



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

(наименование института полностью)

**Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением  
и родственные процессы»**

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «СОМДиРП»

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_ » 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение бакалаврской работы**

Студент Шкрябин Леонид Александрович

1. Тема «Технология ремонта корпуса шиберной задвижки для технологических трубопроводов предприятий нефтехимии»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 1 мая 2017г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе материалы ООО "Сибур", материалы по практикам и научно-исследовательским работам

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

*Введение (краткие вводные данные, обоснование актуальности темы, формулировка цели)*

*Раздел 1. Анализ состояния вопроса (описание подлежащей ремонту детали, сведения о материале детали, базовая технология ремонта, анализ недостатков базовой технологии, критический анализ известных решений по теме работы, задачи проектирования)*

*Раздел 2. Проектная технология ремонта детали (повышение эффективности выбранного способа заварки дефекта, описание операций технологического процесса, применяемое оборудование и материалы, контроль качества работ, планировка участка)*

*Раздел 3. Безопасность и экологичность предлагаемых решений (сформулировать опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие внедрение предлагаемых решений, предложить средства снижения воздействия этих факторов, рассмотреть обеспечение пожарной и экологической безопасности)*

*Раздел 4. Экономическое обоснование предлагаемых решений (доказать экономическую эффективность внедрения предлагаемых решений в производство)*

*Заключение по проекту (с доказательством достижения поставленной цели)*

*Библиографический список*

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Изделие – 1 лист

Дефекты изделия, подлежащие ремонту – 1 лист

Анализ способов ремонта – 1 лист

Базовая технология ремонта – 1 лист

Проектная технология ремонта – 1...2 листа

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам

Нормоконтроль: В.Г. Виткалов

«Экономическая эффективность»: И.В. Краснопевцева

«Безопасность и экологичность»: И.В. Дерябин

7. Дата выдачи задания «13» февраля 2017 г.

Заказчик (указывается должность, место работы

Ученая степень, ученое звание) \_\_\_\_\_

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А.С. Климов

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Л.А. Шкрябин

(И.О. Фамилия)



## АННОТАЦИЯ

В настоящее время более 45 % деталей современных машин изготавливаются при помощи литья, из которых около 75 % выполняются из чугуна. По прогнозам развития техники, что в ближайшее будущее сохранится преобладание производства и потребления чугунного литья в машиностроении. Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонта корпусов задвижек путём разработки технологии заварки дефектов литья.

В работе решены следующие задачи:

- 1) предложить высокопроизводительный способ ремонтной сварки чугунных деталей;
- 2) составить технологию сварки чугуна с применением предложенного способа;
- 3) выявить опасные и вредные производственные факторы, возникающие при реализации проектной технологии ремонтной сварки и предложить меры защиты от них;
- 4) произвести оценку экономической эффективности внедрения результатов работы в производство.

Были рассмотрены возможные способы ремонтной сварки и принято решение применить аргонодуговую сварку неплавящимся электродом. При проектировании технологии сварки рассмотрены вопросы повышения качества сварки, составлена проектная технология.

Внедрение проектной технологии ремонта позволяет снизить трудоемкость на 66,9 %, повысить производительность труда на 202 %, снизить технологическую себестоимость на 67,1 %. Рассчитанный с учётом дополнительных капитальных вложений годовой экономический эффект приблизительно 11,5 млн. руб.

Пояснительная записка включает 70 страниц, содержит 16 таблиц, 38 библиографических наименований, 93 рисунков. Графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Описание изделия и условий его работы	9
1.2 Сведения о материале изделия	12
1.3 Дефекты чугунных отливок и причины их возникновения	14
1.4 Базовый технологический процесс ремонтной сварки	20
1.5 Анализ возможных способов заварки дефектов чугуна	26
1.6 Формулировка задач работы	32
2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОТНОЙ СВАРКИ	
2.1 Описание технологических операций	33
2.2 Источник питания для ремонтной сварки	35
2.3 Планировка участка для ремонтной сварки	38
2.4 Обеспечение качества при ремонтной сварке чугунных деталей	41
2.5 Контроль качества ремонтной сварки	48
3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	50
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	67

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие машиностроения должно опираться на разработку и внедрение новых, совершенствование существующих конструкционных материалов, для соединения которых необходимо применять прогрессивные технологические процессы.

В настоящее время более 45 % деталей современных машин изготавливаются при помощи литья, из которых около 75 % выполняются из чугуна. По прогнозам развития техники, что в ближайшее будущее сохранится преобладание производства и потребления чугунного литья в машиностроении. Это связано с тем, что отливки из чугуна существенно превосходят отливки из других сплавов по экономичности, физико-механическим и эксплуатационным свойствам. В последние годы расширяется применение отливок из качественных чугунов (пластинчатый графит и перлитная структура матрицы), продолжает развиваться производство высокопрочных чугунов (шаровидный графит), идет разработка новых классов легированных чугунов, обладающих особыми физическими свойствами [1]. В различных отраслях промышленности, стала возможной замена деталей из углеродистых и легированных сталей, цветных сплавов деталями из чугунов повышенного качества.

С древности для производства металлических изделий использовалось литьё, которое сначала выполнялось из меди и бронзы, потом из чугуна, позже человек освоил литьё из стали и других сплавов. Литьё, как технологический процесс, выигрывает перед другими способами получения металлических заготовок (прокатка, ковка, сварка) по сложности конфигурации, минимальным припускам на обработку резанием, механическим свойствам получаемых заготовок [2].

Большая часть произведенных при помощи литья заготовок отливок бракуется по причине возникающих дефектов. В основном дефекты образуются по причине наличия ошибок в процессе проектирования

технологии и несоблюдения технологических режимов производства, которые приводят к нарушению режима литья [3, 4].

Определению разновидностей дефектов литых заготовок, диагностике причин их возникновения, разработке методов устранения дефектов посвящены многочисленные труды учёных Аксенова П. Н., Василевского П. Ф., Вейника А. И., Гуляева Б. Б., Дорошенко С. П., Рабиновича Б. В., Кожинского Л. И., Куманина И. Б., Медведева Я. И., Мухоморова И. А., Орешкина В. Д., и других отечественных и зарубежных исследователей [5].

В последнее время достигнуты существенные успехи в области решения проблем качества литья из чугуна, однако, брак отливок продолжает оставаться существенным и доходит в ряде случаев до 45 процентов [5]. Поэтому остро стоит проблема повышения качества и устранения дефектов отливок.

Большое число дефектов литья исправляют с применением газовой сварки. Этот старинный способ обладает низкой производительностью и зачастую неудовлетворительным качеством выполняемых работ. Повышение производительности и качества ремонтных работ на отливках чугуна – это актуальная задача. Типовой деталью, выполненной с применением чугуна, является корпус шиберной задвижки. Надежность работы этого элемента в большой степени определяет показатели работы предприятий нефтехимии. Как показывает практика, финансовые затраты при устранении брака и проведении ремонта ремонтов лежат в диапазоне от 10...50 % от стоимости новой детали арматуры [6, 7]. Это позволяет судить об экономической эффективности применения ремонтных технологий к корпусу запорной арматуры.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества ремонта корпусов задвижек путём разработки технологии заварки дефектов литья.

# 1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

## 1.1 Описание изделия и условий его работы

Запорная арматура, которая применяется в технологических трубопроводах нефтеперерабатывающих предприятий, предназначена для работы в самых разнообразных условиях. Размеры арматуры зависят от условного диаметра трубопровода, на котором её устанавливают. Материал, из которого изготавливают арматуру, зависит от условий работы трубопровода и перекачиваемой жидкости.

Требования по точности, другим характеристикам здесь не столь жестки, как скажем для других деталей. Однако следует учесть, что выход из строя задвижки может остановить всю технологическую цепочку. Общий вид шиберной задвижки показан на рис. 1.1.

