхности материалов расширяет перспективу проектирования и производства различного оборудования с более высоким уровнем эксплуатационных показателей, что, в свою очередь, позволяет сократить потребление энергии и повысить производительность труда в различных отраслях промышленности [1].

Номенклатура восстанавливаемых деталей металлургического оборудования включает валки прокатных станов различных типов . конуса и чаши засыпных аппаратов доменных печей, правильные ролики и ролики рольгангов прокатных станов, крановые колеса, броневые плиты скипов, рудных тачек и пылеулавливателей, ножи различного назначения, молотки и била дробилок, керны клещевых кранов, зубья ковшей экскаваторов, различные валы и оси и ряд других деталей. Увеличение стойкости перечисленных деталей весьма эффективно сказывается на работе высокопроизводительных агрегатов металлургической промышленности. Восстановление деталей повышает техническую и экономическую

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

эффективность производства, ликвидируя или уменьшая простои основного и вспомогательного оборудования [1].

Основной целью данного дипломного проекта является разработка технологии и оборудования для восстановления изношенной поверхности бил молотковых мельниц.

Работая в условиях ударно-абразивного износа, била дробилок является наиболее быстроизнашивающейся деталью агрегата, лимитирующей его производительность.

					<i>ДП - 150202.65-07101683а ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

# 1. Состояние вопроса

## 1.1. Характеристика изделия

Основной рабочий орган молотковых мельниц – ротор. Он представляет собой горизонтальный вал с дисками, между которыми шарнирно подвешены на осях молотки, отлитые из износостойкого материала. С помощью этих молотков (бил) размельчают уголь в пыль (см. рис 1.). Деталь работает в условиях ударно-абразивного износа и является наиболее быстроизнашивающейся деталью мельницы.

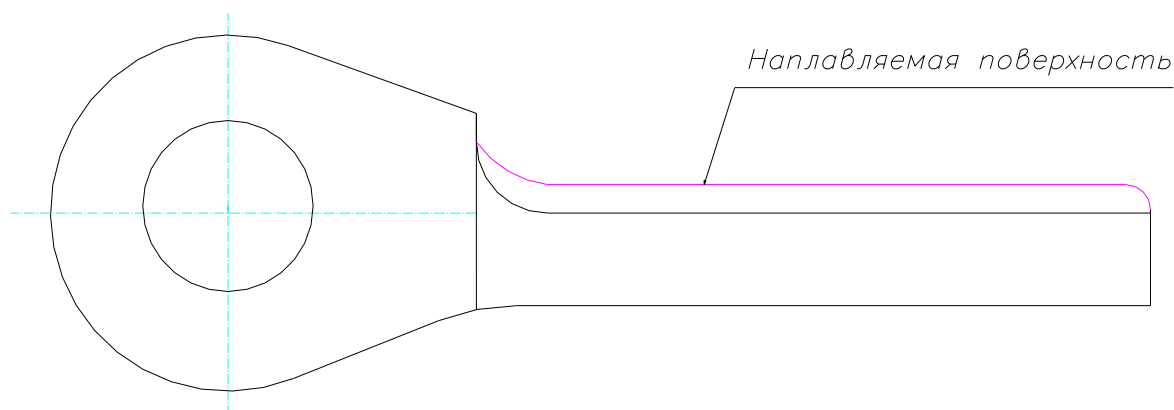


Рисунок 1 – Отливка била

Билы отливаются из стали 25Л ГОСТ 977-75.

Сталь 25Л в промышленности используют при изготовлении станины прокатных станков, шкивов, поршней, рам рольгангов и тележек, корпусов подшипников, детали сварно-литых конструкций и другие детали, работающие при температуре от  $-40$  до  $450$  °С под давлением [2].

Химический состав стали 25Л приведен в таблице 1. Технологические свойства стали приведены в таблице 2. В таблице 3 приведены температуры критических точек. В таблице 4 приведены предельные значения выносливости.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				





Таблица 4 – Предел выносливости

$\sigma_{-1}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	Термообработка, состояние стали
206	440	235	НВ 124-151

## 1.2. Свариваемость стали

Свариваемость углеродистых сталей можно определить, как способность стали переносить тепловой режим при том или ином сварочном процессе без образования в соединении участков металла с пониженными пластическими свойствами, способствующими возникновению трещин при сварке конструкций или разрушению сварных соединений в эксплуатации [2].

Стали, склонные к резкой закалке, имеющие в результате термического цикла сварки структуру мартенсита и остаточного аустенита при повышенной концентрации углерода, при воздействии внутренних напряжений чувствительны к образованию холодных трещин. Холодные (закалочные) трещины возникают как в интервале температур образования мартенсита ( $250^{\circ}\text{C}$  и ниже), так и после полного остывания сварного изделия, спустя некоторое, иногда значительное время после сварки (через 24-48ч) [9]. Чем ниже температура распада аустенита, грубее структура мартенсита, выше уровень внутренних сварочных и структурных напряжений, тем вероятнее образование холодных закалочных трещин.

Элементы, снижающие температуру  $\gamma \rightarrow \text{M}$  превращения, усиливают склонность металла к образованию холодных закалочных трещин. К таким элементам прежде всего, относится углерод. О свариваемости применительно к ее чувствительности к закалке ориентировочно

судят по коэффициенту эквивалентности по углероду для различных легирующих элементов[2]:

$$C_э = C\% + \frac{Mn}{6}\% + \frac{Cr}{5}\% + \frac{V}{5}\% + \frac{Mo}{4}\% + \frac{Ni}{15}\% + \frac{Cu}{13}\% + \frac{P}{2}\% \quad (1.1)$$

Для стали 25Л:

$$C_э = C\% + \frac{Mn}{6}\% + \frac{Cr}{5}\% + \frac{Ni}{15}\% + \frac{Cu}{13}\% + \frac{P}{2}\%; \quad (1.2)$$

$$C_э = 0.25 + 0.083 + 0.06 + 0.02 + 0.023 + 0.02 = 0.456\%$$

Стали с эквивалентом по углероду более 0,45 склонны к образованию трещин при сварке. Однако этот критерий не является препятствием к применению стали в сварной конструкции. При одном и том же показателе  $C_э$  стали, с большим содержанием углерода, имеют более высокую чувствительность к холодным трещинам, чем сложнолегированные стали с меньшим содержанием углерода. Образование холодных трещин спустя некоторое время после полного остывания сварного соединения является наиболее неприятным, так как качество изделия теряется после его контроля. Замедленное разрушение связано с фиксированием нестабильного остаточного аустенита в структуре мартенсита при быстром остывании участков сварных соединений, нагреваемых при сварке выше точки  $A_{с3}$ . Остаточный аустенит с течением времени распадается при 20°C. Интенсивность этого процесса усиливается при охлаждении ниже 0°C. Образованию трещин с течением времени способствует водород растворенный в металле; он затормаживает распад аустенита и снижает точку мартенситного превращения стали. Избыточный водород, растворенный в металле, с распадом аустенита, постепенно выделяясь в

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

несплошности структуры в виде молекулярного водорода, создает местные внутренние давления, облегчающие возможность образования микротрещин.

Применение специальных присадочных проволок и флюсов, многослойной сварки, колебательных движений электрода при автоматической сварке, импульсного режима сварочного тока (при малых толщинах металла), подбор оптимальных режимов сварки позволяют обеспечить более равноосную зернистую структуру металла шва и предупредить чрезмерное развитие зоны перегрева основного металла с крупнокристаллической структурой.

Предварительный или сопутствующий подогрев с целью предупреждения образования закалочных структур следует производить лишь в крайних случаях и для деталей с небольшим протяжением сварочных швов, так как поддержание с достаточной точностью заданной температуры подогрева по всей длине шва в течении всего процесса сварки является трудно осуществимым, а условия работы сварщика становятся весьма тяжелыми; все это делает технологический процесс нестабильным.

Снижение содержания водорода в металле шва для предупреждения холодных трещин обеспечивается применением осушенных защитных газов, прокаливанием сварочных материалов перед сваркой [2].

Склонность к горячим трещинам сварных швов низкоуглеродистых сталей, определяется следующими факторами [2]:

- химическим составом металла шва, от которого зависит межкристаллитная прочность и пластичность в опасном температурном интервале хрупкости (ТИХ);
- величиной и скоростью нарастания растягивающих напряжений и соответственно деформаций в ТИХ;
- величиной первичных кристаллитов;
- формой сварочной ванны (шва), от которой зависит направление роста столбчатых кристаллов, характер их срастания, степень зональной ликвации

					ДП - 150202.65-07101683а ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

и расположение осей кристаллитов (или межкристаллитных участков) относительно направления растягивающих напряжений.

Элементами, обуславливающими образование горячих трещин в металле углеродистых швов, являются прежде всего сера, затем углерод, фосфор, кремний, медь, никель, (при содержании 2,5-4,5%), а также примеси металлов с низкой температурой плавления (свинец, олово, цинк). Элементами повышающими стойкость швов против трещин, нейтрализующими действие серы, являются марганец, кислород, титан, хром и особенно ванадий. Измельчение дезориентирование структуры металла шва, предупреждение развития грубой дендритной структуры с ликвационными зонами за счет соответствующего легирования и приемов сварки – все это повышает сопротивляемость швов против разрушения в температурном интервале хрупкости [2].

Однако с повышением содержания углерода выше 0,25% чувствительность к горячим трещинам заметно возрастает. При этом чем ниже содержание легирующих элементов, препятствующих образованию кристаллизационных трещин, тем выше склонность к трещинообразованию при одном и том же содержании углерода [2].

Сталь 25Л обладает вполне удовлетворительной пластичностью и вязкостью, однако высокий уровень углеродного эквивалента требует принятия мер для предотвращения возникновения трещин.

### 1.3. Выбор способа восстановления

Для выбора оптимального способа восстановления поверхности изношенных бил необходимо учитывать форму и размеры изделия; требования предъявляемые к точности нанесения покрытия, его эксплуатационные свойства; затраты на основное и вспомогательное оборудование, наплавочные материалы и газы, на предварительную и

					ДП – 150202.65–07101683а ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

окончательную обработку покрытия; условия труда и другие факторы производственного и социального характера.

Существуют различные способы поверхностной обработки, из которых основные, имеющие промышленное применение приведены в таблице 5 [3].

Таблица 5 – Основные способы обработки поверхностей

Способы	Существо способа
Химические и электрохимические способы	
Электролитическое металлопокрытие	Осаждение металла с образованием покрытия на поверхности изделия при пропускании тока между анодом (пластиной из металла) и катодом (обрабатываемым изделием)
Химическое металлопокрытие	Образование покрытия на поверхности металлических изделий за счет осаждения ионов металла из водного раствора хлорида металла без применения электрического тока
Химическое покрытие	Образование фосфатного, оксалатного, оксидного или ионного химического неметаллического покрытия на поверхности металлических изделий, погруженных в раствор требуемого состава и выдерживаемых в нем при температуре до 200°С
Физические способы	
Горячее металлопокрытие погружением	Образование покрытия путем погружения металлического изделия в ванну расплавленного металла
Диффузионное насыщение	Диффузионное насыщение поверхностного слоя изделия металлом или сплавом при



	высокой частоты (ТВЧ)
Вакуумное осаждение	Нанесение слоя путем осаждения атомов или молекул металла или соединения на поверхность изделия при их возгонке в условиях высокого вакуума (остаточное давление 13,3-1,3 мПа)
Эмалирование	Нанесение на поверхность металлических изделий стеклянной глазури и обжиг
Электроискровое упрочнение	Образование упрочненного слоя за счет диффузионного переноса вещества электрода в поверхностный слой изделия в условиях высокотемпературного искрового разряда между изделием и электродом при передаче колебательных движений от магнитного вибратора на электрод, вибрация которого сопровождается периодическим размыканием цепи, соединяющей электрод с изделием с помощью конденсатора, подключенного к источнику тока через сопротивление
Наплавка	Нанесение слоя расплавленного металла на оплавленную металлическую поверхность путем плавления присадочного материала теплотой кислородно-ацетиленового пламени, электрической или плазменной дуги и др.
Механические способы	
Плакирование	Изготовление листа из двух и большего числа металлических слоев, соединенных между собой способом прокатки, сварки взрывом или литьем.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП - 150202.65-07101683а ПЗ

Лист





- возможность нанесения металлического покрытия большой толщины;
- высокая производительность;
- простота выполнения, не требующая высокой квалификации сварщика.

Учитывая изложенные выше преимущества и недостатки способов напыления и наплавки, для восстановления изношенной поверхности бил было решено применить наплавку.

Наплавка заключается в нанесении с помощью сварки на поверхность детали слоя металла для восстановления её первоначальных размеров (при износе после эксплуатации), либо для придания этой поверхности специальных свойств [3]:

- износостойкости;
- коррозионной стойкости;
- антифрикционности;
- и других.

Важным технологическим фактором процесса наплавки является глубина проплавления. Глубина проплавления зависит от ряда факторов: технологических условий ведения процесса, вида наплавки, свойств основного металла, плотности тока, полярности дуги и др. [3].

Основные методы наплавки:

- ручная электродуговая наплавка;
- механизированная наплавка;
- наплавка в среде защитных газов;
- наплавка порошковой лентой;
- вибродуговая наплавка;
- электрошлаковая наплавка;
- газовая наплавка.

**Специальные методы наплавки:**

- наплавка пропиткой композиционных сплавов;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



## 2. Технологический раздел

Целью данного раздела является: разработка технологического процесса для восстановления изношенной поверхности бил, выбор наплавочного материала, выбор режимов наплавки, выбор и описание метода контроля качества наплавленного металла.

### 2.1. Выбор материалов для наплавки

Для наплавки антикоррозионных покрытий применяются ленты из легированных сталей и сплавов. Для износостойкой наплавки слоя твёрдого сплава, ввиду невозможности изготовления из такого сплава холоднокатаной ленты, в основном, используют порошковую ленту, представляющую собой оболочку из низколегированной стали с сердцевиной, заполненной шихтой из легирующих и шлакообразующих компонентов (рис.2).

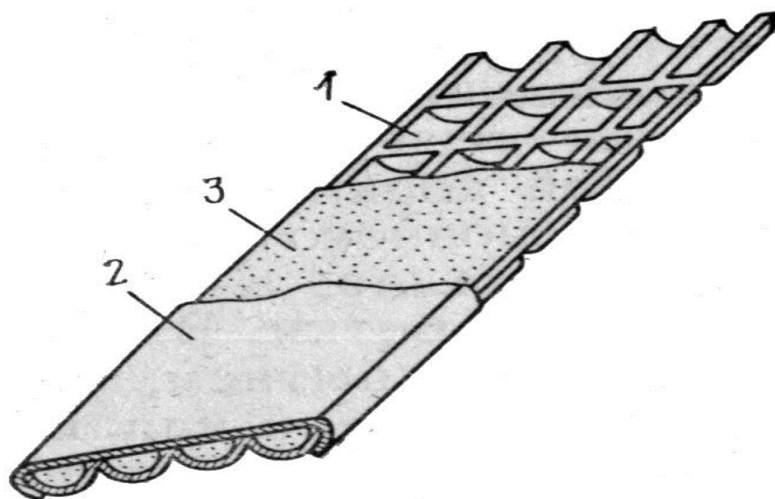


Рис.2. Порошковая лента

1-нижняя гофрированная стальная лента; 2-верхняя стальная лента; 3-шихта:  
легирующие и шлакообразующие компоненты

Важным преимуществом порошковых лент является возможность ее использования без применения флюсов или защитных газов [4]. Это достигнуто за счет введения в ленту кроме легирующих элементов, веществ,

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП - 150202.65-07101683а ПЗ

обеспечивающих хорошее раскисление сварочной ванны, и связывание азота воздуха в стойкие нитриды [4].

Порошковая лента состоит из оболочки из мягкой холоднокатанной ленты и сердцевины из смеси порошков графита, ферросплавов и других компонентов. Порошковую ленту можно изготавливают из отдельных секций шириной 12-14 мм на специальном станке, а затем собирают в широкую ленту.

Возможность широкого регулирования химического состава наплавленного металла является существенным преимуществом этого способа. Порошковая лента с внутренней защитой обеспечивает устойчивое горение, без чрезмерного разбрызгивания металла, необходимое легирование сварочной ванны для получения заданного химического состава и других свойств наплавленного слоя, необходимую защиту металла от азота и кислорода воздуха и получение плотного наплавленного металла в широком диапазоне режимов наплавки [4].

Наиболее часто используют порошковые ленты ПЛ-У30Х30ГЗТЮ, ПЛ-АН101(ПЛ-У30Х25Н3С3), ПЛ-АН102(ПЛ-30Х25Н4С4) [4].

Ленту марки ПЛ-У30Х30ГЗТЮ применяют для наплавки режущих органов землеройных машин, деталей строительных машин.

Лентами ПЛ-АН101, ПЛ-АН102 наплавливают режущие кромки грейферов, лопастей бетоносмесительных машин, катков тракторов. Зубьев и ковшей погрузчиков и др.