Шиберная задвижка – вид трубопроводной арматуры с запорным элементом в форме металлической пластины, которая движется перпендикулярно потоку среды.

Назначение: полное перекрытие потока рабочей среды в технологических трубопроводах, транспортирующих нефть, масло, неагрессивные среды при температуре до 90 °С и давлениях рабочей среды до 10 кгс/см<sup>2</sup>. Герметичность перекрытия потока двухсторонняя.

Состоит задвижка из следующих основных деталей и узлов: механизм подъемный; блок уплотнения; затвор задвижки; корпус механизма подъемного; пробка сливная; седло задвижки; штифт, корпус задвижки. Кроме того, в задвижке установлена крепежная арматура.

Достоинствами шиберных задвижек ЗПМ являются:

- относительно небольшая строительная длина;
- простота конструкции;
- легкость монтажа на трубопроводе;
- малая стоимость.



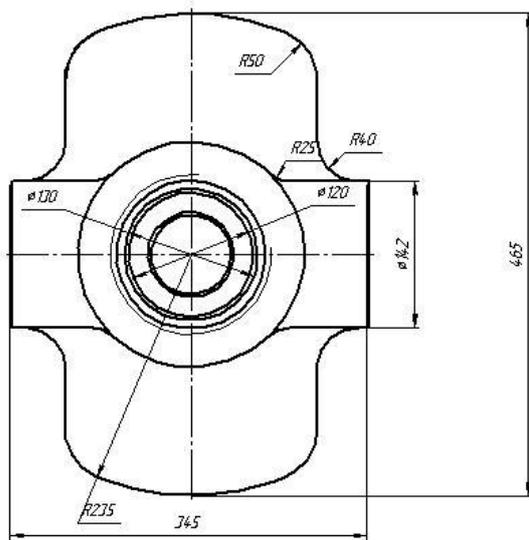
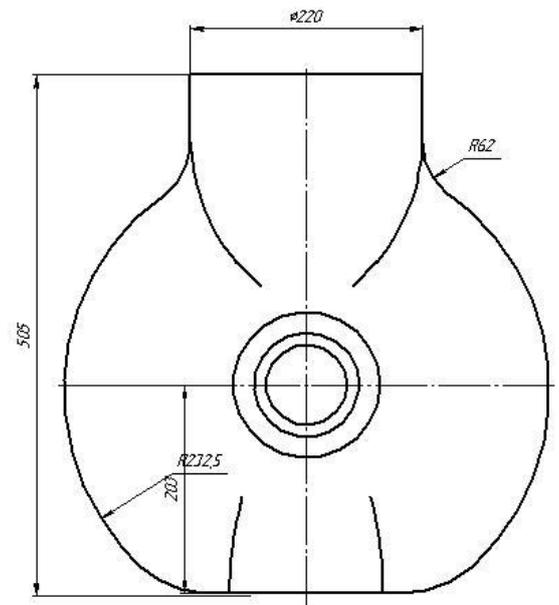
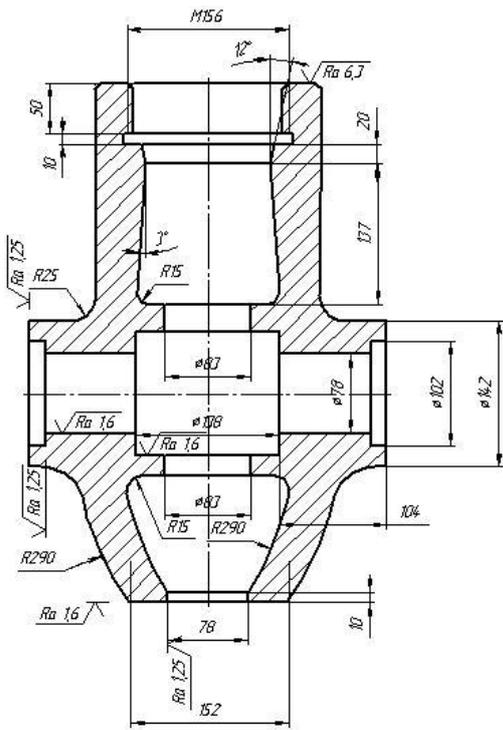


Рисунок 1.2 – Корпус задвижки

## 1.2 Сведения о материале изделия

Корпус задвижки изготавливают из высокопрочного чугуна ВЧ40.

Таблица 1.1 – Химический состав чугуна ВЧ40, %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Fe
2,7...3,8	0,5...2,9	0,2...0,6	до 0,1	до 0,02	до 0,1	основа

Таблица 1.2 – Влияние химических элементов на износостойкости чугунов

Химический элемент	Содержание элемента в чугуне, % мас	Влияние элемента на износостойкость
C	$\leq 3,8$	+
Si	$\leq 2,9$	-
Mn	$\leq 0,6$	+
P	$\leq 0,1$	+
S	$\leq 0,01$	+
Cr	$\leq 0,1$	-

Чугун ВЧ40 – это высокопрочный чугун с шаровидным графитом. Применяется для изделий с высокой прочностью и удовлетворительной пластичностью. Временное сопротивление разрыву составляет – 400 МПа, предел пропорциональности – 250 МПа, относительное удлинение после разрыва – 15 %. Структура металлической основы – феррит.

Кремний способствует выделению в чугуне углерода в виде графита, понижает температуру плавления чугуна, улучшает литейные и технологические свойства.

Фосфор в чугуне оказывает как положительное, так и вредное влияние. Повышая хрупкость, фосфор снижает механические свойства чугуна. Фосфор приводит к увеличению жидкотекучести металла, что упрощает изготовление сложных отливок и снижает вероятность получения брака. Также фосфор увеличивает стойкость отливки и к коррозии.

Нагрев и последующее охлаждение при сварке приводят к существенным изменениям структуры и свойств чугуна в зоне сплавления и околошовной зоне, поэтому получение сварных соединений без дефектов с необходимыми качествами весьма проблематично. Чугуны относятся к материалам с плохой технологической свариваемостью.

Однако сварка чугуна достаточно распространена и применяется при исправлении брака чугунолитейных изделий, ремонте чугунных изделий, а иногда даже при изготовлении конструкций.

Причины, которые затрудняют получение качественных сварных швов на изделиях из чугуна:

- 1) Высокая скорость охлаждения металла шва и зоны термического влияния в процессе сварки приводят к отбеливанию чугуна, которое проявляется в появлении участков с выделившимся цементитом. Эти участки обладают высокой твердостью и практически не позволяют производить их обработку режущим инструментом.
- 2) Из-за неравномерного нагрева в металле изделия возникают остаточные напряжения, поскольку чугун обладает малой пластичностью, то образовавшиеся напряжения вызывают трещины в шве и околошовной зоне.
- 3) Интенсивное газовыделение из сварочной ванны не прекращается и на стадии кристаллизации, оно вызывает пористость в металле шва.
- 4) Чугун обладает повышенной текучестью, что сильно приводит к его вытеканию в расплавленном состоянии из шва.
- 5) Наличие кремния и других элементов в сварочной ванне приводит к образованию на ее поверхности тугоплавких окислов, и получению непроваров.

### 1.3 Дефекты чугунных отливок и причины их возникновения

Анализ работы литейного участка позволяет установить, что при производстве отливок возникают значительные убытки вследствие получения брака при литье. В соответствии с официальными отчетами брак литья составляет 5...6 %, но фактически дефектность отливок может достигать до 20 %. Основным причинам получения брака отливок являются:

1. Отклонение параметров технологического процесса от допустимых [11].
2. Недостаточная квалификация персонала литейного производства.
3. При анализе литейных дефектов не применяется системный анализ.
4. Отсутствует эффективное информационное обеспечение процесса ликвидации дефектов.

В соответствии с ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Термины и определения» каждое отдельное несоответствие продукции заданным требованиям называют «дефектом». Изделия, которые имеют хотя бы один дефект, являются дефектными. Т.е. дефектной можно признать отливку, у которой хотя бы один из показателей качества превысил допустимое значение.

В зависимости от количества и вида дефектов отливки подразделяются на четыре группы:

- годные, которые полностью отвечают всем установленным требованиям стандартов и технической документации;
- условно годные, которые имеют малозначительные дефекты (небольшие отклонения от установленных требований), не оказывающие существенного влияния на показатели эксплуатации заготовки или всего изделия; эти заготовки допускают к дальнейшей обработке и используют по назначению при условии положительного решения главного специалиста предприятия по результатам тщательной оценки дефектов;

- отливки с исправимым браком, которые имеют один или несколько устранимых дефектов, после исправления этих дефектов заготовки могут быть допущены к дальнейшему использованию по назначению;
- отливки с неисправимым браком, имеющие дефекты, исправить которые экономически нецелесообразно или технически невозможно, либо будет невозможно провести контроль качества исправления этих дефектов. Забракованы должны быть все отливки, которые имеют имеющие хотя бы один неустраняемый дефект.

Основными дефектами отливок, которые исправляют при помощи сварки, являются:

- неслитина;
- трещина;
- спай;
- газовая шероховатость;
- вскип;
- раковины, засоры;
- утяжин;
- открытые усадочные раковины.

*Неслитина* (рис. 1.3) – сквозная щель или отверстие в стенке отливки, образовавшееся вследствие неслияния встречных потоков металла. Причинами возникновения неслитины являются низкие температура заливаемого металла и скорость заполнения формы металлом.

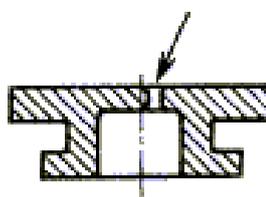


Рисунок 1.3 - Неслитина

*Трещины* (рис. 1.4) – это дефекты в виде сквозных и несквозных разрывов тела отливки, бывают холодные и горячие. Горячая трещина проходит по границам кристаллов, она извилистой или ломанной формы с

неровной окисленной поверхностью. Причиной возникновения горячих трещин является затрудненная усадка в интервале температур затвердевания сплава.

Холодная трещина – это разрыв в теле затвердевшей отливки, она имеет сравнительно гладкую светлую поверхность и, как правило, прямолинейную форму. Причиной образования холодных трещин является усадка сплава, приводящая к значительным внутренним напряжениям.

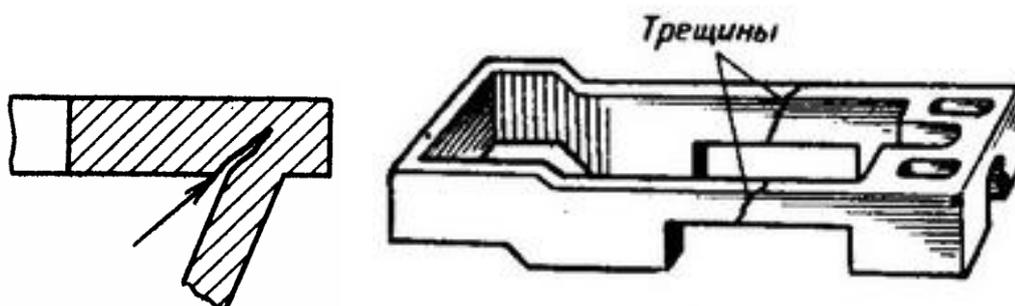


Рисунок 1.4 – Трещины в отливках

*Спай* (рис. 1.5) – это сквозная или поверхностная щель с закругленными краями в теле отливок. Этот дефект возникает при перерыве струи, низкой температуре или неправильной конструкции литниковой системы.

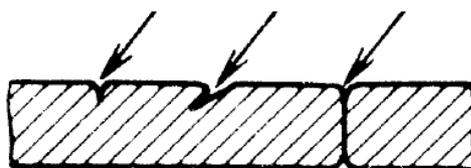


Рисунок 1.5 – Спай на поверхности отливки

*Газовая шероховатость* (рис. 1.6) – это сферообразные мелкие углубления, возникающие на поверхности отливки при выделении газовых пузырьков на поверхности металла.



Рисунок 1.6 – Газовая шероховатость на поверхности отливки

*Вскип* (рис. 1.7) – это скопления раковин и наростов, располагаемые в теле отливки и выходящие на её поверхность. Этот дефект получается по причине интенсивного парообразования в месте переувлажнения формы, а также по причине переуплотнения формы.

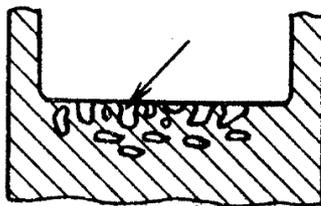


Рисунок 1.7 – Дефект в виде вскипа

*Песчаные раковины, засоры* (рис. 1.8) – полости в теле отливки, которые частично или полностью заполнены шлаком или формовочной смесью. Этот вид дефекта образуется при разрушении частей формы вследствие её низкой прочности, слабого уплотнения.

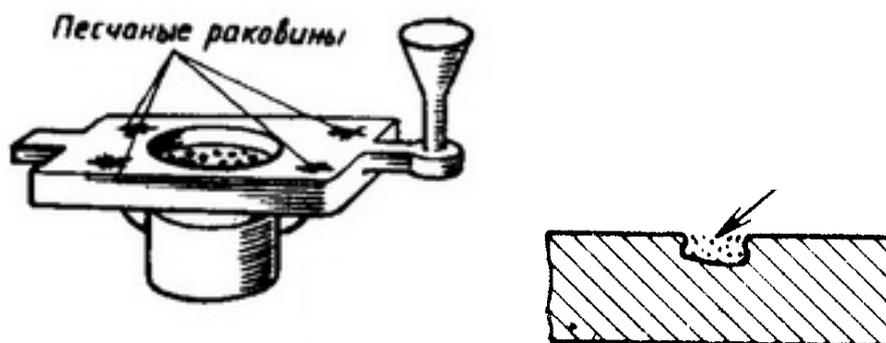


Рисунок 1.8 – Шлаковые раковины в отливках

*Утяжина* (рис. 1.9) – это дефект в виде углубления, которое имеет закругленные края на поверхности. Утяжины возникают вследствие недостатка питания отливки, образующегося в массивных частях из-за усадки металла.

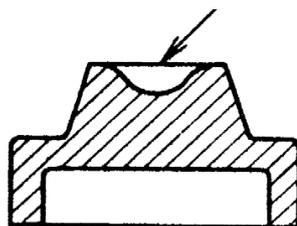


Рисунок 1.9 – Утяжина на отливке

Усадочные раковины (рис. 1.10) – открытые или закрытые полости, возникающие в теле отливки в местах её утолщения при завышенной температуре заливки или неправильной установке прибылей.