При наплавке лентой ПЛ-АН101 достигается минимальное разбрызгивание электродного металла и высокая однородность химического состава наплавленного металла. Концентрация вредных выделений при наплавке лентой ПЛ-АН101 ниже, чем при наплавке другими порошковыми лентами. С учетом этих преимуществ считаю целесообразным для наплавки бил применить порошковую ленту ПЛ-АН101 [4].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 2.2. Технологический процесс

Технологический процесс наплавки бил предполагает последовательное выполнение следующих шагов:

- подготовка поверхности била к наплавке; очистка поверхности от наплывов до металлического блеска с последующим обезжириванием;

Оборудование: пневмошлифмашинка ПМШ 0.8-80

Материалы: Защитные очки ГОСТ 12402-86

Абразивный круг ГОСТ 443-90

Бензин Бр-1 ТУ 38.401-67-108-92

Салфетка х/б ГОСТ 11689-85

- загрузка била в кокиль, его зажатие;

Оборудование: установка для наплавки бил

- заполнение зазоров между стенками кокиля и изделием асбестом;

Материалы: Асбест ГОСТ 12871-93

- настройка установки на выбранные режимы;

Режимы: Вылет электрода – 30 мм

Ток наплавки – 1350-1450 А

Напряжение наплавки – 30-32 В

Скорость наплавки – 60-80 м/ч

- наплавка опытного образца;

Оборудование: установка для наплавки бил

Материалы: Лента ПЛ-АН101 ТУ 44-19-43-73

- изготовления микрошлифа для исследования микроструктуры; вырезка образца его последовательное шлифование и полирование;

Материалы: шкурки 16,12,5,4,3;

плотное сукно с суспензией оксида хрома.

- исследование микроструктуры с помощью микроскопа

Оборудование: микроскоп ММУ-3

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65-07101683а ПЗ				

После наплавки опытной партии бил составляется технологическая инструкция по наплавке определённой формы и типоразмера, с указанием наплавочного материала, режимов и других данных технологии наплавки.

### 2.3. Выбор режимов наплавки

При наплавке лентой можно использовать как постоянный, так и переменный ток. При переменном токе дуга горит нестабильно, наблюдается сильное разбрызгивание металла, образуются подрезы, толщина наплавленного слоя становится неравномерной по ширине валика. Наплавка на постоянном токе обладает рядом преимуществ при одинаковой производительности является более выгодной по сравнению с наплавкой на переменном токе [4].

Применение обратной полярности предпочтительнее из-за высокой стабильности горения дуги и лучшего внешнего вида наплавленного металла [4].

Если сварочный ток мал, то образуется узкий валик с неровными краями и непроварами, дуга горит неустойчиво и гаснет, а лента, замыкаясь на изделии, нагревается и рвется при выходе из токоподводящих губок. Если же ток превышает оптимальное значение, то с увеличением тока ухудшается формирование валика [4].

При наплавке порошковой лентой ПЛ-АН101 ток наплавки можно увеличивать до 1500 без нарушения стабильности процесса. При этом производительность процесса возрастает [1].

Напряжение дуги оказывает существенное влияние на качество наплавленных валиков и, прежде всего, на вид поверхности наплавленного металла, мало влияет на производительность расплавления электрода и глубину проплавления основного металла. Оптимальное напряжение дуги

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

зависит от материала электрода и типа флюса и определяется для износостойких сплавов в пределах 30-35 В [4].

Для лент шириной 20-40 мм скорость наплавки изменяется в пределах 0,15-0,55 см/с и зависит от сварочного тока, размеров ленты, марки электродного материала, состава флюса, формы изделия и т.д. Оптимальная скорость наплавки позволяет достичь необходимой глубины проплавления основного металла и производительности процесса наплавки [4].

Вылет электрода определяет уровень предварительного подогрева ленты. Незначительный вылет приводит к слабому подогреву ленты и способствует увеличению глубины проплавления. Увеличение вылета электрода более 30 мм приводит к уменьшению глубины провара и росту производительности расплавления. Если же вылет чрезмерно велик, то дуга становится неустойчивой и появляется опасность возникновения пористости в наплавленном металле [4].

С учетом вышеизложенного режимы наплавки бил молотковых мельниц принимаем следующие:

Ток наплавки  $I_h = 1350 - 1450$  А

Напряжение  $U_h = 30 - 32$  В

Вылет электрода  $l_э = 30$  мм

Скорость наплавки  $V_h = 60-80$  м/ч

#### 2.4. Описание контроля качества

Выбор контроля качества наплавленного металла зависит от условий работы и назначения детали.

Применяют следующие методы контроля:

- Внешний осмотр;
- Металлографические методы контроля;
- Контроль твердости наплавленного металла;

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				









типа I), способ нанесения абразивного материала, размеры листов (рулонов), марку бумаги-основы, марку абразивного материала, зернистость, тип связки и класс износостойкости. Например, маркировка «1Э 620Х50 П2 15А 25-Н М А» по ГОСТ 6456—75 соответствует бумажной шлифовальной шкурке типа I с абразивным материалом, нанесенным электростатическим способом, шириной 620 мм, длиной 50 м; бумага-основа марки 0-200; абразивный материал— нормальный электрокорунд марки 15А зернистостью 25-Н на мездровом клее; класс износостойкости А.

Для мокрого шлифования используют водостойкую бумажную шлифовальную шкурку (ГОСТ 10054—75). Маркировка этой шкурки включает размеры листа (рулона), марку абразивного материала, зернистость и класс износостойкости. Например, маркировка «Водостойкая 310 X 230 64С20П А ГОСТ 10054—75» соответствует водостойкой шлифовальной шкурке размерами 310Х230 мм из зеленого карбида кремния марки 64С зернистостью 20П, класс износостойкости А.

Марки абразивных материалов по ГОСТ 6456—75 следующие:

Электрокорунд нормальный — 16А; 15А; 14А; 13А

Электрокорунд белый — 25А; 24А; 23А

Электрокорунд легированный — 35А; 34А; 33А; 32А

Монокорунд — 45А; 44А; 43А

Карбид кремния зеленый — 64С; 63С

Карбид кремния черный — 55С; 54С

Кремень—81Кр

Стекло — 71 р.

Шлифование проводят, используя шкурку нескольких номеров с последовательно уменьшающейся зернистостью. Во время шлифования на каждой шкурке следует сохранять одно и то же положение образца, чтобы все риски на его поверхности были параллельны. При переходе к шкурке следующего номера направление шлифования изменяют на 90° \* и проводят

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Важная задача шлифования—достижение минимальной толщины слоя деформированного металла, чтобы последние его следы можно было удалить последующим полированием. Глубина царапин и толщина слоя деформированного металла под царапинами уменьшаются с уменьшением размера абразивных частиц; при этом толщина слоя деформированного металла примерно обратно пропорциональна твердости образца и в 10—50 раз превышает размеры абразивных частиц. Необходимо, чтобы на каждой ступени шлифования происходило полное удаление слоя деформированного металла, образовавшегося на предыдущей ступени.

Для оценки качества шлифования можно исследовать поверхность образца при переходе от одной ступени к другой под микроскопом. После каждой ступени шлифования поверхность должна быть покрыта равномерными по величине и отчетливо видимыми царапинами; никаких следов царапин от предыдущего шлифования наблюдаться не должно.

Большое значение при шлифовании имеет величина давления, приложенная к образцу. Давление должно быть достаточно высоким, чтобы обеспечить резание абразивом и нужную скорость шлифования. Недостаточное давление создает условия трения, не обеспечивающие эффективного удаления металла. В то же время чрезмерное давление приводит к нежелательному выделению тепла, неравномерной величине царапин, вдавливанию абразивных частиц в металл, а также преждевременному износу и фрагментации абразива. Обычно оптимальное давление зависит от материала образца и определяется опытным путем.

После каждой ступени шлифования поверхность образца следует тщательно очищать во избежание переноса сравнительно крупных частиц абразива на более мелкозернистый абразивный материал, используемый при последующих ступенях шлифования. Для этой цели образцы обычно промывают в воде [5].

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				



качестве абразивов применяют оксид хрома, оксид алюминия и оксид железа (крокус). Все более широкое использование находят полировальные алмазные пасты, которые наносят на специальную ткань или бумагу (ватман).

Пасты состоят из алмазных микропорошков, марок АСМ или АМ, связующих и поверхностно активных веществ. В зависимости от зернистости пасты условно подразделяют на четыре группы, которые окрашивают в различные цвета.

Пасты (табл.7) выпускают нормальной (Н) и повышенной (П) концентрации с соответствующим содержанием алмазного микропорошка для каждой зернистости. Кроме того, имеются пасты, смываемые водой (В) и органическими растворителями (О) (спирт, бензин и др.), а также смываемые как водой, так и органическими растворителями (ВО). По консистенции пасты подразделяют на мазеподобные (М) и твердые (Т).

Таблица 7 – Основные характеристики алмазных паст

Обозначение зернистости по ГОСТ 9206—70	Размеры абразивных частиц*. МКМ	Концентрация алмазного порошка, % (по массе)		Цвет пасты и этикетки
		Н	П	
60/40	60-40	10	20	Красный
40/28	40—28	7	14	»
28/20	28—20	7	14	Голубой
20/14	20—14	5	10	»
14/10	14—10	5	10	»
10/7	10-7	3	10	Зеленый
7/5	7—5	3	6	»
5/3	5—3	2	6	»





периферии, что обеспечивает равномерное распределение абразива и однородный износ полировального материала. Кроме того, образец периодически вращают или перемещают «восьмеркой», чтобы исключить образование «хвостов» около неметаллических включений и частиц выделившихся фаз.

Давление на образец определяют опытным путем. Как правило, оно незначительно и уменьшается по мере перехода от грубого полирования к более тонкому.

При автоматическом полировании один или несколько образцов устанавливают в специальное приспособление станка, которое обеспечивает приложение требуемого давления к образцам и их вращение в направлении, обратном вращению круга.

Полирование считают законченным, когда на поверхности шлифа под микроскопом не наблюдаются риски или царапины.

Ниже приведены некоторые типичные схемы приготовления шлифов [5].

Схема I (оптимальная):

- резка абразивным кругом с охлаждающей жидкостью;
- мокрое шлифование на шкурках зернистостью 5(4), M40, M28 и M20;
- полирование на алмазных пастах зернистостью 7/5 и 3/2 (или 1/0);
- окончательное полирование на тонком сукне (драп-велюр, бильярдное сукно и т. п.) с суспензией оксида хрома или оксида алюминия (обычно для шлифов с низкой твердостью).

Схема II (при отсутствии оборудования для мокрого шлифования и алмазных паст):

- обработка на наждачном камне зернистостью 40 или 46;
- шлифование на шкурках 16, 12, 5, 4, 3;

— полирование на плотном сукне (например, шинельном) с суспензией оксида хрома;

— окончательное полирование аналогично схеме I.

Схема III (для ускоренного приготовления шлифов):

— обработка на наждачном камне зернистостью 40;

— шлифование на шкурке 4 или 3;

— притирка на бумажном круге (ватман) с пастой, содержащей шлифовальный порошок M28;

— полирование на алмазных пастах зернистостью 28/20, 14/10 и 7/5;

— см. схему I, п. 4.

### 3. Конструкторский раздел

#### 3.1. Разработка оборудования

Разрабатываемое оборудование должно обеспечивать выполнение следующих операций:

- подвод электрода к наплавляемой поверхности;
- зажигание дуги;
- перемещение со скоростью наплавки, смещение на шаг в пределах зоны наплавки и наплавку заданного количества слоев;
- подвод наплавляемого била в зону наплавки.

Полуавтомат А-1728 (рис.3) для дуговой наплавки порошковой лентой открытой дугой в нижнем положении на постоянном токе. Полуавтомат используется при ремонтных работах по восстановлению изношенных деталей горно-обогачительного оборудования. Полуавтомат состоит из станины со столом, на который укладывается наплавляемая деталь. На станине смонтирован механизм перемещения мундштука по высоте с ползуном, рычагами шпинделем. На шпинделе расположены катушка с порошковой лентой, механизм подачи ленты и кожух со штурвалом и смотровыми окнами для наблюдения за процессом наплавки и защиты от брызг. Окна защищены светофильтрами.

Наплавляемая деталь устанавливается на столе аппарата. С помощью кнопки на пульте управления включается источник сварочного тока и механизм подачи ленты. После возбуждения дуги производится процесс наплавки. Мундштук перемещается относительно наплавляемого изделия оператором вручную.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

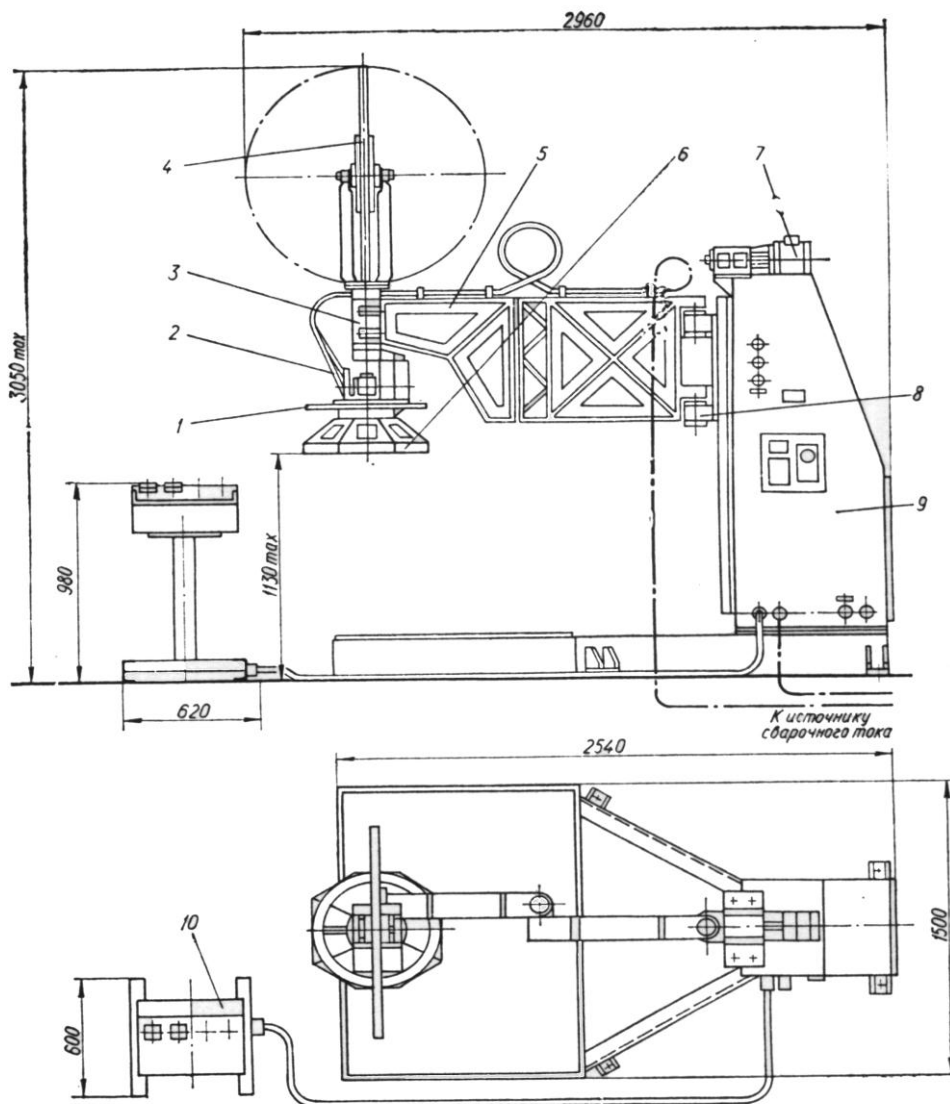


Рис.3. Полуавтомат А-1728 для дуговой наплавки порошковой лентой  
 1-подающий механизм; 2-мундштук; 3-шпиндель; 4-катушка с тормозом; 5-узел рычагов;  
 6-кожух; 7-механизм подъема; 8-ползун; 9-станина; 10-пульт управления.

Недостатком этого полуавтомата являются:

- большая часть ручного труда;
- низкое качество наплавки;
- низкая скорость наплавки.

Для наплавки изношенной поверхности бил было решено применить установку (рис.4).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП - 150202.65-07101683а ПЗ

Лист

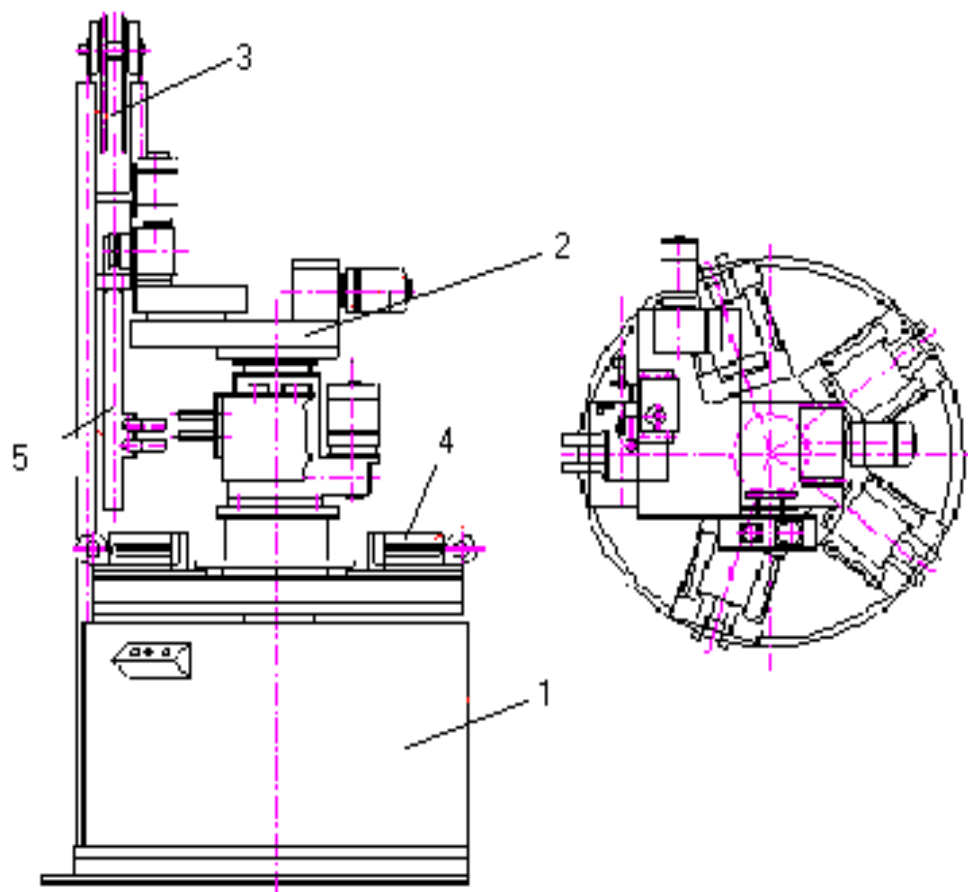


Рис.4. Установка для наплавки бил молотковых дробилок

1-поворотный стол; 2- механизм координатного перемещения; 3-блок катушек;  
4-водоохлаждаемый кокиль; 5-мундштук.