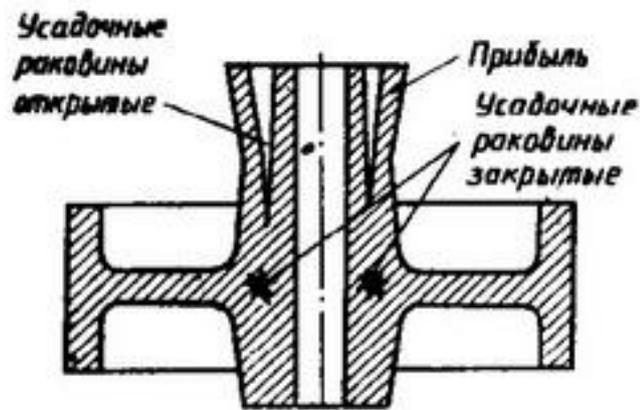


Рисунок 1.10 – Усадочные раковины в отливках

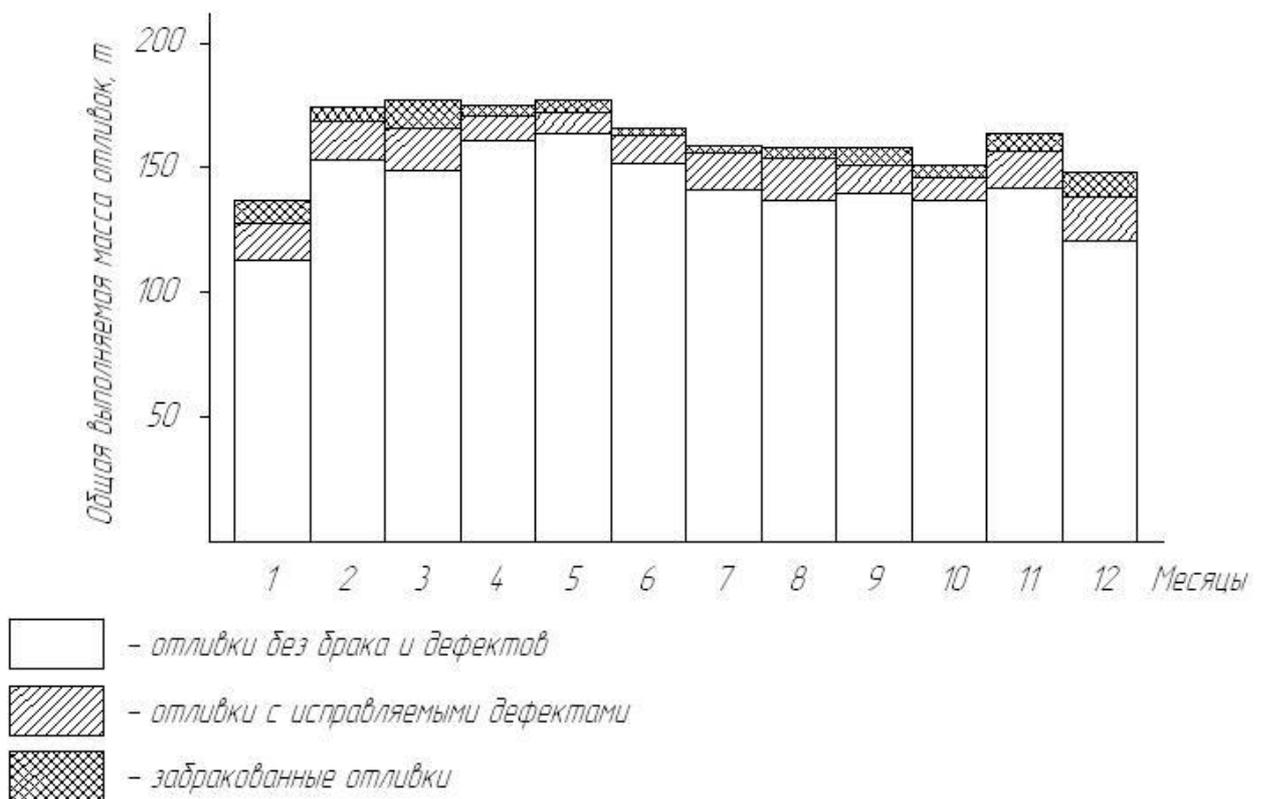


Рисунок 1.11 – Брак отливок высокопрочного чугуна в цехе по статистике за 2015 год

Дефекты подразделяют по различным признакам. В зависимости от расположения дефектов и возможности их обнаружения дефекты бывают явные и скрытые [8].

*Явный дефект* обнаруживается в процессе внешнего осмотра (при визуальном контроле). Также явным дефектом будет такой дефект, для выявления которого в нормативной документации приведены необходимые инструментальные средства и методики. Несмотря на то, что визуально его обнаружить не удастся, такой дефект будет обнаружен с использованием предписанных средств и методик дефектоскопии, поэтому он тоже является явным.

*Скрытый дефект* не обнаруживается при внешнем осмотре, для его обнаружения отсутствуют прописанные в нормативной документации методики контроля. Скрытые дефекты иногда могут выявляться при механической обработке отливок или в процессе эксплуатации изделия, а также в результате дополнительного дефектоскопического контроля, который не был предусмотрен технологическими картами.

Очень нежелательным и опасным является проявление скрытого дефекта в процессе эксплуатации изделия, что часто вызывает аварийную ситуацию.

Обеспечение необходимого качества отливок заставляет наряду с организационно-техническими мероприятиями применять широко и строго контролировать качество исходных материалов, весь технологический процесс, и получаемые отливки

## 1.4 Базовый технологический процесс ремонтной сварки

### Очистка корпуса задвижки

Персонал участка обработки производит очистку корпусов задвижек, которые направляют на исправление дефектов, удаляя землю, заусенцы и пригар. Очистка корпуса задвижки – процесс, при котором с наружных и внутренних поверхностей корпуса удаляют пригар, остатки формовочной и стержневой смеси.

В случае использования дробеструйного аппарата на поверхность корпуса под действием сжатого воздуха или напора воды подают чугунную дробь, которая, разгоняясь, получает большую кинетическую энергию. Дробеструйную очистку осуществляют в специальных камерах.

Корпуса устанавливают на вращающихся очистных столах или подвешивают на вращающихся подвесках. Очистка проводится внутри камеры. Массовое производство целесообразно снабжать применением камерами непрерывного действия.

Удаление остатков смеси и пригара с внутренних поверхностей отливок, которые труднодоступны для дробеметной очистки, производят с использованием электрохимической обработки. При этом отливки погружают в расплав NaOH или KOH при температуре 450...500 °C и подводят постоянный ток от источника. При очистке дважды производят смену полярности, после чего промывают корпуса задвижек в холодной и горячей водах.

### Нагрев корпуса задвижки

Перед заваркой дефекта электрогазосварщик загружает корпуса задвижек клещами в камеру для осуществления нагрева № 1 электронагревательной печи.

Задание температурных режимов в камерах № 1 и № 2 нагревательной печи производится по приборам, размещённым в электрошкафу управления.

Загрузке корпусов задвижек приводит к некоторому снижению температуры в печи. Следует производить нагрева корпусов до температуры  $670 \pm 10$  °С. Дверцы печи при этом должны постоянно быть в закрытом состоянии. Открытие дверей печи допускается только для загрузки и выгрузки изделий.

Выгрузку изделий из печи производят партиями от 2 до 4 штук за одну выгрузку.

Далее подают корпуса задвижек при помощи кран-балки и грузозахватного приспособления на сварочную площадку, размещая их на плите.

### Заварка дефектов

Заварку дефектов производят только на плите, что исключает быстрое остывание изделия.

Заварку дефектов производят сварочной горелкой СУ с наконечником № 4 или № 5 с применением нейтрального ацетилено-кислородного пламени, избыток кислорода не допускается.

Для удобства работы под завариваемую отливку устанавливают деталь «подставка под корпус задвижки».

Для заварки применяют чугунные прутки (табл. 1.3), диаметр которых составляет 10...12 мм.

Таблица 1.3 – Химический состав низколегированных чугунных присадочных прутков для ремонтной сварки корпуса задвижки

C	Si	Nm	Ni	Sb	S	P	Cr	Ti
3,3...2,5	3.4...3,7	0,5...0,7	0,10	0,3...0,5	<0,04	<0,15	<0,10	<0,10

В качестве флюса используют состав, содержащий 56 % проокисленной буры, 22 % углекислого натрия, 22 % углекислого калия.