Наплавка на установке производится порошковой лентой ПЛ-АН-101 без применения дополнительной защиты.

Процесс наплавки осуществляется последовательно на пяти позициях при вращении стола:

- загрузка - выгрузка;
- наплавка;
- три позиции кристаллизации и охлаждения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП - 150202.65-07101683а ПЗ

Лист

### 3.2. Устройство и работа установки

Рабочей частью установки является поворотный стол и сварочная головка. На поворотном столе установлены пять водоохлаждаемых кокилей через 72°, в которых наплавляются билы. Управление всеми операциями наплавки осуществляется с пульта управления.

Подвод холодной воды для охлаждения наплавленных бил и отвод её осуществляется через неповоротную часть стола.

Покрытие изношенной поверхности осуществляется за счёт возвратно-поступательного движения электрода с поперечным смещением на нужный шаг в конце каждого хода

Наплавочная головка состоит из пяти основных частей – узлов:

- мундштук;
- поворотный стол с расположенными на нем пятью кокильными устройствами
  - подающий механизм;
  - механизм координатного перемещения;
  - источник питания.

Мундштук крепится к прижимному устройству и представляет собой направляющий канал для направления порошковой ленты размерами 4x20мм. Лента к корпусу мундштука подаётся при помощи специального прижима.

Прижимное устройство одевается на выступающую часть прижимного механизма и крепится при помощи зажима. Прижатие ленты к подающим роликам осуществляется специальным роликом.

Механизм координатного перемещения представляет собой стол, закреплённый на штоке механизма подъёма, совершающий поперечные и продольные перемещения с помощью роликовых суппортов. Ограничение

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

хода осуществляется с помощью микровыключателей. На суппорте поперечного перемещения крепится подающий механизм, который совершает продольно-поперечные перемещения.

Штанга является связующим звеном между механизмом координатного перемещения, ограничителем и механизмом подъёма. Штанга представляет собой цилиндр, на котором диаметрально закреплены две рейки. Рейки одновременно являются и направляющими при рабочем движении штанги.

Наличие напряжения питающей сети на входе блока ввода и его отсутствие на выходе блока сигнализируют лампочки «сеть» и «откл» на пульте управления (рис.5). При включении кнопок «сеть» и «вкл» лампочка «откл» гаснет и загорается лампочка «вкл», сигнализирующая о том, что напряжение питающей сети подаётся на вход блока ввода. Блок ввода устанавливается в шкафах управления.

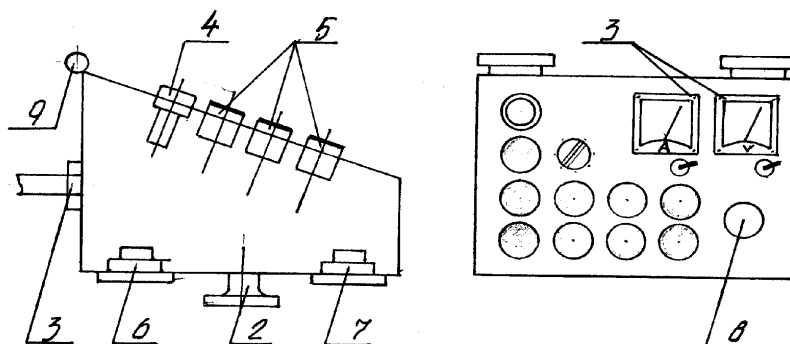


Рисунок 5 – Переносной пульт управления

1. Каркас пульта; 2. Ножка; 3. Амперметр; вольтметр; 4. Заземление;
5. Кнопочное управление; 6. Выход; 7. Вход; 8. Кнопка аварийного стопа; 9. Шарниры.

Оператор, обслуживающий установку, контролирует качество наплавки, дает команду на отвод мундштука в исходное положение, включает механизм поворота стола. Подводящий очередной кокиль в зону наплавки, а так же вручную извлекает наплавленное било из кокиля и

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

устанавливает на его место очередную заготовку. Возможна работа в ручном режиме.

В таблице 8 приведены технические характеристики наплавочной установки.

Таблица 8 – Техническая характеристика наплавочной установки

Ширина электродной ленты, мм.	20
Толщина электродной ленты, мм.	4
Скорость подачи электродной ленты, м/час.	120-200
Число ступеней скорости подачи	7
Скорость наплавки, м/ч	60-90
Шаг наплавки, мм.	14-20
Число электродов, шт	1
Вертикальный ход сварочной горелки головки, мм.	200
Горизонтальный ход сварочной горелки головки вдоль изделия, мм.	200
Горизонтальный ход сварочной горелки головки поперек изделия, мм.	185
Расход воды для охлаждения кокилей, л/мин.	25
Диапазон регулирования наплавочного тока, А	800-1500
Диапазон регулирования наплавочного напряжения, В	32-38
Номинальный ток наплавки при ПВ=100%, А	1500
Время наплавки одного била, мин.	3
Высота автомата, мм.	2056
Ширина автомата, мм.	1200
Длина автомата, мм.	1400



### 3.3. Выбор источника питания

Источник питания должен обеспечивать работу установки в соответствии с выбранными режимами наплавки.

Источник питания серии ВДУ являются универсальными сварочными выпрямителями, так как их электрические схемы предусматривают переключения для работы как с жесткими, так и падающими внешними характеристиками. Универсальные сварочные выпрямители серии ВДУ обеспечивают плавное дистанционное регулирование входных тока и напряжения, стабилизацию режима при изменениях напряжения сети. Выпрямители работают при принудительном воздушном охлаждении. Включение выпрямителей ВДУ в силовую сеть и защита от кратковременных аварийных коротких замыканий в цепях установки осуществляется сетевым автоматическим выключателем, защита от перегрузок в процессе работы-тепловым реле магнитных пускателей. В схемах ВДУ предусмотрен емкостный фильтр от помех радиоприему, создаваемых при сварке [6].

Сварочный выпрямитель ВДУ-1601 предназначен для сварки в среде защитных газов и под флюсом, сварки открытой дугой и порошковой проволокой на автоматах с зависимой и независимой от напряжения дуги скоростью подачи электродной проволоки [6].

Техническая характеристика выпрямителя ВДУ-1601 приведена в таблице 9.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

Таблица 9 – Техническая характеристика выпрямителя ВДУ-1601

Параметр	ВДУ-1601
Климатическое исполнение, категория размещения	У3
Нижняя температура окружающей среды для исполнения У, °С	-30
Номинальный сварочный ток, А	1600
Пределы регулирования:	
Сварочного тока, А:	
жесткие	500-1600
падающие	600-1600
Рабочего напряжения, В:	
жесткие	26-66
падающие	30-66
Напряжение холостого хода, В не более	100
Первичная мощность, кВа	155
Напряжение сети, В	380
КПД, % не менее	84
Габаритные размеры, мм	1150×900×1850
Масса, Кг не более	950

При отклонении напряжения в сети от номинального значения выпрямитель осуществляет стабилизацию выходных параметров как при падающих, так и при жестких внешних характеристиках. В таблице 10 приведены данные, характеризующие точность стабилизации выходных параметров выпрямителя ВДУ-1601 при изменениях напряжения сети [6].

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65-07101683а ПЗ				

Таблица 10 – Точность стабилизации выходных данных выпрямителя

Отклонение напряжения сети, % от номинального	Рабочее напряжение при жестких внешних характеристиках	Сварочный ток при падающих внешних характеристиках
+5	$\pm 1$ В	$\pm 2,5\%$
-5	$\pm 1$ В	$\pm 2,5\%$
-10	—	—

Выпрямитель ВДУ-1601 может работать как с внешними характеристиками падающей формы, так и с жесткими внешними характеристиками (рис.8). Функциональная блок схема ВДУ-1601 приведена на рис.6 Упрощенная электрическая схема силовой цепи варочного выпрямителя ВДУ-1601 приведена на рис.7

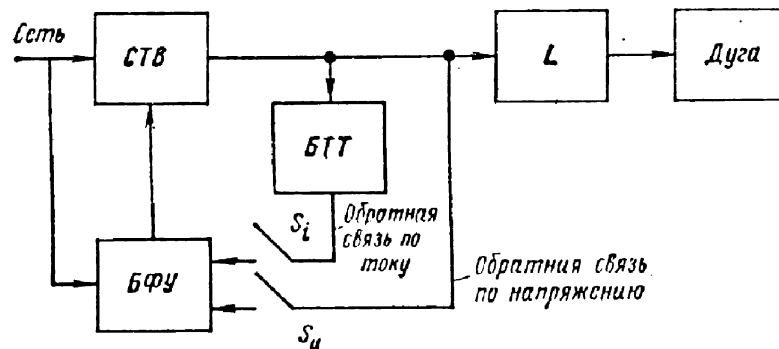


Рис. 6 Функциональная блок-схема выпрямителя ВДУ-1601

СТВ-силовой тиристорный выпрямитель; L-дроссель в цепи выпрямленного тока;  
БФУ-блок фазового управления

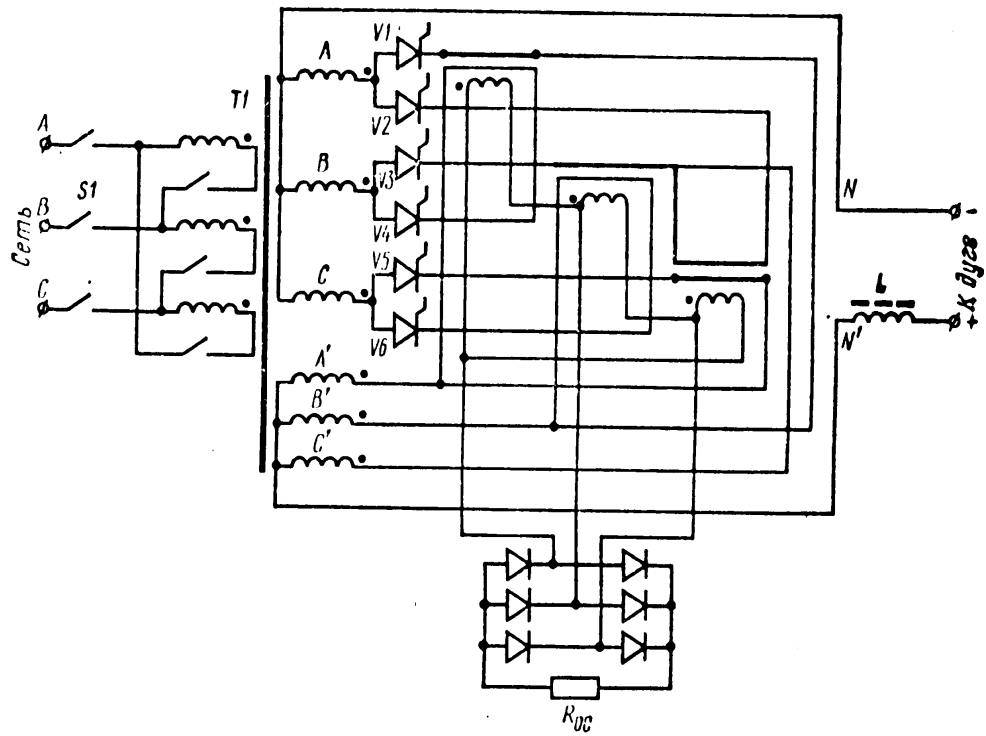


Рисунок 7 – Упрощенная электрическая схема силовой цепи выпрямителя ВДУ-1601

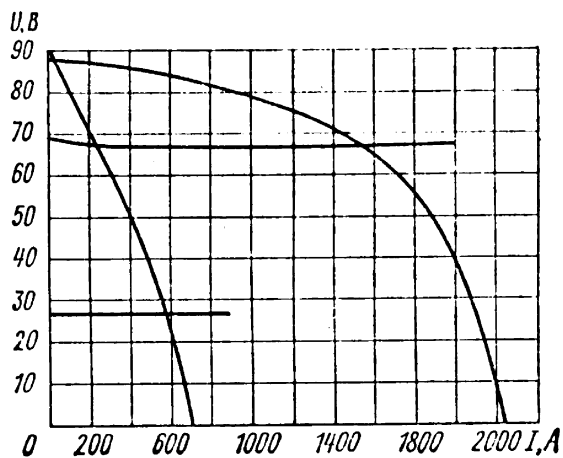


Рисунок 8 – Внешние характеристики выпрямителя ВДУ-1601

В силовой тиристорный выпрямитель СТВ входит трехфазный трансформатор Т1 с нормальным магнитным рассеянием. Трансформатор Т1 имеет одну первичную обмотку и две вторичные обмотки, соединенные звездами. Концы фаз А, В и С одной вторичной обмотки объединены в нейтраль N и образуют отрицательный полюс (зажим), а концы фаз А', В' и

С' другой вторичной обмотки, объединены в нейтраль N', образуют положительный полюс (зажим) выпрямителя ВДУ. Назначение индуктивности (дресселя) L сглаживать пульсации выпрямленного сварочного тока и улучшать динамические свойства источника. Дроссель L состоит из секций L' и L''. Схемы включения секций дросселя приведены на рис.9.

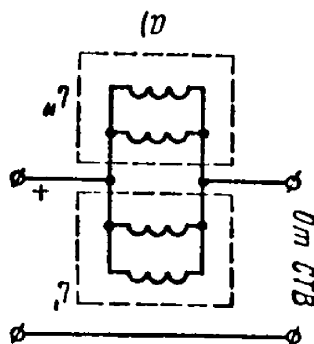


Рисунок 9 – Схема включения обмотки дросселя L у выпрямителя ВДУ-1601

Работой выпрямителя управляет блок БФУ, представляющий собой систему фазового управления моментом отпирания тиристоров V1-V6 тиристорного выпрямителя СТВ. Блок БФУ состоит из трех узлов, выполняющих определенные функции: входного устройства, фазосдвигающего устройства и устройства формирования и усиления сигналов, отпирающих тиристоры V1-V6. Входное устройство содержит вспомогательный трансформатор управления для получения опорного напряжения, синхронизированного с сетью. Фазосдвигающее устройство обеспечивает изменение фазы управляющих сигналов относительно фазы напряжения сети. Обратная связь по сварочному току осуществляется с помощью блока трансформаторов тока БТТ (см. рис.6), имеющих тороидальные ферромагнитные сердечники. Вторичные обмотки трансформаторов тока соединены треугольником и через трехфазный мостовой выпрямитель подключены к резистору R<sub>ос</sub>, с которого снимается напряжение обратной связи по току. При установке выпрямителя ВДУ-1601

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

на работу с жесткими внешними характеристиками действует обратная связь по выпрямленному напряжению. Включение обратной связи по току или напряжению производят тумблерами  $S_i$  или  $S_u$  (см.рис.7) [6].

					<i>ДП - 150202.65-07101683а ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 4. Расчётный раздел

### 4.1. Расчёт подшипника качения механизма поворота стола

По конструктивным соображениям для механизма поворота стола выбираем шариковый однорядный подшипник 8156 ГОСТ 6874-56 рис.10. Технические характеристики подшипника приведены в таблице 11 [7].