Процесс заварки начинают со дна дефекта, прогревая основной металл вокруг дефекта пламенем горелки. Прогрев ведут до окрашивания

нагреваемого места в светло-красный цвет, что соответствует температуре 800 °С до 850 °С. Затем сосредотачивают пламя на поверхности дефекта и доводят эту поверхность до расплавленного состояния.

Следует поддерживать пламя горелки без избытка кислорода, расплавление необходимо осуществлять восстановительной частью пламени.

После расплавления стенки дефекта до здорового металла в ванну вводя чугунный пруток, с помощью которого производят тщательную очистку зоны дефекта от неметаллических включений.

Пруток присадки погружают в сварочную ванну и непрерывно ее перемешивают, производят периодическое погружение прутка в банку с флюсом и посыпание флюсом поверхность в зоне дефекта.

Недопускается стекание жидкого металла во время заварки краевых дефектов, для этого следует осуществлять маневрирование пламенем горелки и прутом.

Угол наклона прутка к поверхности изделия в начале заварки составляет примерно 80 °, потом угол постепенно уменьшают практически до нуля.

Необходимо поддерживать металл в полужидком состоянии, для чего прерывают процесс нагрева и дают сварочной ванне немного остыть. Не допускаются значительные перерывы в наплавке, что приводит образованию таких дефектов, как шлаковые прослойки между слоями и несплавления.

Прогревают наплавленный металл пламенем горелки добиваясь выравнивания исправляемого дефекта, потеки металла удаляют пламенем горелки.

Допускается наличие остаточного шлака на поверхности исправленного дефекта, удаление которого производится в процессе дробеметной очистки после заварки дефекта.

Наплавленный металл может иметь превышение над основной поверхностью корпуса задвижки не более 1 мм.

Чтобы обеспечить получение наплавленной поверхности с необходимой твердостью, после сварки следует замедлить скорость охлаждения металла в интервале температур перлитного превращения. Для этого необходимо произвести медленное отведение горелки от поверхности сварочной ванны на 50...100 мм, контролируя это расстояние визуально.

Процесс охлаждения завариваемого дефекта контролируют визуально через светофильтры защитных очков. При правильном протекании процесса по краям наплавленного металла образуется темное кольцо из охлаждающегося металла, потом это кольцо расширяется до центра наплавки, тогда можно убирать газовую горелку

После сварки корпус задвижки должен быть помещён в печь для отжига. Максимально допустимое время нахождения изделия вне печи при заварке дефекта составляет не более 10 минут.

Сварщик, который производит заварку дефекта, измеряет время нахождения изделия на заварке. После выполнения заварки дефекта необходимо поместить горелку на «подставку для горелки».

#### Отжиг корпуса задвижки после заварки дефекта

Для отжига изделий используют камеру № 2 электронагревательной печи. Производят включение секции нагревателей со стороны загрузки корпусов задвижек. Со стороны выгрузки изделий секция нагревателей должна постоянно находиться в выключенном состоянии.

Необходимо поддерживать температуру в районе включенной секции нагревателей в пределах +600...620 °С. На один поддон устанавливают по два корпуса задвижки.

Допускается открытие дверцы печи только в момент загрузки и выгрузки изделий.

Выдержку корпусов задвижек в камере отжига печи следует производить не менее 20 минут.

Изделия выгружают по две штуки и устанавливают на металлические поддоны в количестве от 1 до 24 штук на поддон для дальнейшего транспортирования.

#### Контроль качества исправления дефектов

Контроль корпуса задвижки после исправления дефектов с применением газовой сварки осуществляется контролером.

Применяется визуальный контроль в объёме 100 %. В процессе визуального контроля проверяют внешний вид, превышение наплавленного металла над основной поверхностью корпуса задвижки, которое должно быть не более 1 мм.

Далее контроль качества осуществляется с применением цветной дефектоскопии в объёме 100 %, которая позволяет определить плотность и целостность металла. Метод цветовой дефектоскопии предусматривает погружение изделий на 5...10 мин в красную краску, проникающую в трещины и поры. Потом с поверхности изделия краску удаляют и наносят на неё тонкий слой белой краски. В местах расположения трещин и пор после подсушки проявляются следы в виде красных линий и точек. Глубина и размер дефекта определяется по яркости размеру получаемых красных следов. После проведения цветовой дефектоскопии белую краску смывают растворителем.

Выявление внутренних дефектов производят с применением ультразвуковых методов дефектоскопии. При УЗК ультразвуковая волна проходит через стенку корпуса, а при встрече с границей дефекта (трещина, раковина) происходит её частичное отражение. Интенсивность и направление отраженной волны позволяет судить о наличии, размере и глубине залегания дефекта. Чтобы дефекта мог быть обнаружен, необходимо чтобы поперечные размеры дефекта были больше длины ультразвуковой волны.

Таблица 1.4 – Возможные дефекты при ремонтной заварке корпуса задвижки и причины их появления

Наименование дефекта	Причина появления дефекта
Пористость губчатого характера	Низкое качество присадочного материала
Образование черноты и пор в зоне сплавления наплавленного и основного металлов	Недостаточная расчистка поверхности дефекта пламенем горелки. Недостаточное раскисление добавками флюса.
Образование отбела в наплавленном металле и в зоне сплавления наплавленного и основного металлов	Недостаточный подогрев основного металла. Недостаточно замедленный переход жидкого металла в твердое состояние.
Наплавленный металл обладает повышенной твердостью	Высокая скорость остывания наплавленного металла при температурах от 800 до 650 <sup>0</sup> С.
Образование трещин в наплавленном металле и в основном металле вблизи заварки	Недостаточная величина предварительного нагрева изделия перед сваркой. Высокая скорость охлаждения отливки после заварки. Отсутствует или неправильно проведён отжиг после заварки.
Возникновение поверхностных дефектов, неудаляемых механической обработкой	Не получено превышения наплавленного металла над поверхностью изделия

## 1.5 Анализ возможных способов заварки дефектов чугуна

### Газовая сварка чугуна

Газовая сварка чугуна достаточно широко применяется для устранения дефектов литья при ремонте чугунных деталей. Газовое пламя позволяет регулировать тепловые потоки в свариваемом изделии и присадочном металле, обеспечить получение необходимого термического цикла. Крупные дефекты можно устранять с применением нескольких сварочных горелок одновременно.

Для ремонтной сварки чугунных изделий применяются серийно выпускаемые горелки, которые работают на ацетиленовом или пропан-бутановом пламени. С учётом больших объемов наплавленного металла, для сварки чугуна рекомендованы горелки «Факел», «Норд» с наконечниками № 3...5. Для сварки на газах-заменителях возможно применение горелок типа ГЗУ-3 или ГЗУ-5.

Получения плотной перлитной структуры наплавленного металла добиваются применением присадочных прутков из низколегированного чугуна (табл. 1.5).

Газовая сварка чугуна производится с использованием применять флюсов, производящих защиту кромки металла от окисления, удаление из жидкого металла ванны оксидов и неметаллических включений. Основной компонент флюса для сварки чугуна – бура ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ). В ряде случаев производят добавку: до 25...50 % углекислого натрия, 25 % углекислого калия, до 50 % натриевой селитры. Применение порошковых флюсов не всегда удобно при сварке.

Получение наплавленного металла высокой плотности и без пор возможно при применении газифлюсовой сварки. Газообразный флюс подаётся в момент подогрева и разделки дефекта, он позволяет улучшить процесс сварки за счёт получения равномерного шлакового покрова с большим поверхностным натяжением, чем в случае использования порошковых флюсов. Это обеспечивает ровный сварной валик без натеков.

Прочность наплавленного металла шва при применении горячей газовой и газофлюсовой сварки соизмерима с прочностью основного металла (порядка 250...280 МПа), а твердость наплавленной поверхности составляет 170...220 НВ, что обеспечивает её хорошую обрабатываемость.