Таблица 11 – Технические характеристики подшипника

Обозначение подшипника	d	d <sub>1</sub>	D	U	r	n, об/мин		Шарики	
						П	Ж	D <sub>T</sub>	Z
8156 ГОСТ 6874-75	280	2803	350	53	2,5	630	800	26,99	32

Особо лёгкая серия диаметров

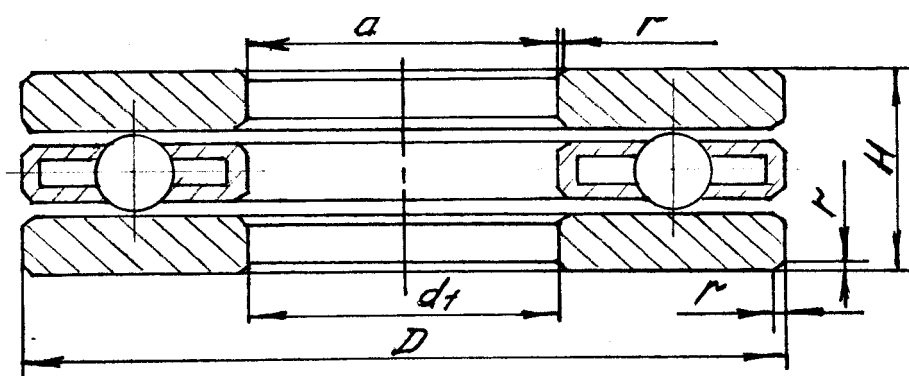


Рисунок 10 – Подшипник качения 8156 по ГОСТ 6874-75

Расчёт динамической грузоподъёмности.

$$C_a = f_c (\cos \alpha)^{0.7} * (Z * 2/3) 3.647 D^{1.4} * \operatorname{tg} \alpha \text{ (кГс)}, \quad (4.2)$$

где  $\alpha$  - номинальный угол контакта =  $75^\circ$ ;

$f_c$  – коэффициент для динамической нагрузки, зависящий от геометрии деталей подшипников, точности их изготовления и материалов, равный для данных условий 3,81;

$Z$  – число тел качения в 1 ряду.

$$C_a = 3,81 * 0,388 * 10,19 * 3,647 * 100,851 * 3,73 = 20665,9 \text{ кГс}$$

Расчёт эквивалентной динамической нагрузки.

$$P_a = F_a * K_b * K_T, \quad (4.3)$$

где  $F_a$  – постоянная по величине и направлению осевая нагрузка, кГс;

$K_b$  – коэффициент безопасности;

$K_T$  – температурный коэффициент.

$$P_a = 1,1 * 1,2 * 0,66 = 0,87 \text{ кГс}$$

Расчёт долговечности.

$$L = (C_a / P_a)^P, \text{ млн. оборотов.} \quad (4.4)$$

						Лист
					ДП - 150202.65-07101683а ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



где  $p$  – степенной показатель шарикоподшипников=3.

$$L = (20665,9 / 0,87)^3 = 136\ 108 \text{ млн. оборотов.}$$

#### 4.2. Расчёт подшипника качения блока катушек блока катушек

По конструктивным соображениям для механизма поворота стола выбираем шариковый однорядный подшипник 113 ГОСТ 8338-75 рис.11.

Технические данные подшипника приведены в таблице 12 [7].

Таблица 12 – Технические данные подшипника

Обозначение подшипника	d	D	B	r	C, кГс	n, об/мин		Шарики	
						П	Ж	Dт	Z
113 ГОСТ 8338-75	65	100	18	20	2400	5000	6300	10,32	15

Особо лёгкая серия диаметров

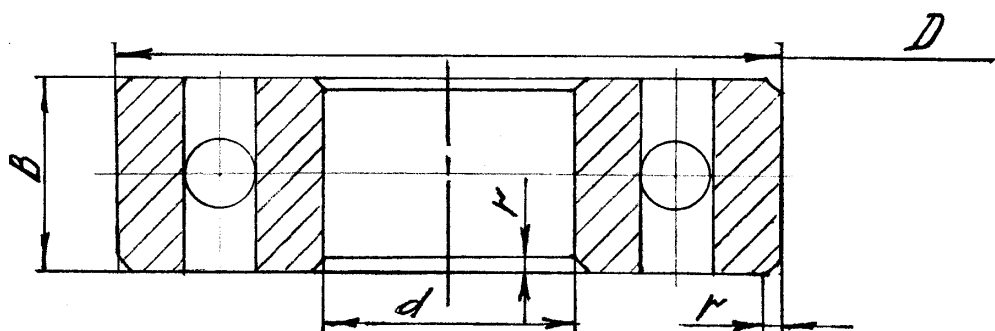


Рисунок 11 – Подшипник качения 113 по ГОСТ 8338-75

Расчёт динамической грузоподъёмности.

$$C = f_c(i * \cos \alpha)^{0.7} * (z * 2/3) * D^{1.4} * 3.647 \text{ (кГс)}, \quad (4.5)$$

где  $\alpha$  - номинальный угол контакта = 75°;

$f_c$  – коэффициент для динамической нагрузки, зависящий от геометрии деталей подшипников, точности их изготовления и материалов, равный для данных условий 3,81;

$z$  – число тел качения в 1 ряду.

$$C_a = 586.8 \text{ кГс.}$$

Расчёт эквивалентной динамической нагрузки.

$$P_a = X_o * V * F_r + Y_o * F_a, \quad (4.6)$$

где  $F_a$  – постоянная по величине и направлению осевая нагрузка, =0, кГс;

$V$  – коэффициент вращения =1;

$X_o$  – коэффициент радиальной нагрузки = 1;

$Y_o$  – коэффициент осевой нагрузки = 1;

$F_r$  – постоянная по величине и направленности радиальная нагрузка = 98 кГс.

$$P_a = F_a = 98 \text{ кГс.}$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ДП - 150202.65-07101683а ПЗ

### 4.3. Расчёт прижимного устройства

Выбор винтовой цилиндрической пружины сжатия.

Винтовая цилиндрическая пружина из проволоки круглого сечения может работать как на сжатие так и на растяжение. В пружинах витки не должны прилегать друг к другу даже при нагрузке [7]. Минимальное допустимое расстояние между витками  $\delta_{\min} = 0.1d$ , где

$d$  - диаметр проволоки, не ниже 0,5мм;

$i$  – число рабочих витков пружины;

$r$  – число среднего радиуса витка;

$l$  – рабочая длина проволоки пружины;

$p$  – максимальная сила сжатия пружины;

$\xi$  - отношение диаметра проволоки к диаметру пружины ( $\xi = d/2r$ ).

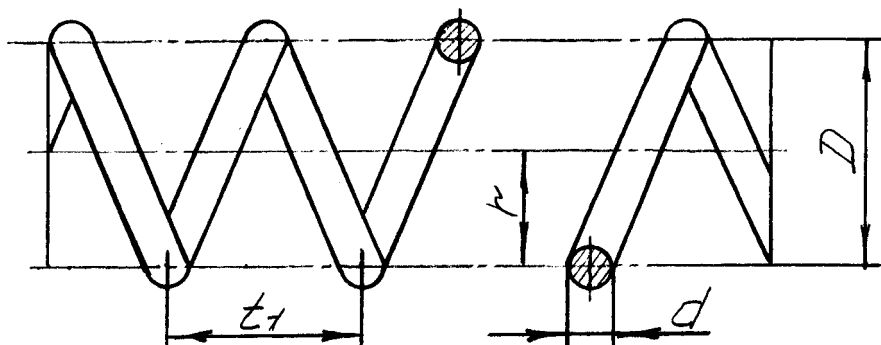


Рисунок 12 – Пружина сжатия

Дано:  $p = 50$  кг,  $r = 30$ мм. Для более точного и быстрого определения параметров винтовых цилиндрических пружин применяется номограмма. По вертикали отложены в определённом масштабе значения в мм  $r$ ,  $f$ ,  $i$ ,  $P$ [кТ],  $d$ . Номограмма построена для значений  $[\tau] = 3500$ кг/см<sup>2</sup>,  $G = 800\ 000$  кг/см<sup>2</sup>.

$$d = \sqrt{P \cdot r} / (0.2 \cdot r) \quad (4.7)$$

								Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ			

$$i = (f * d * G) / (4 * \pi * r^2 * \tau) \quad (4.9)$$

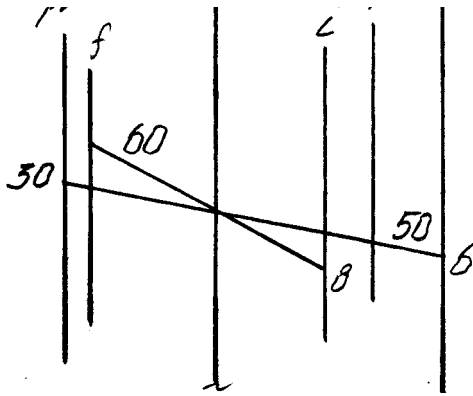


Рисунок 13 – Номограмма

Прямая *a* соединяющая на шкале  $\tau$  точку 50 с точкой 30 на шкале  $f$  пересекает шкалу  $d$  в точке  $d = 6$ мм и шкалу  $f$  в точке  $f = 40$ мм.

Расчётные формулы:

$$P = (1 / R_1) * (\pi / 16) * (d^3 / r) * [\tau] = (J * \pi * d^2 * [\tau]) / (8R_1) \quad (4.8)$$

$$f = (R_2 / R_1) * ((2 * r) / d) * ([\tau] / G) \quad (4.9)$$

$$C = (1 / R_2) * (d^4 / (64 * i * r^3)) * G \quad (4.10)$$

$$n = R_2 / (4 * R_1^2) \quad (4.11)$$

$$R_1 = 1 + 5/4\xi + 7/8\xi^2 + \xi^3 \quad (4.12)$$

$$R_2 = 1 - 3/16\xi^2 \quad (4.13)$$

$$\xi = d / (2 * r) \quad (4.14)$$

если  $R_1 = R_2$  и  $\xi$  очень мало, то  $R_1 = R_2 = 1$ . Найдём по вышеприведенным формулам

$$\xi = 6 / (2 * 30) = 0,1$$

$$R_1 = 1 + 5/4 * 0,1 + 7/8 * 0,01 + 0,001 = 1,134$$

$$\tau = R_1 * [\tau] = 1,134 * 3500 = 4000 \text{ кг/см}^2$$

					<i>ДП - 150202.65-07101683а ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 5. Исследовательский раздел

### 5.1. Особенности наплавки лентами малой толщины

Применение электродных лент малой толщины (0,1 – 0,3мм) вызвано необходимостью получения малой длины сварочной ванны при наплавке, например для наплавки цилиндрических изделий малого диаметра. По сравнению с лентами толщиной 0,5мм и более, тонкие ленты позволяют производить наплавку при больших плотностях тока, обеспечивая минимальное проплавление основного металла и высокую производительность процесса. На рис.14. показано влияние толщины ленты на изменение глубины проплавления  $h_n$ , толщины наплавки  $C$ , долю участия основного металла в наплавленном  $\gamma$  [4].

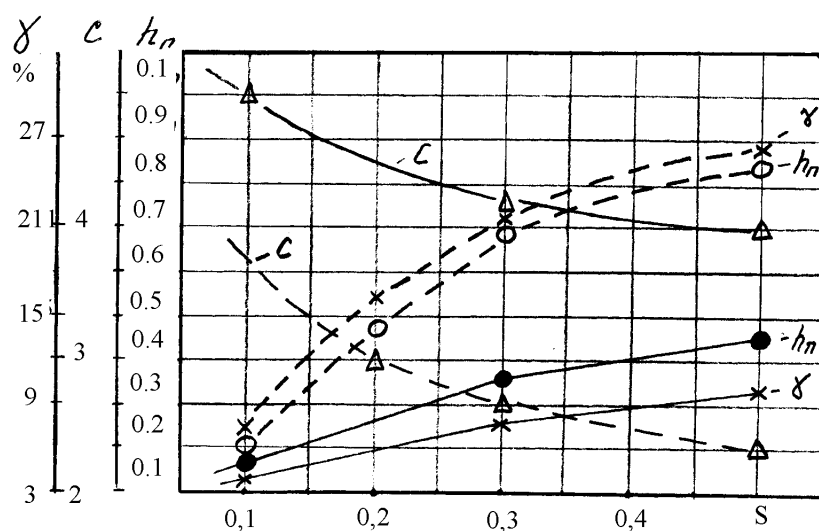


Рисунок 14 – Влияние толщины ленты на изменение  $\gamma$ ,  $C$ ,  $h_p$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ДП - 150202.65-07101683а ПЗ

Лист

Сплошные кривые – лента из стали 08X18H10T,  $I = 300\text{A}$ ,  $U = 31\text{В}$ ,  $v_n = 0,23\text{см/с}$ ,  $B_l = 30\text{мм}$ ;

Штриховые кривые – лента из стали 08кп,  $I = 600\text{A}$ ,  $U = 30\text{В}$ ,  $v_n = 0,19\text{см/с}$ ,  $B_l = 50\text{мм}$ .

При постоянных значениях сварочного тока, напряжения дуги и ширины ленты с уменьшением толщины ленты уменьшается глубина проплавления  $h_n$  основного металла и доля участия основного металла в наплавленном  $\gamma$ , а высота наплаваемого валика увеличивается [4].

Для тонких электродных лент существует максимальная ширина, при которой предельный сварочный ток, обеспечивающий устойчивое плавление ленты, позволяет получить наибольшую производительность процесса. Максимальное значение плотности тока  $J_{\max}$  и соответствующее ему предельное значение ширины электрода  $B_{\max}$  для лент из сталей 08кп и 08X18H10T приведены на рисунке 15 [4].

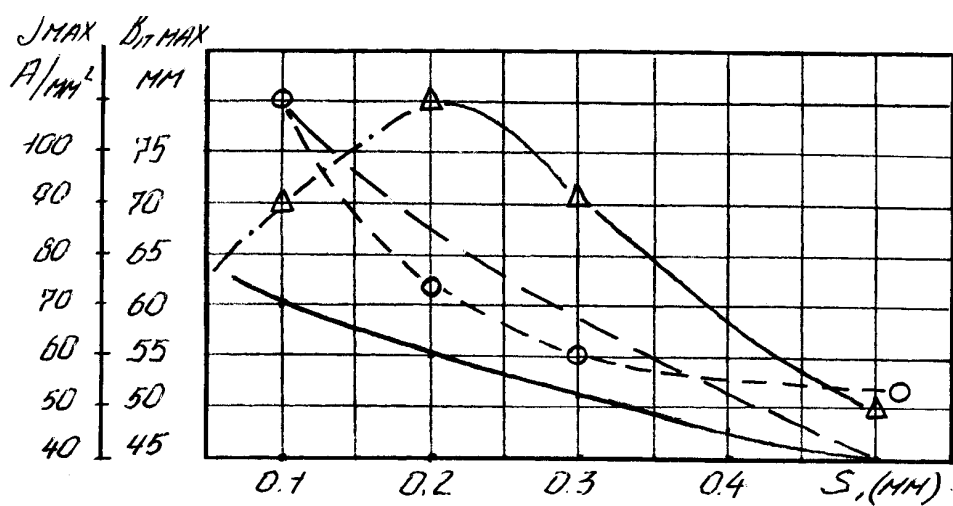


Рисунок 15 – Предельные значения плотности тока  $J_{\max}$  и ширины ленты  $B_{\max}$  в зависимости от толщины при  $I = 900 - 1100\text{A}$

Сплошные кривые – лента из стали 08X18H10T.

Штриховые кривые – лента из стали 08кп.

На рисунке 16 показано изменение коэффициента наплавки  $d_n$  и номинальной производительности  $g_n$ , соответствующих значениям плотности тока  $J_{max}$  и ширины ленты  $B_{max}$ .

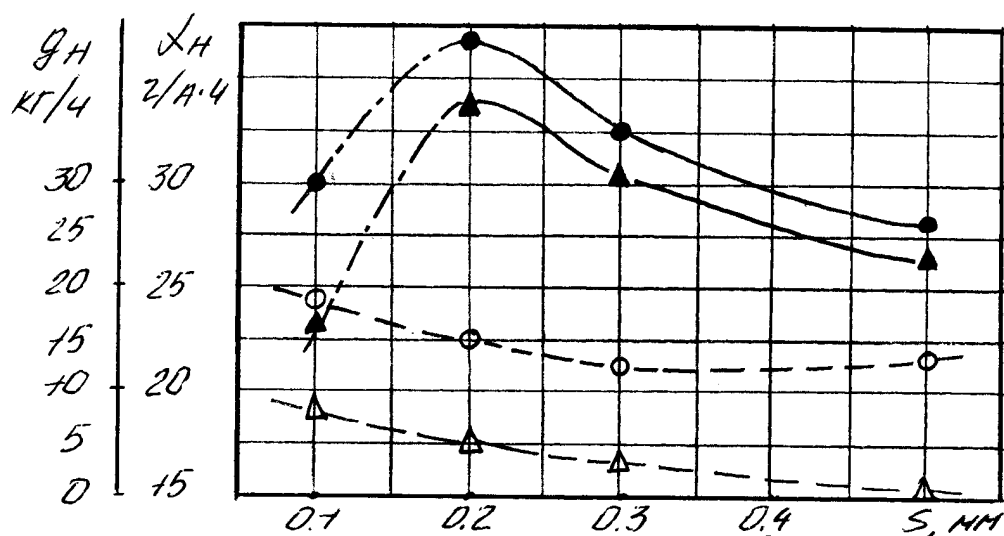


Рисунок 16 – Изменения коэффициента  $d_n$  и максимальной производительности  $g_n$

Сплошные кривые – лента из стали 08X18H10T.

Штриховые кривые – лента из стали 08кп.

Как видно из рисунка при ограниченной мощности источника наибольшая производительность достигается при наплавке электродными лентами толщиной  $S = 2\text{ мм}$  и менее из стали 08X18H10T.

При наплавке лентами толщиной 0,1мм из стали 08кп устойчивость её плавления лучше, чем лент из стали 08X18H10T [4].



На рис.19. эта особенность характеризуется спадом кривых  $d_n$  и  $g_n$  при толщине ленты 0,2мм из стали 08X18H10T и подъемом кривых  $d_n$  и  $g_n$  для ленты из стали 08кп.