Таблица 1.5 – Состав присадочных прутков для газовой сварки изделий из чугуна

Марка прутка	Массовая доля элемента, %									
	углерод	кремний	марганец	серы, не более	фосфор, не более	хром, не более	никель	титана	медь	олово
I	3,3...3,5	3,4...3,7	0,5 ...0,7	0,04	0,15	0,10	0,1	0,10	-	0,3 ...0,5
II			0,5 ...3,7				0,60			

#### Газопорошковая наплавка

Применение газопорошковой наплавки позволяет устранять мелкие дефекты на чугунных деталях, которые обнаруживают после проведения механической обработки. Поверхность детали нагревают горелкой до температур 300...400 °С. Сначала на дефектную поверхность наносят слой порошка, затем его оплавливают. Далее напыляют новый слой, который также оплавливают. Между расплавленным порошкообразным сплавом и поверхностным слоем основного металла протекают диффузионные процессы, которые приводят к образованию неразъемного соединения. При этом не происходит структурных изменений основного металла, что позволяет обеспечить заданные геометрические размеры и свойства деталей. При помощи газопорошковой наплавки можно получить наплавленный слой толщиной до 3 мм, при этом расплавления основного металла происходить не будет. Применение этого способа обеспечивает получение ускоренного и равномерного нагрева порошкового сплава пламенем горелки без перегрева основного металла и позволяет вести процесс сварки в любом пространственном положении.

В таблице 1.6 приведены составы порошкообразных сплавов на никелевой основе, применяемые для ремонтной сварки чугунных изделий.

Таблица 1.6 – Составы порошкообразных сплавов для газопорошковой сварки чугунных изделий

Марка сплава	Массовая доля элемента, %		
	медь	бор	кремний
НПЧ-1	5,0...7,0	1,0... 1,8	0,7 ...0,95
НПЧ-2		1,7...2,3	1,0...2,5

#### Сварка чугуна неплавящимся электродом

В процессе сварки вольфрамовым электродом происходит плавление вольфрама в сварочной дуге, но правильный выбор параметров режима сварки позволяет существенно замедлить этот процесс, получая лишь незначительное оплавление конца электрода. При этом расход электродного вольфрамового стержня не будет превосходить 1...2 см за час горения дуги. На воздухе происходит интенсивное окисление нагретого вольфрамового электрода, поэтому при сварке вольфрамовым электродом необходимо использование защитного газа, не реагирующего с вольфрамом. Самое высокое качество сварки неплавящимся электродом и длительный срок службы вольфрамового электрода обеспечивается применением инертных газов — аргона и гелия. Сварку ведут на постоянном токе прямой полярности («минус» на вольфрамовом электроде). Сварка неплавящимся электродом с успехом применяется для соединения и заварки дефектов в высокопрочных чугунах [14, 15, 16, 17, 18, 19]. Она позволяет получить высокую культуру производства, отсутствует загрязнение в сварочной ванны, инертный газ обеспечивает надежную защиту от вредного воздействия воздуха. Температура дуги при сварке неплавящимся электродом достигает 30 тыс. °С.

## Ручная дуговая сварка чугунных деталей

Сварка чугунных деталей может осуществляться с применением ручной дуговой сварки штучными электродами, при этом должны использоваться специальные сварочные материалы и техника сварки [20, 21, 22].

Для проведения горячей сварки чугуна предварительно нагревают детали до температуры 600...650 °С. Так как после сварки происходит охлаждение всей нагретой детали целиком, скорость охлаждения места сварки существенно снижается, по сравнению со сваркой без предварительного нагрева. В этом случае в сварном шве успевают пройти процессы графитизации, уменьшается усадка, не образуются трещины в околошовной зоне.

Если дефект заваривают на сложной детали, устранение трещинообразования производят 2-х ступенчатым нагревом. Сначала нагревают деталь до температуры 200...250 °С при относительно невысокой скорости нагрева, не превышающей 600 °С/час. Потом скорость нагрева увеличивают до 1600 °С/час. Сварку выполняют с электродами типа ОМЧ-1, состоящими из чугунных прутков со специальным покрытием.

При горячей сварке чугуна получается самое хорошее качество ремонта, однако процесс горячей сварки очень трудоёмкий и технически трудноприменимый.

Возможно проведение холодной сварки чугуна при условии применения таких сварочных материалов, как:

- стальные малоуглеродистые электроды;
- специальные электроды ПАНЧ-11, МНЧ-1, МНЧ-2, ОЗЧ-1 и др.;
- биметаллические электроды или пучок электродов.

В случае предъявления к сварному шву требования хорошей обрабатываемости и допустимости невысокая прочность для ремонтной сварки чугуна возможно применением электродов МНЧ-1, МНЧ-2. Никель, входящий в состав этих электродов, не соединяется с углеродом, вследствие чего шов обладает малой твердостью и хорошо может подвергаться механической обработке. Электроды ОЗЧ-4 изготовлены из медной проволоки со фтористо-кальциевой обмазкой и позволяют обеспечивать получение качественного и прочного шва. Но полученный с применением чужаких электродов шов представляет собой насыщенную железом медь, и его трудно обработать.

#### Механизированная сварка чугуна в среде защитных газов

С 60-х годов началось применение механизированных методов сварки чугуна [23, 24, 25, 26]. ЦНИИТМАШ и Институтом электросварки им. Е.О. Патона были разработаны варианты присадочного металла, который позволяет обеспечить диффузию углерода из околошовной зоны в сварочную ванну, вызывая обезуглероживание околошовной зоны. Это позволяет предотвратить отбел и повышение твердости металла. В результате на чугуне становится возможным получение качественного сварного соединения.

Институтом электросварки им. Е. О. Патона предложена технология механизированной сварки чугуна с применением:

- 1) электрошлаковой сварки пластинчатым электродом, а также неплавящимся электродом с использованием в качестве присадки порошковой проволоки;
- 2) полуавтоматической и автоматической дуговой сварки порошковой проволокой;
- 3) сварки в углекислом газе стальной проволокой сплошного сечения.

Как показали опыты, при механизированной сварке в среде углекислого газа при малом сварочном токе и использовании тонкой стальной проволокой (Св-08Г2С, Св-08ГС и Св-12ГС) происходит образование благоприятного химического состава металла шва и

отсутствуют трещины в металле шва и околошовной зоне. При этой сварке происходит образование в околошовной зоне тонкого слоя отбеленного чугуна, что в дальнейшем затруднит механическую обработку изделия, но получаемый сварной шов в целом удовлетворяет требованиям по прочности и пластичности.

Этот способ сварки может быть рекомендован для ремонта сложных чугунных отливок. Сварку лучше всего производить полуавтоматом А-547 с применением проволоки диаметром 0,5...0,6 мм, токе сварки 40...80 А, напряжении дуги 16...18 В, расходе углекислого газа 5...6 л/мин.

Составление проектной технологии сварки произведём на основе сварки в аргоне неплавящимся электродом, которая позволяет достигнуть повышения стабильности качества соединений.

## 1.6 Формулировка задач работы

При анализе состояния вопроса была рассмотрена базовая технология заварки дефектов на чугунных отливках корпуса задвижки с применением газовой сварки., Выявлены недостатки базовой технологии:

- тяжёлые условия труда сварщика (горячая отливка);
- сложность заварки дефектов больших размеров;
- низкая производительность ремонтной сварки;
- длительное тепловое воздействие на деталь.

Проведён литературный обзор возможных способов исправления дефектов литья чугунов, в котором рассмотрены:

- газовая сварка;
- газопорошковая наплавка;
- сварка неплавящимся электродом;
- сварка штучными электродами;
- механизированная сварка.

Для дальнейшей проработки была принята сварка в аргоне неплавящимся электродом, которая позволяет получать стабильное качество сварки.