Электродными лентами толщиной 0,1 – 0,2 мм можно производить наплавку на малом токе. Применение таких лент позволяет увеличить ширину электродов до 110мм при питании от источников средней мощности (1000А) [4].

## 5.2. Влияние режимов наплавки на производительность процесса

Производительность наплавки  $g_n$  определяется количеством наплавляемого металла в час. Она зависит от коэффициента расплавления электрода  $d_p$  представляющего собой количество расплавленного металла в граммах за час, отнесённое к одному амперу сварочного тока. Производительность наплавки электродной лентой значительно выше, чем производительность наплавки проволокой, она может достигать 37кг наплавляемого металла в час [4].

Изменение производительности наплавки, в зависимости от ширины электродной ленты, сварочного тока и высоты электрода показано на рис.17.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

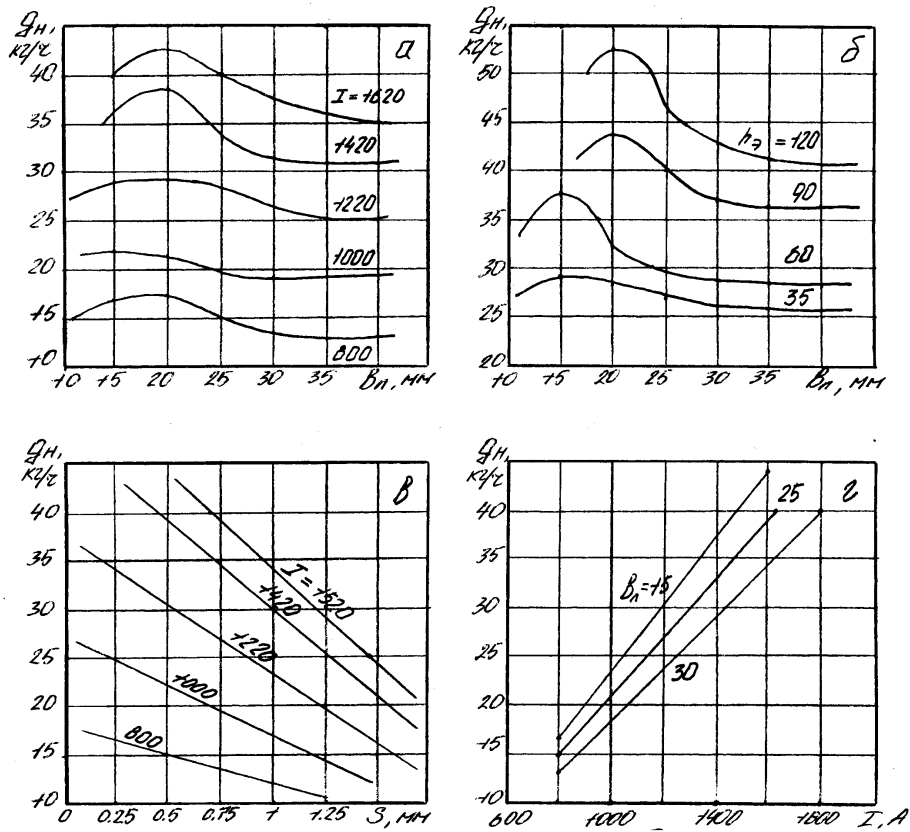


Рисунок 17 – Изменение производительности наплавки в зависимости от ширины ленты, сварочного тока и вылета электрода

а) от ширины ленты  $B_n$  от  $S$ ; б) от ширины ленты  $B_n$  от  $h_2$ ; в) от толщины  $S$  при различных  $I$  и  $h_2$ ; г) от  $I$  св при разных  $B_n$ .

С ростом ширины электродной ленты в пределах 15–25 мм производительность наплавки вначале вырастает и достигает максимума при оптимальной ширине ленты  $B_{опт}$ . Это объясняется увеличением скорости перемещения дуги по торцу электрода для данного диапазона размеров лент. В точке максимума скорость перемещения дуги достигает наибольшего значения [4].

Кривые оптимальной ширины ленты и соответствующие им максимальные значения производительности могут быть описаны зависимостями:

$$B_{опт} = 14 + 0,388 * \sqrt{I - 1200} , \text{ мм.}$$

$$g_{\max} = 26 + 0,834 * \sqrt{I - 1200} \text{ , кг/ч.}$$

Эти зависимости справедливы для сварочного тока  $I = 1200 - 1800\text{А}$ ,  $U = 30\text{В}$ ,  $v = 1.7 \text{ см/с}$ ,  $h_0 = 35\text{мм}$  и толщины электродной ленты  $S = 0.5 \text{ мм}$ .

С повышением сварочного тока производительность наплавки вырастает, а её экстремальное значение смещается в сторону большей ширины ленты. Такой же характер изменений кривых имеет место при увеличении вылета электрода. Ниже приведены схемы наплавки колеблющимся электродом (см. рис.18).

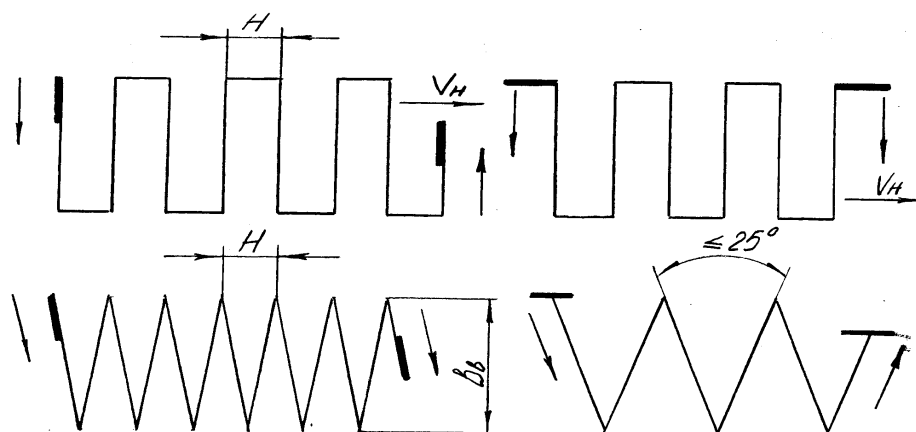


Рисунок 18 – Схемы наплавки колеблющимся электродом

### 5.3. Влияние режимов наплавки на размеры наплавленных валиков и проплавление основного металла

Характер проплавления основного металла определяется степенью перемешивания основного металла с наплавляемым. Увеличение доли основного металла в наплавленном снижает эффективность действия легирующих элементов электродного металла [4].

Параметры режима, род и полярность тока оказывают существенное влияние на переход углерода из основного металла в наплавленный.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

Благодаря постоянному перемещению дуги, глубина проплавления основного металла, при наплавке лентой меньше, чем при наплавке проволокой. В этом заключается одно из важнейших преимуществ наплавки лентой, позволяющее экономично расходовать дорогостоящие наплавочные материалы [4].

При наплавке электродной лентой форма валиков характеризуется (рис.19):

- шириной  $B_B$ ;
- глубиной проплавления  $h_{п}$ ;
- высотой  $C$ ;
- коэффициентом формы  $X = B_B / h_{п}$ ;
- долей основного металла в наплавленном  $Y = F_0 / (F_0 + F_1)$ .

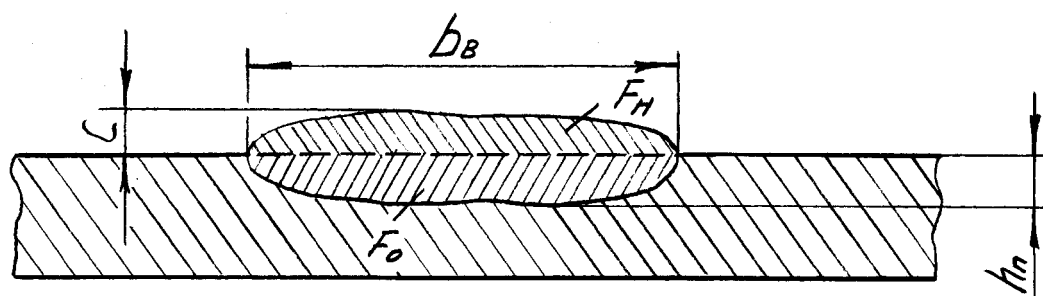


Рисунок 19 – Геометрические характеристики наплавляемого валика

Наибольшее влияние на глубину проплавления и перемешивание основного металла с наплавляемым оказывает скорость наплавки. С её ростом увеличивается глубина проплавления, уменьшается ширина и толщина наплавляемого валика, доля основного металла в наплавленном резко возрастает (рис.20) [4].

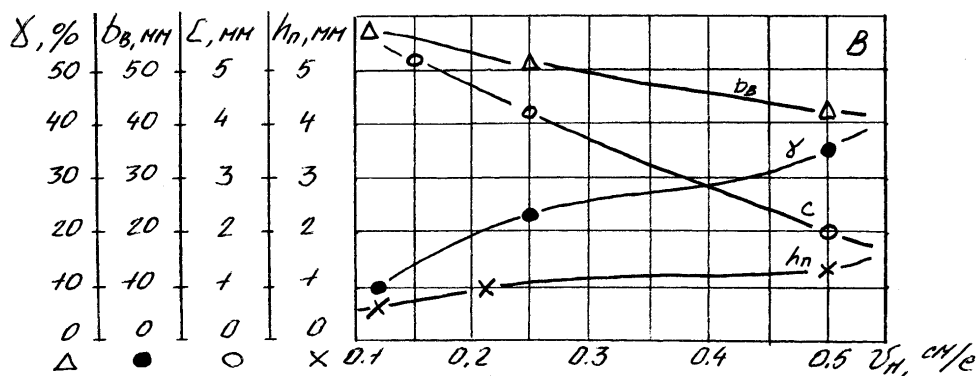
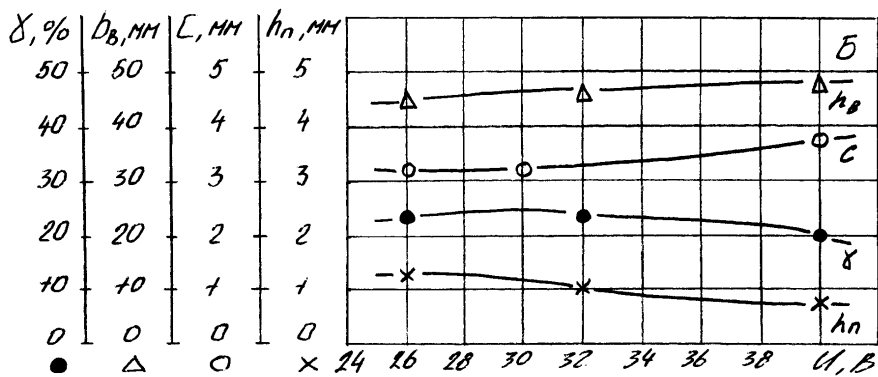
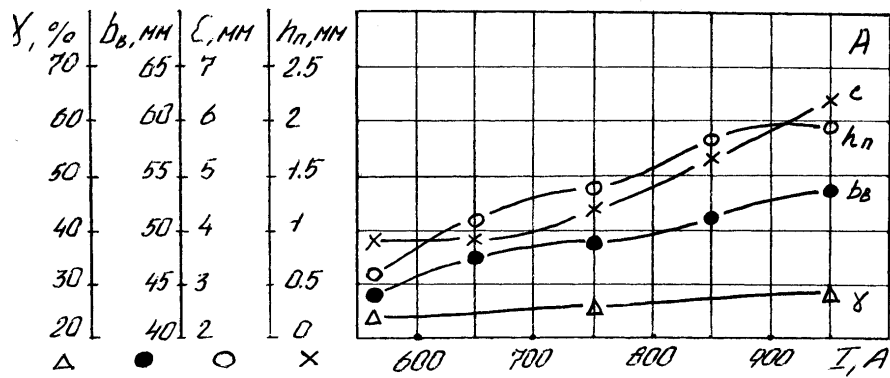


Рис.20. Изменение геометрических характеристик наплавленного валика в зависимости от режимов наплавки

При малых скоростях наплавки между торцом электрода и наплавленной поверхностью образуется значительное количество жидкого металла. Это приводит к рассеиванию теплового потока, вследствие чего уменьшается глубина проплавления основного металла.

Погонная энергия и размер жидкой прослойки влияют на строение линии сплавления. При наплавке стали аустенитного класса на низкоуглеродистую и среднеуглеродистую сталь у границы сплавления возникает переходная зона химической неоднородности, насыщенная углеродом, перешедшим из основного металла и отличающаяся пониженным содержанием хрома и никеля.

Переходная зона состоит из двух прослоек: мартенситной, прилегающей к линии сплавления и диффузионной, не подвергшейся мартенситным преобразованиям, но имеющей различный химический состав [4].

Мартенситная прослойка обладает высокой твёрдостью и хрупкостью. Из-за наличия сплавляющих напряжений, возникающих при сплавлении аустенитного слоя с углеродистой сталью, она может явиться очагом зарождения усталостных трещин и причиной разрушения деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок. Поэтому при выборе способа и режимов наплавки хромоникелевых сплавов на углеродистые стали стремятся уменьшить толщину мартенситной прослойки, либо предотвратить её образование – за счёт наплавки переходного барьерного слоя. Одним из технологических приёмов, способствующих уменьшению толщины мартенситной прослойки, является использование сверхтонких холоднокатаных аустенитных лент (0,1 – 0,2мм). Размеры диффузионного слоя в зоне сплавления в пределах которого изменяется концентрация элементов, зависят от толщины жидкой прослойки. Уменьшение доли участия основного металла в наплавленном за счёт уменьшения толщины ленты способствует получению меньшей толщины мартенситной прослойки, по мере увеличения толщины ленты – толщина прослойки возрастает. С увеличением сварочного тока, глубина проплавления возрастает несмотря на то, что толщина жидкой прослойки увеличивается.

					ДП - 150202.65-07101683а ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Последнее объясняется наличием механического воздействия дуги на ванну жидкого металла, которое возрастает пропорционально квадрату тока.

При увеличении напряжения дуги глубина проплавления уменьшается. При напряжении дуги более 40В образуется большое количество расплавленного шлака, вызывающего переход дугового процесса в электрошлаковый, что резко ухудшает формирование валика.

Если напряжение дуги меньше 26В процесс наплавки неустойчив и характеризуется частыми короткими замыканиями дугового промежутка. При наплавке на спуск била, глубина проплавления уменьшается вследствие подтекания жидкого металла под дугу. Наплавка на подъём при угле наклона от 0° до 15° приводит к росту глубины проплавления металла, поэтому наплавка на подъём не рекомендуется.

С увеличением ширины ленты, глубина проплавления уменьшается. При малой ширине ленты дуга горит на большей части её ширины. Местный концентрированный ввод теплоты и высокое давление дуги обеспечивают глубокое проплавление основного металла. По мере увеличения ширины электрода образуются несколько сварочных дуг, поэтому глубина проплавления основного металла уменьшается. С увеличением толщины электрода глубина проплавления увеличивается (рис.21) [4].

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

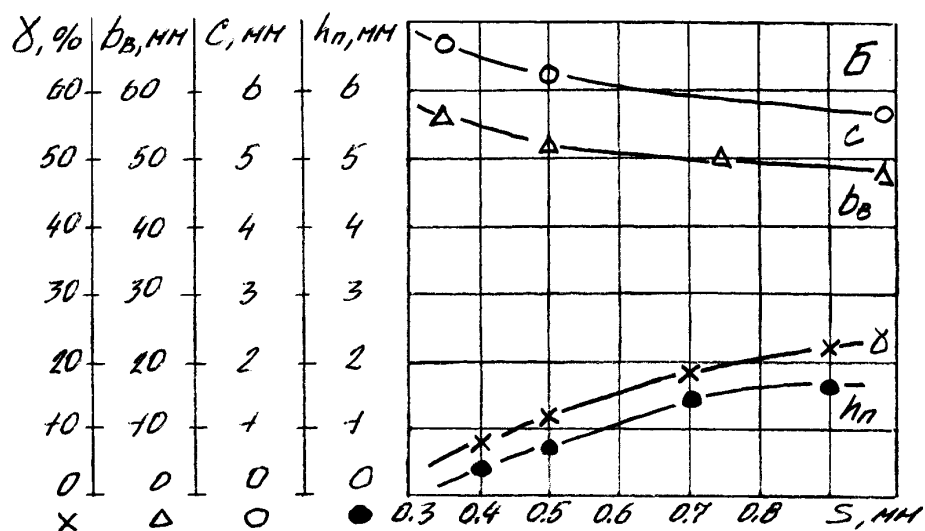
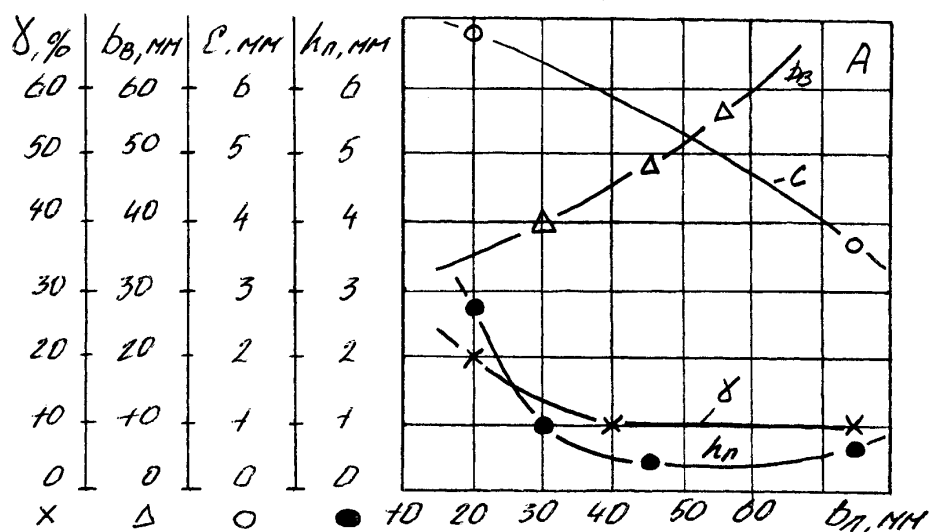


Рис.21. Влияние ширины ВЛ и толщины S электродной ленты на изменение геометрических характеристик наплавленного валика

Вывод: применение оптимальных режимов, способствующих получению наплавленного слоя заданных размеров, позволяет экономно расходовать электродный материал и электрическую энергию, обеспечивая высокую производительность процесса наплавки



## 6. Организационно-экономическая часть

В настоящее время на ТЭЦ, в котельных цехах, питаемых углем, для размельчения угля в печь, используют молотковые мельницы. На мельницах по окружности установлены билы, которые непосредственно и размельчают уголь. Срок работы одной новой билы 400 часов. До недавнего времени на ТЭЦ не было оборудования, восстанавливающего изношенную билу. Предприятию приходилось закупать новые билы.