Проведённый анализ состояния вопроса позволяет сформулировать задачи, решение которых приведёт к достижению поставленной цели:

- 1) предложить высокопроизводительный способ ремонтной сварки чугунных деталей;
- 2) составить технологию сварки чугуна с применением предложенного способа;
- 3) выявить опасные и вредные производственные факторы, возникающие при реализации проектной технологии ремонтной сварки и предложить меры защиты от них;
- 4) произвести оценку экономической эффективности внедрения результатов работы в производство.

## 2 ПРОЕКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ

### 2.1 Описание технологических операций

Необходимо произвести подготовку дефектных мест на деталях перед сваркой. Концы трещин необходимо должны быть засверлить насквозь с использованием сверла диаметром 4...6 мм.

После определения границ дефекта производят разделку дефектного места под сварку (рис. 2.1). При разделке необходимо обеспечение полного удаления всех загрязнений: песка и масла, рыхлого и пористого металла. Разделку дефекта производят с обеспечением резкого перехода, с таким расчетом, чтобы сделать минимальной выход на обрабатываемую поверхность зоны термического влияния, в которой можно ожидать образования отбела. Ширину разделки в верхней части принимают в 2...3 раза больше ширины разделки в её нижней части.

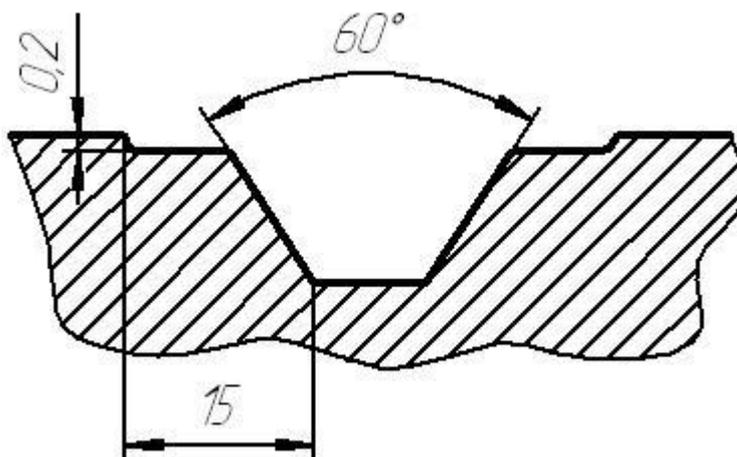


Рисунок 2.1 – Форма разделки дефекта под заварку

Осуществляют предварительный подогрев до температур 450...500 °С в печи. После нагрева детали производят заварку дефекта. Рекомендуемая последовательность наложения валиков представлена на рис. 2.2.

Кромки обваривают с применением аргонодуговой сварки неплавящимся электродом, в качестве присадочной проволоки используют проволоку: 90 % Ni + 5 % Fe + 5 % Mn. Разделку заполняют аргонодуговой

сваркой неплавящимся электродом, в качестве присадочной проволоки используют проволоку: 52 % Ni + 36 % Fe + 7 % Cr + 5 % Mn.

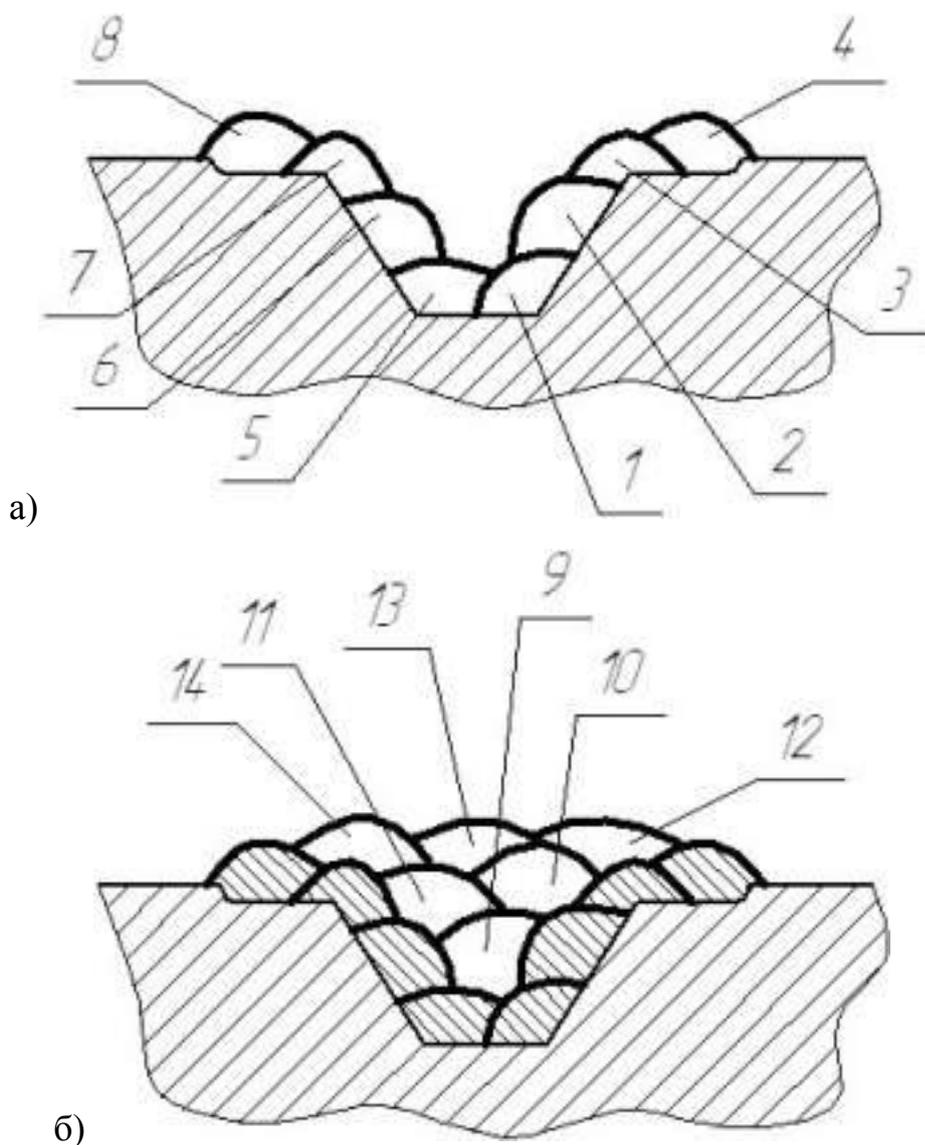


Рисунок 2.2 – Рекомендуемая последовательность наложения валиков при заварке дефектов в толстостенных чугуновых деталях: а) проведение обварки кромок; б) выполнение соединительных валиков

Перед сваркой производят установку параметров режима:

- 1) диаметра присадки - 3 мм
- 2) сварочного тока - 160...180 А
- 3) напряжения на дуге - 26...30 В
- 4) расхода аргона - 6...8 л/мин
- 6) диаметра неплавящегося электрода - 3 мм

Технологическими требованиями к сварке являются:

- 1) ведение сварки короткими швами;
- 2) простукивание каждого валика молотком;
- 3) обеспечение перекрытия валиков не менее  $1/3$  ширины каждого валика;
- 4) ограничение максимального времени заварки 10 минутами.

После сварки проводят термообработку заваренной детали производят с применением печи. При размещении изделия температура печи составляет  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , пока сварной узел находится в печи, температура в ней падает до  $960\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Производят выдержку изделия в печи в течение 10 минут. После этого изделие перемещают в печь, нагретую до температуры  $730\text{...}740\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Производят выдержку в течение 9 минут. После этого изделие вынимают из печи и производят охлаждение на воздухе до цеховой температуры.