Наплавка изношенной билы значительно снижает затраты предприятия. К тому же наплавленная била работает значительно дольше, чем не наплавленная. Ресурс работы наплавленной билы составляет 1000 часов. Ниже приведен расчет экономической эффективности от внедрения новой сварочной техники.

Задачи расчета:

- Установить потребность в единственных капитальных вложениях связанных с внедрением «механизированной линии зачистки и наплавки бил»;
- Рассчитать годовую потребность в билах, изготовленных по предложенной технологии;
- Определить затраты, связанные с изготовлением требуемого количества бил, изготовленных без зачистки и наплавки, и изготовленных с зачисткой и наплавкой.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

## 6.1. Экономический эффект за срок службы линии

Исходные данные для расчета экономической эффективности приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Исходные данные: (взяты с ТЭЦ-5)

Количество мельниц на одном котле, шт	4
Количество котлов с молотковыми мельницами, шт	15
Комплект бил на мельнице, шт	120
Общее количество бил, установленных на всех мельницах, шт	720
Не наплавленная била работает, час	400
Время работы мельницы за год, час	8000
Стоимость ненаплавленного била, руб	25000
Стоимость установки У-877, млн. руб	15
Ток наплавки, А	+300
Напряжение дуги, В	28÷30
Коэффициент наплавки, г/А*час	25
Коэффициент расхода электродного материала, кг	0,8
Коэффициент учитывающий время горения дуги, К <sub>д</sub>	1.1
Расход электроэнергии, К <sub>д</sub> кВт/час/кг	1.15
Коэффициент использования оборудования, К <sub>об</sub>	0,8
Годовой плановый фонд времени при односменной работе оборудования	1900
Стоимость 1кг порошковой ленты, Р <sub>эл.</sub> Руб	20000
Тарифная ставка оператора (слесарь VI разряда), руб	3021
Тарифная ставка наладчика (слесарь IV разряда), руб	2934
Тарифная ставка рабочего (слесарь II разряда), руб	2228
Цена электроэнергии, руб /кВт/час	350

Оборудование входящее в механизированную линию наплавки бил и его стоимость приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Стоимость оборудования

<b>Конвейер подвесной, млн. руб</b>	5
Манипулятор, млн. Руб	3,4
Механизм для снятия бил, млн. руб	2,5
Самоходная тележка, млн. руб	1,5
Кран подвесной однопролетный, млн. руб	6,6
Кран консольный поворотный, млн. руб	5
Стоимость всей линии, млн. руб	51,9
Автомат для наплавки, млн. руб	15
<b>Итого: стоимость всей линии, млн. руб</b>	<b>63,4</b>

## 6.2. Расчет экономической эффективности

Подсчитаем количество замен одной билы в год (новой не наплавленной)

$$n = n_1 : n_2$$

где  $n_1=8000$  – время работы мельницы за год, час;

$n_2=400$  – работа не наплавленной билы, час;

$n_1$  и  $n_2$  – взяты с ТЭЦ-5

$$n = 8000 : 400 = 20 \text{ раз}$$

Количество бил на одну замену

$$n' = n_1^1 * n_2^1 = 120 * 10 = 1200(\text{шт})$$

где  $n_1^1=120$  – комплект бил на одной мельнице;

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

$$n_2' = a * b = 1 * 10 = 10 \text{ (шт.)}$$

где  $a$  – количество мельниц на одном котле;

$b$  – количество котлов с мельницами;

Требуемое количество не наплавленных (новых) бил в год

$$N_1 = n^1 * n$$

где  $n$  – количество замен одной билы в год;

$n^1$  – количество бил на одну замену;

$$N_1 = 1\,200 * 20 = 24\,000 \text{ (шт.)}$$

Стоимость не наплавленных бил, требуемых для работы мельниц в год:

$$C = N_1 * Ц$$

где  $N_1$  – требуемое количество не наплавленных бил в год, шт.;

$Ц$  – цена за одно било;

$$C = 24\,000 * 25\,000 = 600\,000\,000 \text{ (руб.)}$$

Разница по замене, времени работы после наплавки:

$$N = 8\,000 / 1\,000 = 8 \text{ раз}$$

где 8 000 – время работы мельницы за год;

1 000 – время работы наплавленного била.

Требуемое количество наплавленных бил в год, (шт.)

$$N_2 = n^1 * n$$

где  $n^1$  – количество бил на одну замену, (шт.)

$n$  – разница по замене, раз

$$N_2 = 1\,200 * 8 = 9\,600 \text{ (шт.)}$$

Стоимость наплавленных бил за год, (руб.)

$$C_n = N_2 * C_{\text{полн.}}$$

где  $N_2$  – требуемое количество наплавленных бил в год, (шт.)

$C_{\text{полн.}}$  – полная себестоимость изделия, (руб.)

Отсюда следует, что экономический эффект за год будет равен:

$$\mathcal{E} = (24\,000 * Ц - 9\,600 * C_{\text{полн.}}) - K_{\text{об.}}$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

где Ц – цена за одно новое било;

$C_{\text{полн.}}$  – полная себестоимость;

$K_{\text{об.}}$  – балансовая стоимость оборудования, (руб.)

Определим массу наплавленного металла:

$$Q_n = \frac{V * \gamma}{1000}, (\text{кг})$$

где V – объём наплавленного металла,  $\text{см}^3$ ;

$$Q_n = \frac{154 * 7,8}{1000} = 1,2 (\text{кг})$$

$\gamma$  – плотность наплавленного металла (для сталей 7,8  $\text{г}/\text{см}^3$ )

объем наплавленного металла взят на ТЭЦ-5

Подсчитаем затраты на материал

$$C_{\text{эл}} = Q_n * C_{\text{эл}}, (\text{руб.})$$

где  $Q_n$  – масса наплавленного металла, (кг);

$C_{\text{эл}}$  – цена 1 (кг) электродной проволоки;

$$C_{\text{эл}} = 1,2 * 20\,000 = 24\,000 (\text{руб.})$$

Зарплата людей, обслуживающих линию:

$$C_3 = C_r * t_i * k_{\text{бр}} * k_{\text{пр}} * k_{\text{доп}} * k_{\text{стр}}, (\text{руб.})$$

где  $C_r$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб.;

t – норма времени на выполнение i-ой операции, час.;

$k_{\text{бр}}$  – коэффициент, учитывающий численность бригады;

$k_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий приработок рабочих;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату;

$k_{\text{стр}}$  – коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социального страхования;

$$C_3 = (3021 + 2934 + 2228) * 0,019 * 3 * 1,3 * 1,075 * 1,07 = 697,4 (\text{руб.})$$

$$t_n = 1000 / (I_n * \alpha_n * K_p * 2) = 1000 / (1300 * 25 * 0,8 * 2) = 0,019 (\text{час.})$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65-07101683а ПЗ				

Затраты на электроэнергию по таблице 6 [13] определен, что  $q_3$  удельный расход электроэнергии для автоматов и полуавтоматов на постоянном токе 5-6 кВт/ч, выберем 6 кВт/ч

$$C_{\text{сил.эн.}} = \frac{N * k_m * k_e * Ц_3}{k_{\text{пд}} * k_{\text{вi}}}$$

где  $C_{\text{сил.эн.}}$  – затраты на силовую энергию, руб;

$N$  – установленная мощность электродвигателей, кВт;

$k_m$  – коэффициент загрузки электродвигателей по мощности;

$k_v$  – коэффициент загрузки электродвигателей по времени;

$Ц_3$  – стоимость потребленного кВт\*ч активной энергии;

$k_{\text{пд}}$  – коэффициент полезного действия электродвигателей;

$k_{\text{вi}}$  – коэффициент, учитывающий выполнение норм времени по  $i$ -ой операции;

$$C_{\text{сил.эн.}} = \frac{10 * 0,8 * 0,5 * 350}{0,8 * 0,5} = 3500 (\text{руб.})$$

Затраты на электрическую энергию для технологических целей:

$$C_{\text{эм}} = q_{\text{эм}}^{\text{кг}} * Q_n * Ц_3$$

где  $q_{\text{эм}}^{\text{кг}}$  – удельный расход электроэнергии на 1 (кг) массы наплавленного металла, кВт/ч;

$Q_n$  – масса наплавленного металла, кг;

$Ц_3$  – стоимость потребленного кВт/ч энергии, руб.

$$C_{\text{эм}} = 6 * 1,2 * 350 = 2520 (\text{руб.})$$

Стоимость сжатого воздуха:

$$C_6 = r_n * k_{\text{пот}} * \frac{t_n}{k_{\text{вi}}} * Ц_{\text{с.в.}}$$

где  $r_n$  – среднечасовая норма расхода сжатого воздуха;

$k_{\text{пот}}$  – коэффициент, учитывающий потери сжатого воздуха (1.15)

$t_n$  – норма времени на наплавку;

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

$k_{bi}$  – коэффициент, учитывающий выполнение норм времени по  $i$ -ой операции;

$\Pi_{с.в.}$  – стоимость сжатого воздуха, руб.

$$C_6 = 1,15 * 1,1 * \frac{0,019}{0,5} * 5000 = 240(\text{руб.})$$

Затраты на амортизацию:

$$C_a = \frac{K_{об} * H_a}{100}$$

$$C_{обсл} = \frac{K_{об} * H_a}{100}$$

где  $K_{об}$  – балансовая стоимость оборудования;

$H_a$  – норма годовых амортизационных отчислений;

$$K_{об} = \Pi_{об} * (1 + k_{т.з.}), \text{ руб.}$$

где  $\Pi_{об}$  – цена оборудования, руб.

$k_{т.з.}$  – коэффициент, учитывающий транспортно – заготовительные расходы (0,1);

$$K_{об} = 63\,400\,000 * (1 + 0,1) = 69\,740\,000 \text{ (руб.)}$$

$$C_a = \frac{69740000 * 11}{100} = 7671400(\text{руб.})$$

$$C_{обсл} = \frac{69740000 * 5}{100} = 3787000(\text{руб.})$$

Таблица 15 – Таблица затрат

На материал, руб.	24000
На зарплату, руб.	697,4
На электроэнергию	
технологическую	2520
силовую	3500

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65–07101683а ПЗ				

На сжатый воздух	240
На амортизацию	11
На обслуживание	5
Итого:	30973,4 руб.

Экономический эффект за год будет равен:

$$\mathcal{E} = (N_1 * Ц - N_2 * C_{\text{полн}}) - K_{\text{об}}$$

где  $N_1$  – требуемое количество не наплавленных бил в год, шт.;

$Ц$  – цена за одну не наплавленную билу, руб.;

$N_2$  – требуемое количество наплавленных бил в год, шт.

$C_{\text{полн}}$  – полная себестоимость единицы продукции;

$K_{\text{об}}$  – балансовая стоимость оборудования.

Найдем  $C_{\text{полн}} = C_{\text{тех.}} + C_{\text{проч}}$

$$C_{\text{полн}} = 30973,4 + (697,4 * 0,5) = 31322,1 \text{ (руб.)}$$

$$\mathcal{E} = (24000 * 25000 - 9600 * 31322,1) - 69740000 = 50019 \text{ (руб.)}$$

Вывод: Основной экономический эффект составил 50019 рублей был достигнут за счет разности часов работы бил не наплавленных 400 часов, наплавленных 1000 часов.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ	



## 7. Охрана труда

### 7.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте оператора наплавочного участка

При выполнении сварки на работающих могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы. К вредным производственным факторам относятся (ГОСТ 12.0.003-74):

- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны (вредные вещества);
- повышенный уровень ультрафиолетовой, и инфракрасной радиации;
- повышенное инфракрасное излучение сварочной ванны и сварочных изделий;
- статическая нагрузка на руку;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- пониженная влажность воздуха;
- пониженная подвижность воздуха;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- опасность поражения электрическим током;
- искры, брызги, выброс расплавленного металла и шлака;
- движущиеся механизмы и изделия;

Интенсивность излучения сварочной дуги в оптическом диапазоне спектра зависит мощности дуги, применяемых материалов, защитных газов. При отсутствии защиты, возможно, поражение органов зрения и ожоги кожного покрова. Отрицательное воздействие на здоровье может оказывать инфракрасное излучение предварительно подогретых деталей [9].

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

При ручных и полуавтоматических методах сварки имеет место статическая нагрузка на руку, в результате чего возникают заболевания нервно – мышечного аппарата плечевого пояса.

Неправильная эксплуатация электрооборудования может привести к поражению электрическим током. При выполнении сварочных работ на высоте и отсутствии соответствующих предохранительных средств и ограждений возможно падение работающих. Движущиеся машины, механизмы, изделие при отсутствие ограждений и защитных устройств могут привести к травмам.

При сварке в зону дыхания работающих могут поступать сварочные аэрозоли, содержащие в составе твердой фазы оксиды различных материалов, и другие соединения, а также токсичные газы. Количество и состав сварочных аэрозолей, их токсичность зависит от химического состава сварочных материалов и свариваемых материалов, вида технического процесса. Воздействие на организм выделяющихся вредных веществ может явиться причиной острых и профессиональных хронических заболеваний и отравлений[9].

Концентрация вредных веществ в рабочей зоне не должна превышать ПДК по ГОСТ 12.1.005-88, указанных в таблице 16.

Таблица 16 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование Вещества	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Преимущест- вен ное агрегатное состояние	Класс опасности	Особенности действия на организм
Азот диоксид	2	П	III	О
Азота оксиды (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	5	П	III	О
Ангидрид хромовый	0,01	A	I	

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65-07101683а ПЗ				

Продолжение таблицы 16

Ванадий и его соединения:				
дым пятиоксида ванадия	0,1	а	I	
пыль трехоксида ванадия	0,5	а	II	
пыль пятиоксида ванадия	0,5	а	II	
Вольфрам	6	A	III	
Железа оксид	6	A	IV	
Молибден	6/1	A	III	
Молибден, раств. соед. в виде пыли	4	A	III	
Никеля оксид (в пересчете на Ni)	0,05	A	I	К, А
Озон	0,1	П	I	О
Углерода оксид	20	П	IV	О
Феррохром металлический (65%Cr + Fe)	2	A	III	Ф
Фтористый водород (в пересчете на F)	0,5/0,1	П	I	О
Хрома оксид	1	A	III	A

Во время сварки возможно выделение таких химически вредных веществ как оксид углерода, марганец, оксид хрома, свинец. Их особенности и некоторые характеристики приведены в таблице 17 [9].

Таблица 17 – Характеристики вредных веществ

Марганец в сварочных аэрозолях при его содержании	№ по CAS	Формула	Величина ПДК (мг/м <sup>3</sup> )	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности	Особенность действия на организм
До 20%	7439-96-5	Mn	0,2	Аэрозоль	2	—
От 20% до 30%	7439-96-5	Mn	0,1			
Оксид углерода	630-08-0	CO	20	Пары или газы	4	—

Дихром Триоксид	1308- 38-9	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	1	Аэрозоль	3	Вещество вызывает аллергию
Свинец и его неорганические соединения	—	—	0,01/0,005	аэрозоль	1	—

Для определения гигиенических условий при наплавке порошковой лентой ПЛ–АН101 было изучено состояние воздушной среды в зоне дыхания рабочих [10].

В таблице 18, 19 представлены данные о качественном и количественном составе аэрозолей в зоне дыхания рабочих в производственных и лабораторных условиях соответственно [10].

Таблица 18 – Количественный и качественный состав аэрозолей

Тип порошко- вой ленты	Содержание мг/м <sup>3</sup>					
	Место отбора проб	Пыли	N2O5	HF	CO	O3
ПЛ–АН10 1	3 м от дуги	5,9±0,1	3,2±0,8	0,12±0,01	3,5±0,9	0,64±0,9
	1 м от дуги	21,8±0,8	5,5±0,32	1,43±0,04	17,54±1,83	5,8±0,35

При наплавке порошковой лентой ПЛ–АН101 концентрация пыли составляла - 5,9-21,8 мг/м<sup>3</sup>. Содержание окислов азота непосредственно на рабочем месте превышало допустимую норму (на расстоянии 1 м от дуги). На участках, удаленных от зоны сварки, их концентрация была ниже допустимой [10].

Таблица 19 – Количественный и качественный состав аэрозолей

Условия опыта	Содержание газообразных веществ, мг/м <sup>3</sup>				
	HF	SIF4	CO	N2O5	O3
Наплавка лентой ПЛ-АН101	1.33±0.04	Не обнаружено	17,54±1,83	6,5±0,22	7,8±0,88

Несмотря на то, что по техническим условиям введение фтористых соединений в состав ленты не предусмотрено, в производственных помещениях в зоне дыхания рабочих было от 0,06 до 1,43 мг/м<sup>3</sup> фтористого водорода. Его присутствие связано с примесями, входящими в состав исходных материалов шихты ленты [10].

Из газообразных веществ, обнаруживаемых в зоне дыхания рабочих в условиях производства, следует выделить озон, содержание которого в большинстве случаев было высоким. Особенно большое количество (7,8 мг/м<sup>3</sup>) его было обнаружено на расстоянии 1 м от места наплавки. Это по видимому связано с использованием больших сварочных токов, обеспечивающих более мощную дугу. Возникающее при этом интенсивное ультра фиолетовое излучение способствует образованию большого количества озона. Концентрация окислов углерода во всех случаях было ниже допустимой [10].

На условия труда рабочих оказывает влияние не только состав сварочных материалов и режимы, при которых ведется процесс. На них влияют и такие факторы, как расстояние рабочего места от наплавочной ванны, эффективность работы вентиляционных устройств и др.

Теплоизлучение в начале процесса наплавки на расстоянии 2; 1,5; и 1 м от дуги составляло 0,5; 1 и 2 кал/см<sup>2</sup> · мин.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

Химический анализ твердо фазы аэрозоля, выделяющегося при наплавке порошковой лентой ПЛ–АН101 показал, что в её состав входят соединения марганца, фтора, кремния, железа, хрома, магния, никеля (табл.20) [10].

Таблица 20 – Химический состав аэрозоля при наплавке порошковой лентой

Тип порошковой ленты	Содержание химических элементов (карбидов) в твердой фазе аэрозоля, %							
	Mn	F	Si	Fe	Cr	Mg	Ni	Al
ПЛ–АН101	1.23	0.5	1.5	38.5	3.53	4.73	0.92	–

Интересно отметить, что при наплавке проволоками, в состав которых введены углерод и карбидные соединения, выделяются та же карбиды металлов. Значительное количество (50–80%) соединений кремния, железа и хрома являются карбидами. Это оказывает существенное влияние на токсичность изучаемых аэрозолей, так как карбиды металлов значительно менее токсичны чем их оксиды [10].

Интенсивность теплового облучения в оптическом диапазоне (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное) на постоянных рабочих местах не должно превышать допустимых величин, приведенных в таблице 21.

Таблица 21– Допустимая интенсивность теплового облучения в оптическом диапазоне

Область спектра	Длина волны, мкм	Допустимая интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup>	Область спектра	Длина волны, мкм	Допустимая интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup>
Ультрафиолетовое	0,22-0,28	0,001	Инфракрасное	0,76-1,4	100
	0,28-0,32	0,05		1,4-3	120
	0,32-0,4	10		3-5	150
				>5	120

Согласно ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля промышленной частоты» нормируемая величина уровня допустимой напряжённости электрического поля в зависимости от времени пребывания работающего (4 часа) в нём составляет 8,33 кВ/м.

Защита рабочих от инфракрасного излучения может быть обеспечена сокращением времени пребывания в зоне воздействия источников теплового излучения в соответствии с данными таблицы 22.

Таблица 22 – Интенсивность теплового облучения Вт/м<sup>2</sup>

Максимальная продолжительность облучения, мин	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800
Однократно	20	15	12	9	7	5	3,5	2,5
Суммарно в течении часа	45		30			15		

Допустимые по ГОСТ 12.1.003-83 уровни звукового давления в октивных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБ(А) на рабочих местах производственных помещений и на территории предприятия приведены в таблице 23 [9].

Таблица 23 – Допустимые уровни шума

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Согласно санитарным нормам микроклимата производственных помещений СН 4080-86 нормируемые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне приведены в таблице 24 [9].

Таблица 24 – Нормируемые величины микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с, не более	
		опт.	доп.	опт.	доп.	опт.	Доп.
Холодный	Средней тяжести -II б	17-19	15-21	40-60	75	0,2	0,4
Тёплый	Средней тяжести -II б	20-22	16-27	40-60	70 при 25° С	0,3	0,2-0,5



В соответствии со СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение» нормируемые величины освещения для данного рабочего места приведены в таблице 25 [9].

Таблица 25 – Нормируемые величины освещения

Разряд зрительной работы	Искусственное освещение. Освещённость, лк				Естественное освещение. Освещённость, лк
	При системе комбинированного освещения		Сочетание нормируемых величин показателя ослеплённости и коэффициента пульсации		
	всего	Общее	P	K <sub>p</sub> , %	
III	1200	200	40	15	1,2

### 7.1.2. Электромагнитные излучения

Источником электромагнитных полей промышленной частоты являются токоведущие части действующих электроустановок. Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может вызвать нарушения функционального состояния нервной и сердечно–сосудистой систем. Это выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, сильных болях в области сердца, изменение кровеносного давления и пульса [9].

Оценка опасности воздействия электромагнитного поля на человека производится по величине электромагнитной энергии, поглощенной телом человека. Реакция организма человека на составляющие электромагнитного поля не является одинаковой, поэтому при оценке условий работы необходимо учитывать электрическую и магнитную напряженность поля.

### 7.1.3. Допустимые уровни напряженности электрических полей

Для этого используется нормативный документ “электромагнитные излучения”. ГОСТ 12.1.006–84 [14].

Предельно допустимый уровень напряженности воздействующего электрического поля устанавливается равным 25 кВ/м.

Пребывание в электрическом поле напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

Пребывание в электрическом поле напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня.

При напряженности электрического поля свыше 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала в электрическом поле не должно превышать 10 минут.

Допустимое время пребывания в электрическом поле напряженностью свыше 5 до 20 кВ/м включительно вычисляются по формуле [14]:

$$T=50/E-2, \quad (7.1)$$

где  $T$  – допустимое время пребывания в электрическом поле при соответствующем уровне напряженности, час;

$E$  – напряженность воздействующего электрического поля в контролируемой зоне, кВ/м.

### 7.1.4. Тяжесть и напряженность трудового процесса

Напряженность труда – это характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на центральную нервную систему, т.е. определяется нервным, психоэмоциональным напряжением, длительностью и интенсивностью интеллектуальной нагрузки [9].

Для того чтобы правильно подобрать человека на конкретное рабочее место, нужно знать нагрузку, которой он может подвергнуться.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65–07101683а ПЗ				

Для оценки напряженности трудового процесса используют ”Гигиенические критерии” оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. “Руководство Р 2.2.755–99”.

При проведении оценки напряженности труда учитывают следующие показатели: интеллектуальные нагрузки, сенсорные нагрузки, нагрузки на зрительный анализатор, эмоциональные нагрузки, монотонность нагрузок, режим работы.

Тяжесть трудового процесса оценивают в соответствии с настоящими “Гигиеническими критериями”. Уровни факторов тяжести труда выражены в эргометрических величинах, характеризующих трудовой процесс, независимо от индивидуальных особенностей человека, участвующего в этом процессе.

Основными показателями тяжести трудового процесса являются: физическая и динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, стереотипные рабочие движения; статическая нагрузка, рабочая поза; наклоны корпуса, перемещения в пространстве. Каждый из указанных факторов трудового процесса для количественного измерения и оценки требует своего подхода.

## **7.2. Меры по снижению и устранению опасных и вредных факторов**

### **7.2.1. Методы борьбы с шумом**

Снижение шума в источнике достигается путем его конструктивных изменений. Это обеспечивается заменой возвратно-поступательного перемещения деталей; повышением качества балансировки вращающихся деталей и класса точности изготовления деталей; улучшением смазки и класса чистоты трущихся поверхностей.

Методы снижения шума на пути его распространения от источника в значительной степени достигается проведением строительно – акустических мероприятий, с применением: кожухов, экранов, выгородок, звукоизолирующих перегородок между помещениями, звукопоглощающих облицовок, глушителей шума.

### **7.2.2. Защита от электромагнитного излучения**

Защита персонала от воздействия радиоволн применяется при всех видах работ, если условия работы не удовлетворяют требованиям норм; эта защита осуществляется следующими способами и средствами: использованием согласованных нагрузок и поглотителей мощности, снижающих напряженность и плотность потока энергии электромагнитных волн; экранированием рабочего места и источника излучения; рациональным размещением оборудования в рабочем помещении; подбором рациональных режимов работы оборудования и режима труда персонала; применением средств предупредительной защиты.

### **7.2.3. Защита от электрического тока**

Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайное прикосновение или приближение к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала [9].

Основные меры защиты от поражения током: изоляция; недоступность токоведущих частей; электрическое разделение сети с помощью специальных разделяющих трансформаторов; применение малого напряжения; использование двойной изоляции; выравнивание потенциала; защитное заземление и зануление; защитное отключение; применение

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65-07101683а ПЗ				

специальных электротехнических средств; организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Установка для автоматической сварки должна быть снабжена устройством для присоединения источника питания к сети, защитным аппаратом, аппаратом управления и регулирования, а также приборами для измерения основных электрических величин, характеризующих режим сварки.

Для питания сварочных автоматов рекомендуется применять источники питания с дистанционным регулированием режима работы.

Для быстрой остановки всех механизмов сварочной машины аппараты управления должны быть установлены в легко доступном месте. Шкафы и корпуса машин, в которых расположены электрические аппараты, должны быть снабжены дверцами и замками.

Корпус любого источника питания сварочной установки необходимо надежно заземлять.

Для присоединения заземляющего провода на электрическом оборудовании должно быть предусмотрено крепление, расположенное в доступном месте с надписью “Земля” или условным обозначением. Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких заземляющих аппаратов воспрещается.

Помимо заземления основного электросварочного оборудования, в установках для дуговой сварки надлежит непосредственно заземлять тот зажим вторичной обмотки сварочного трансформатора, к которому присоединяется проводник, идущий к изделию.

Изоляция проводов должна быть защищена от механических повреждений. Применение электросварочных проводов с поврежденной оплеткой и изоляцией запрещается.

Все открытые части сварочной установки, находящиеся под напряжением питающей сети и вращающиеся части оборудования должны

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

быть надежно защищены ограждениями. На органах управления сварочным оборудованием должны быть четкие надписи или условные надписи – знаки. Все органы управления сварочным оборудованием должны иметь надежные фиксаторы или ограждения, исключающие самопроизвольное или случайное их включение или выключение. Если при автоматической сварке корпус сварочной головки находится под напряжением дуги, то маховики, рукоятки и детали должны быть выполнены из изоляционного материала или надежно изолированы от корпуса головки. Запрещается производить ремонт сварочных установок под напряжением. Перед присоединением сварочной установки следует провести внешний осмотр всей установки и убедиться в ее исправности. Особое внимание следует уделить на состояние контактов и заземляющих проводников, исправность изоляции рабочих проводов, наличие и исправность защитных средств. При обнаружении каких-либо неисправностей сварочную установку включать воспрещается.

Эксплуатация баллонов со сжиженным газом, контейнеров с CO<sub>2</sub> рабочее давление должно автоматически поддерживаться в пределах 0,8 – 1,2 МПа. Во время отбора газа запрещается отогревать и резко перегибать подсоединительные шланги. В зимнее время баллоны с CO<sub>2</sub> во избежание замерзания должны устанавливаться в отапливаемых помещениях.

#### **7.2.4. Индивидуальные средства защиты**

Для защиты тела рабочего от тепловых, механических и других воздействий применяется специальная одежда (брюки, куртки, костюмы, комбинезоны, рукавицы и специальная обувь), которая должна соответствовать характеру выполняемой работы. Спецодежда и спецобувь должна выдаваться согласно нормам по отдельным отраслям промышленности в соответствии с “Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи спецодежды и спецобуви и предохранительных

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП – 150202.65–07101683а ПЗ					

приспособлений рабочих и служащим”. Для защиты лица и глаз от воздействия лучистой энергии электрической дуги, от брызг и искр расплавленного металла сварщики должны обеспечиваться щитками или масками.

### 7.3. Расчет местной вентиляции

Для снижения концентрации вредных веществ на рабочих местах до предельно допустимой нормы необходимо, прежде всего применить местные отсосы [11].

Применение местной вытяжной вентиляции основано на улавливании и удалении вредных веществ у источника их образования.

Габаритные размеры: длина –900 мм ; ширина –645 мм ; Площадь сечения воздуховода  $F=0,13\text{ м}^2$  ; Расход по данному участку сети  $L=1400\text{ м}^3/\text{ч}$  ; Скорость на данном участке сети  $V_{\text{уч.}}=10\text{ м/с}$ .

Определяем диаметр воздуховода:

$$D= 1,13(L/V_{\text{уч.}})^{0,5} \quad (7.2)$$

$$D=1,13(1400/10*3600)^{0,5}=0,22 \text{ м}$$

Определяем потерю давления на участке “а”

$$P_a=(L\cdot\lambda/D + \Sigma\psi)*P\cdot V_{\text{уч.}}^2/2 , \quad (7.3)$$

где  $L$ – длина воздуховода

$$L=1 \text{ м}$$

$\lambda$ – коэффициент трения, он определяется по формуле:

$$\lambda=0,0197/(V_{\text{уч.}}\cdot D)^{0,25} , \quad (7.4)$$

$$\text{где } \lambda=0,0197/(10\cdot 0,22)^{0,25} = 0,016$$

$\Sigma\varphi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений, он рассчитывается по формуле:

$$\Sigma\varphi=\varphi_1+\varphi_2 , \quad (7.5)$$

где  $\varphi_1$ – коэффициент местного сопротивления на входе

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

$$\varphi_1=0,4$$

$\varphi_2$ – коэффициент местного сопротивления на выходе

$$\varphi_2=1,15$$

$$\Sigma\varphi=0,4 + 1,15=1,55$$

$P$ – плотность воздуха

$$P=1,2\text{кг/м}^3$$

$$P_a=(1\cdot 0,016/0,22+1,55)\cdot 1,2\cdot 10^2/2=97,36 \text{ Па}$$

Определяем потерю давления на участке ”в”

$$P_a=(L\cdot\lambda/D + \Sigma\Psi)\cdot P\cdot V_{\text{уч.}}^2/2, \quad (7.6)$$

На участке ”в”  $\Sigma\varphi=0$  ,т.к. ход воздуха свободный

$$P_b=(2\cdot 0,016/0,22)\cdot 1,2\cdot 10^2/2=8,73 \text{ Па}$$

Общая потеря давления рассчитывается по формуле:

$$P = P_a + P_b, \quad (7.7)$$

$$P = 97,36 + 8,73 = 106 \text{ Па}$$

По этому давлению и расходу на данном участке  $L=1400 \text{ м}^3/\text{ч}$  выбираем вентилятор.

По характеристикам выбираем вентилятор “ЦЧ–70”.

Определяем мощность электродвигателя [11]

$$N_{\text{эд.}}= L\cdot P\cdot K/1000\cdot\eta_b\cdot\eta_n, \quad (7.8)$$

где  $K$ – коэффициент запаса мощности

$$K=1,1$$

$\eta_b$ – коэффициент полезного действия вентилятора

$$\eta_b= 0,55$$

$\eta_n$ – коэффициент полезного действия передачи

$$\eta_n= 1$$

$$N_{\text{эд.}}=1400\cdot 1,05\cdot 1,1/1000\cdot 0,55\cdot 1=0,8$$

Используя данные выбираем электродвигатель”А02–11–2,1” [11].

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				



#### 7.4. Пожарная безопасность

Определяем категорию помещения в соответствии с нормами НПБ 105-95.

Это помещение относится к категории “Г”, т.к. в нем находятся негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени; горячие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Требования к применению и эксплуатации производственного оборудования и организации рабочих мест. Цеха, где ведутся работы на электродуговой сварке, кислородно-ацетиленовой резке металлов, относятся к категории пожаро-взрывоопасных производств. Количество огнетушителей и других первичных средств пожаротушения для таких цехов должно выбираться в соответствии с типовыми правилами.

Помещения, в которых выполняется сварка, должны быть построены из элементов конструкции с противопожарной безопасностью и стойкостью. Места отведенные для проведения сварных работ, установка оборудования должны обеспечивать соблюдения правил пожарной безопасности и быть очищены от легко воспламеняющихся материалов в радиусе не менее 5 м от места сварки.

Сварочные работы вне производственного помещения могут производиться только по согласованию с заводской пожарной охраной.

Запрещается производить сварку свежеокрашенных конструкций до полного высыхания краски, сосудов, аппаратов, трубопроводов коммуникаций, находящихся под напряжением, избыточным давлением заполненных горючими и токсичными материалами.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП - 150202.65-07101683а ПЗ				

Вблизи хранилища газов должны быть размещены средства пожаротушения (сухой песок, углекислотные огнетушители, порошковые огнетушители). В местах хранения газа и в местах сварки должны быть вывешены плакаты предупреждающие о возможной пожарной опасности.

С учетом требований эргономики ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами, перемещаемыми деталями, стационарными многопостовыми источниками питания должна быть не менее 1.5 м, а расстояние между автоматическими сварочными установками не менее 2 м. Ширина проходов между оборудованием и местами складирования должна быть 1-1,6 м в зависимости от размеров оборудования и свариваемых изделий.

Для защиты людей, не связанных со сварочными работами, место сварщика должно быть ограждено экранами из негорючих материалов высотой не менее 1.6 м. При проведении сварочных работ на высоте необходимо устраивать леса и подмости. Во избежание падения людей с высоты должны использоваться защитные ограждения, отвечающие ГОСТ 14.4.059-78. Электросварочные работы на открытом воздухе во время дождя должны проходить под навесом. Во всех производственных помещениях, где возможно присутствие в воздухе взрывчатых паров, газов, разрешается производить сварку только после ликвидации источника загрязнения, отчистки и проветривания помещения.

					ДП - 150202.65-07101683а ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



вызванное деятельностью человека или какими-либо грандиозными природными явлениями (например, вулканической деятельностью), характеризуют термином – загрязненность. Загрязненность - это наличие в окружающей среде вредных веществ, нарушающих функционирование экологических систем или их отдельных элементов и снижающих качество среды с точки зрения проживания человека или ведения им хозяйственной деятельности. Этим термином характеризуются все тела, вещества, явления, процессы, которые в данном месте, но не в то время и не в том количестве, какое естественно для природы, появляются в окружающей среде и могут выводить ее системы из состояния равновесия. Экологическое действие загрязняющих агентов может проявляться по-разному; оно может затрагивать либо отдельные организмы (проявляться на организменном уровне) либо популяции, биоценозы, экосистемы и даже биосферу в целом. На организменном уровне может происходить нарушение отдельных физиологические функций организмов, изменение их поведения, снижение темпов роста и развития, снижение устойчивости к воздействиям иных неблагоприятных факторов внешней среды. На уровне популяций загрязнение может вызывать изменение их численности и биомассы, рождаемости, смертности, изменения структуры, годовых циклов миграций и ряда других функциональных свойств. На биоценотическом уровне загрязнение сказывается на структуре и функциях сообществ. Одни и те же загрязняющие вещества по-разному влияют на разные компоненты сообществ. Соответственно меняются количественные соотношения в биоценозе, вплоть до полного исчезновения одних форм и появления других. В конечном счете происходит деградация экосистем, ухудшение их как элементов среды человека, снижение положительной роли в формировании биосферы, обесценение в хозяйственном отношении. Природное загрязнение возникает в результате естественных причин

										Лист
										92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

извержения вулканов, землетрясений, катастрофических наводнений и пожаров.

Антропогенное загрязнение - результат деятельности человека. В настоящее время общая мощность источников антропогенного загрязнения во многих случаях превосходит мощность естественных. Так, природные источники окиси азота выбрасывают 30 млн. т азота в год, а антропогенные 35-50 млн. т; двуокиси серы, соответственно, около 30 млн. т и более 150 млн. т. В результате деятельности человека свинца попадает в биосферу почти в 10 раз больше, чем в процессе природных загрязнений. Загрязняющие вещества, возникшие в результате хозяйственной деятельности человека, и их влияние на среду очень разнообразны. К ним относятся: соединения углерода, серы, азота, тяжелые металлы, различные органические вещества, искусственно созданные материалы, радиоактивные элементы и многое другое. Так, по оценкам экспертов, в океан ежегодно попадает около 10 млн. т нефти. Нефть на воде образует тонкую пленку, препятствующую газообмену между водой и воздухом. Оседая на дно, нефть попадает в донные отложения, где нарушает естественные процессы жизнедеятельности донных животных и микроорганизмов. Кроме нефти, значительно возрос выброс в океан бытовых и промышленных сточных вод, содержащих, в частности, такие опасные загрязнители, как свинец, ртуть, мышьяк, обладающие сильным токсическим действием. Фоновые концентрации таких веществ во многих местах уже превышены в десятки раз. Каждый загрязнитель оказывает определенное отрицательное воздействие на природу, поэтому их поступление в окружающую среду должно строго контролироваться. Законодательство устанавливает для каждого загрязняющего вещества предельно допустимый сброс (ПДС) и предельно допустимую концентрацию (ПДК) его в природной среде. ПДС - это масса загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельными источниками за единицу времени, превышение которой приводит к неблагоприятным последствиям в окружающей среде или опасно для здоровья человека. Предельно допустимая (ПДК) понимается как количество вредного

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

вещества в окружающей среде, которое не оказывает отрицательного воздействия на здоровье человека или его потомство при постоянном или временном контакте с ним. В настоящее время при определении ПДК учитывается не только степень влияния загрязнителей на здоровье человека, но и воздействие их на животных, растения, микроорганизмы, а также на природное сообщество в целом [12].

Кроме загрязнения среды, антропогенное воздействие выражается в истощении природных ресурсов биосферы. Огромные масштабы использования природных ресурсов привели к значительному изменению ландшафтов в некоторых регионах (например, в угольных бассейнах). Если на заре цивилизации человек использовал для своих нужд всего около 20 химических элементов, в начале XX втекало 60, то сейчас более 100 - почти всю таблицу Менделеева. Ежегодно добывается (извлекается из геосферы) около 100 млрд. т руды, топлива, минеральных удобрений. Быстрый рост потребностей в топливе, металлах, минеральном сырье и их добыче привели к истощению этих ресурсов. Так, по оценкам специалистов, при сохранении современных темпов добычи и потребления, разведанные запасы нефти будут исчерпаны уже через 30 лет, газа - через 50 лет, угля - через 200.

Аналогичная ситуация сложилась не только с энергетическими ресурсами, но и с металлами (истощение запасов алюминия ожидается через 500-600 лет, железа - 250 лет, цинка - 25 лет, свинца - 20 лет) и минеральными ресурсами, как, например, асбест, слюда, графит, сера. Вот далеко не полная картина экологической ситуации на нашей планете в настоящее время. Даже отдельные успехи природоохранной деятельности не могут заметным образом изменить общий ход процесса пагубного влияния цивилизации на состояние биосферы. Масса атмосферы нашей планеты ничтожна - всего лишь одна миллионная массы Земли. Однако ее роль в природных процессах биосферы огромна. Наличие вокруг земного шара атмосферы определяет общий тепловой режим поверхности нашей планеты, защищает ее от вредных космического и ультрафиолетового излучений.

					ДП - 150202.65-07101683а ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

Циркуляция атмосферы оказывает влияние на местные климатические условия, а через них - на режим рек, почвенно-растительный покров и на процессы рельефообразования. Современный газовый состав атмосферы - результат длительного исторического развития земного шара. Он представляет собой в основном газовую смесь двух компонентов - азота (78,09%) и кислорода (20,95%). В норме в нем присутствуют также аргон (0,93%), углекислый газ (0,03%) и незначительные количества инертных газов (неон, гелий, криптон, ксенон), аммиака, метана, озона, диоксидов серы и других газов.

Наряду с газами в атмосфере содержатся твердые частицы, поступающие с поверхности Земли (например, продукты горения, вулканической деятельности, частицы почвы) и из космоса (космическая пыль), а также различные продукты растительного, животного или микробного происхождения. Кроме того, важную роль в атмосфере играет водяной пар. Наибольшее значение для различных экосистем имеют три газа, входящих в состав атмосферы: кислород, углекислый газ и азот. Эти газы участвуют в основных биогеохимических циклах. Кислород играет важнейшую роль в жизни большинства живых организмов нашей планеты. Он необходим всем для дыхания. Кислород не всегда входил в состав земной атмосферы. Он появился в результате жизнедеятельности фотосинтезирующих организмов. Под действием ультрафиолетовых лучей он превращался в озон. По мере накопления озона произошло образование озонового слоя в верхних слоях атмосферы. Озоновый слой, как экран, надежно защищает поверхность Земли от ультрафиолетовой радиации, губельной для живых организмов.

Современная атмосфера содержит едва ли двадцатую часть кислорода, имеющегося на нашей планете. Главные запасы кислорода сосредоточены в карбонатах, в органических веществах и окислах железа, часть кислорода растворена в воде. В атмосфере, по-видимому, сложилось приблизительное равновесие между производством кислорода в процессе фотосинтеза и его

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

потреблением живыми организмами. Но в последнее время появилась опасность, что в результате человеческой деятельности запасы кислорода в атмосфере могут уменьшиться. Особую опасность представляет разрушение озонового слоя, которое наблюдается в последние годы. Большинство ученых связывают это с деятельностью человека. Круговорот кислорода в биосфере необычайно сложен, так как с ним вступает в реакцию большое количество органических и неорганических веществ, а также водород, соединяясь с которым кислород образует воду. газ (диоксид углерода) используется в процессе фотосинтеза для образования органических веществ. Именно благодаря этому процессу замыкается круговорот углерода в биосфере. Как и кислород, углерод входит в состав почв, растений, животных, участвует в многообразных механизмах круговорота веществ в природе. Содержание углекислого газа в воздухе, который мы вдыхаем, примерно одинаково в различных районах планеты. Исключение составляют крупные города, в которых содержание этого газа в воздухе бывает выше нормы. Некоторые колебания содержания углекислого газа в воздухе местности зависят от времени суток, сезона года, биомассы растительности. В то же время исследования показывают, что с начала века среднее содержание углекислого газа в атмосфере, хотя и медленно, но постоянно увеличивается. Ученые связывают этот процесс главным образом с деятельностью человека. Азот - незаменимый биогенный элемент, поскольку он входит в состав белков и нуклеиновых кислот. Атмосфера - неисчерпаемый резервуар азота, однако основная часть живых организмов не может непосредственно использовать этот азот: он должен быть предварительно связан в виде химических соединений. Частично азот поступает из атмосферы в экосистемы в виде оксида азота, образующегося под действием электрических разрядов во время гроз. Однако основная часть азота поступает в воду и почву в результате его биологической фиксации. К основным источникам загрязнения атмосферы относятся предприятия топливно-энергетического комплекса, транспорт, различные

					ДП - 150202.65-07101683а ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



машиностроительные предприятия. Помимо газообразных загрязняющих веществ, в атмосферу поступает большое количество твердых частиц. Это пыль, копоть и сажа. Большую опасность представляет загрязнение природной среды тяжелыми металлами. Свинец, кадмий, ртуть, медь, никель, цинк, хром, ванадий стали практически постоянными компонентами воздуха промышленных центров. Особенно остро стоит проблема загрязнения воздуха свинцом. Глобальное загрязнение атмосферного воздуха сказывается на состоянии природных экосистем, особенно на зеленом покрове нашей планеты [12].

## **8.2. Загрязнение атмосферы выбросами машиностроительных предприятий**

Современное машиностроение развивается на базе крупных производственных объединений, включающих заготовительные и кузнечно-прессовые цехи, цехи термической и механической обработки металлов, цехи покрытий и крупное литейное производство. В процессе производства машин и оборудования широко используют сварочные работы, механическую обработку металлов, переработку неметаллических материалов, лакокрасочные операции и т.п. [12].

Сварочные цеха. На участках сварки и резки металлов состав и масса выделяющихся веществ зависит от вида и режимов технологического процесса, свойств, применяемых сварочных и свариваемых материалов. Наибольшие выделения вредных веществ характерны для процесса ручной электродуговой сварки покрытыми электродами. При расходе 1 кг электродов в процессе ручной дуговой сварки стали, образуется до 40 г пыли, 2 г фтористого водорода, 1,5 г оксидов углерода и азота; в процессе сварки чугунов – до 45 г пыли и 1,9 г фтористого водорода [12].

					ДП - 150202.65-07101683а ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При полуавтоматической и автоматической сварке (в защитной среде и без нее) общая масса выделяемых вредных веществ меньше в 1,5 – 2 раза, а при сварке под флюсом – в 4 – 6 раз [12].

Сварочная пыль на 99% состоит из частиц размером от  $10^{-3}$  до 1 мкм, около 1% пыли имеет размер частиц 1 – 5 мкм, частицы размером более 5 мкм составляют всего десятые доли процента. Химический состав выделяющихся при сварке загрязнений зависит в основном от состава сварочных материалов и в меньшей степени от состава свариваемых металлов. Валовые выделения вредных веществ, при сварке (на 1 кг расходуемых сварочных материалов) приведены в таблице 26 [12].

Таблица 26 – Валовые выделения вредных веществ, при сварке

Вид сварки	Сварочный аэрозоль, г/кг					Газы, г/кг		
	Среднее кол-во	Mn и его соединения	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Прочие	NO <sub>2</sub>	CO	HF
Ручная дуговая сварка	11 – 17	0,51 – 1,85	0,6	1,4	1,4	1,3	1,4	0,004
Полуавтоматическая сварка в среде CO <sub>2</sub>	7 – 9,7	0,42 – 0,5	0,3	-	5	-	14	-
Автоматическая сварка в среде CO <sub>2</sub>	6,5	-	-	0,03	0,4	0,8	11	-
Полуавтоматическая сварка в среде инертных газов	10 – 22,1	0,62	-	-	20,4	2,45	-	-
Автоматическая сварка под флюсом	0,09 – 0,1	0,024 -0,03	-	0,05	0,16 –	0,006	-	0,03

*Предельно допустимые концентрации (пдк) примесей.* Основной физической характеристикой примесей атмосферы является концентрация – масса (мг) вещества в единице объема (м<sup>3</sup>) воздуха при нормальных условиях. Концентрация примесей определяет физическое, химическое и другие виды воздействия веществ на человека и окружающую среду и служит основным параметром при нормировании содержания примесей в атмосфере.

ПДК–это максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает ни на него, ни на окружающую среду в целом вредного действия. Если вещество оказывает на окружающую природу вредное действие в меньших концентрациях, чем на организм человека, то при нормировании исходят из порога действия этого вещества на окружающую природу.

					ДП – 150202.65-07101683а ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В таблице 27 приведены ПДК некоторых наиболее характерных веществ, загрязняющий атмосферный воздух в городах и населенных пунктах [12].

Таблица 27 – ПДК наиболее характерных веществ, загрязняющих атмосферный воздух

Вещества	Класс опасности	Предельно допустимые концентрации, мг/м <sup>3</sup>	
		Максимальная разовая	Среднесуточная
NO <sub>2</sub>	2	0,085	0,04
CO	4	5,0	3,0
Пыль еорганическая	3	0,15 – 0,5	0,05 – 0,15
Сажа	3	0,15	0,05
SO <sub>2</sub>	3	0,5	0,05
H <sub>2</sub> S	2	0,008	-
Бензин	4	5	1,5
HNO <sub>3</sub>	2	0,4	0,15
Свинец	1	-	0,0003

## Заключение

Наплавка играет большую роль в деле увеличения производительности труда, повышения качества продукции и экономии сырья при производстве промышленного оборудования, его эксплуатации и ремонте.

Особо важное значение в экономическом строительстве приобретает снижение материалоёмкости продукции: экономное расходование сырья, топлива и энергии.

В ходе выполнения дипломного проекта была разработана технология наплавки изношенной поверхности бил молотковых мельниц.

Приведен литературный обзор по способам наплавки. Проведены исследования изменения геометрических характеристик наплавленного валика в зависимости от режимов наплавки. На основе получения данных были выбраны параметры режима наплавки.

Общий экономический эффект от внедрения технологии составил 109851040 рублей. Экономический эффект был получен за счет разности часов работы бил не наплавленных 400 часов, наплавленных 1000 часов.

					<i>ДП - 150202.65-07101683а ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## Список литературы

1. Поляк М.С. Технология упрочнения. В 2 т. Т.1. – М.: Л.В.М. - СКРИПТ, Машиностроение, 1995. – 832 с.
2. Сварка и свариваемые материалы: Справ. в 3 т./В.Н. Волченко, Э.Л. Макаров, В.В. Шип и др.- М.: Металлургия, 1991. – 527 с.
3. Хасуй А., Мorigаки О. Наплавка и напыление/Пар. С яп. В.Н. Попова; под ред. В.С. Степина, Н.Г. Шестеркина. – М.: Машиностроение, 1985.-240 с.
4. Кравцов Т.Г. Электродуговая наплавка электродной лентой. М., Машиностроение, 1978. 168 с.
5. Металловедение и термическая обработка стали: Справ. изд.-3-е изд., перераб. и доп. В 3-х т. Т.1. Методы испытаний и исследования/Под ред. Бернштейна М.Л., Рахштадта А.Г. М.: Металлургия, 1983.-352с.
6. Фрумин И.И. Технология механизированной наплавки. М., Высшая школа, 1965. - 306 с.
7. Анурьев А.И. Справочник конструктора машиностроителя-М.: Машиностроение, 1992.-720с.
8. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов: Учеб. Пособие для втузов/Л.А. Астреина, В.В. Балдесов, В.К. Беклешев и др. – М.: Высш. шк., 1991. – 176 с.
9. Брауде М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении. М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
10. С.А. Мосендз, В.П. Шимановский, И.П. Копылец. Гигиеническая наплавочной порошковой ленты ПЛ-АН101//Сварочное производство N 3. 1977г.
11. Оздоровление воздушной среды. Методические указания к самостоятельной работе студентов. Составитель Насейкин А.И. 2000.
12. Елманов В.И., Терновая Г.Г. Охрана атмосферного воздуха.-М.: юрид.лит., 1984.-112с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	