## 2.2 Источник питания для ремонтной сварки

Для проведения ремонтной сварки в работе [27] предложено использовать инверторный источник питания новой конструкции, позволяющий производить сварку неплавящимся электродом с получением асимметричных разнополярных импульсов тока прямоугольной формы. На основании результатов проведённых исследований электрофизических и энергетических характеристик дуги переменного тока и прямоугольной формой импульсов, технологических особенностей дуги предложены рекомендации по выбору конструкции неплавящегося электрода и параметров режима для сварки и наплавки дугой переменного тока с прямоугольной формой импульсов [27].

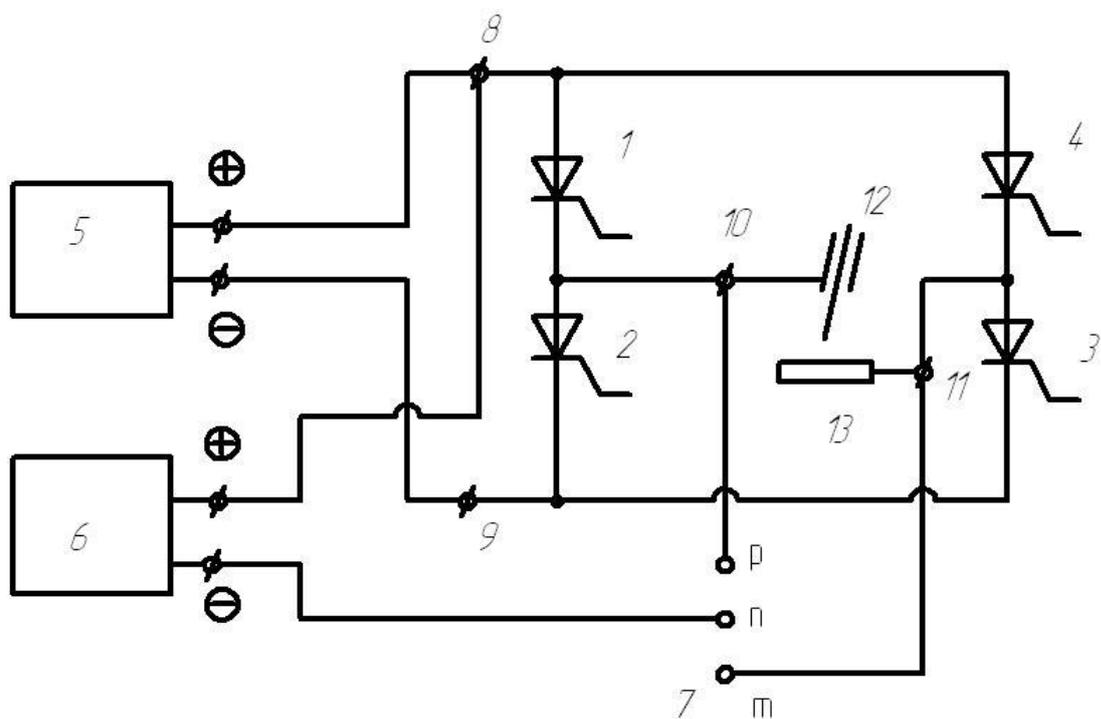
Предлагаемое устройство предназначено для сварки с использованием разнополярных прямоугольных импульсов тока (рис. 2.3), оно состоит из тиристорного инвертора, включающих тиристоры 1...4, основного источника постоянного тока 5 и дополнительного источника постоянного тока 6, переключателя 7.

Выходные клеммы основного источника постоянного тока 5 соединяют к входным клеммам 8, 9 инвертора. Клемму "-" дополнительного источника 6 соединяют через переключатель 7 к выходным клеммам 10, 11 инвертора. Клемма "+" дополнительного источника постоянного тока соединяют к входной клемме 8 инвертора. Выходную клемму 10 инвертора соединяют с неплавящимся электродом 12, а выходную клемму 11 - со свариваемым материалом 13.

Перемычку переключателя 7 устанавливают в положение "m", если необходимо получить большие значения тока в импульсах обратной полярности. При необходимости сварки с применением дуги равных по амплитуде импульсов прямой и обратной полярности, перемычку 7 устанавливают в нейтральное положение "n". В этом случае ток дуги в импульсе прямой полярности будет равен току дуги в импульсе обратной полярности и равен току нагрузки от основного источника постоянного тока 5.

При необходимости получить большую величину тока в импульсах прямой полярности, перемычку переключателя 7 устанавливают в положение "p". В этом случае ток от дополнительного источника 6 на прямой полярности протекает через открытый в этот момент тиристор 4 и сварочную дугу, а на обратной полярности мимо дуги через открытый в этот момент тиристор 1. Тогда импульс прямой полярности будет складываться из тока нагрузки основного 5 и тока нагрузки дополнительного 6 источников постоянного тока, а импульс обратной полярности будет состоять только из тока нагрузки от основного источника 5.

В случае, если требуется большая проплавливающая способность дуги, применяют вариант, когда величина тока дуги меньше в импульсах прямой полярности (перемычка переключателя установлена в положение "p"). Тем самым повышается производительность сварки и допустимая токовая нагрузка на неплавящийся электрод.



1...4 – силовые тиристоры , 5 – главный источник питания,  
 6 - дополнительный источник питания, 7 – переключающее устройство,  
 8, 9 - входные клеммы инвертора, 10, 11 - выходные клеммы инвертора

Рисунок 2.3 – Схема предлагаемого устройства для сварки с применением разнополярных прямоугольных импульсов тока

### 2.3 Планировка участка для ремонтной сварки

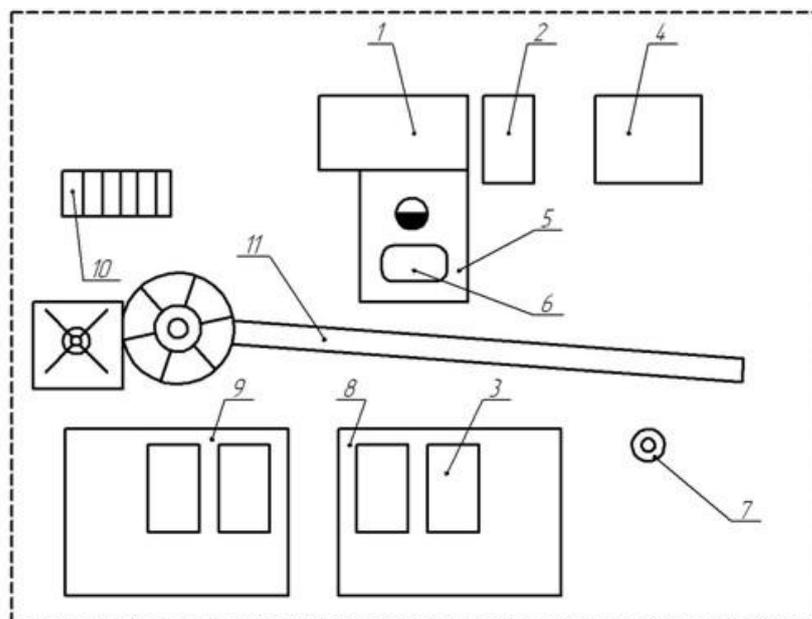
Участок ремонтной сварки оснащают необходимым стандартным и нестандартным оборудованием, которое осуществление операций проектного технологического процесса.

Участок ремонтной наплавки включает следующие основные отделения: 1) слесарное, где производится подготовка деталей под сварку и разделка дефектов; 2) термической обработки; 3) сварки; 4) контроля качества.

Расстановку оборудования необходимо выполнять, обеспечивая свободный пути для транспорта по прямой линии, при этом не должно происходить пересечения основных потоков. Необходимо задавать рабочие зоны таким образом, чтобы не было пересечения их траекторией движения транспортных механизмов. Необходимо предусмотреть место для хранения крупногабаритных изделий и материалов.

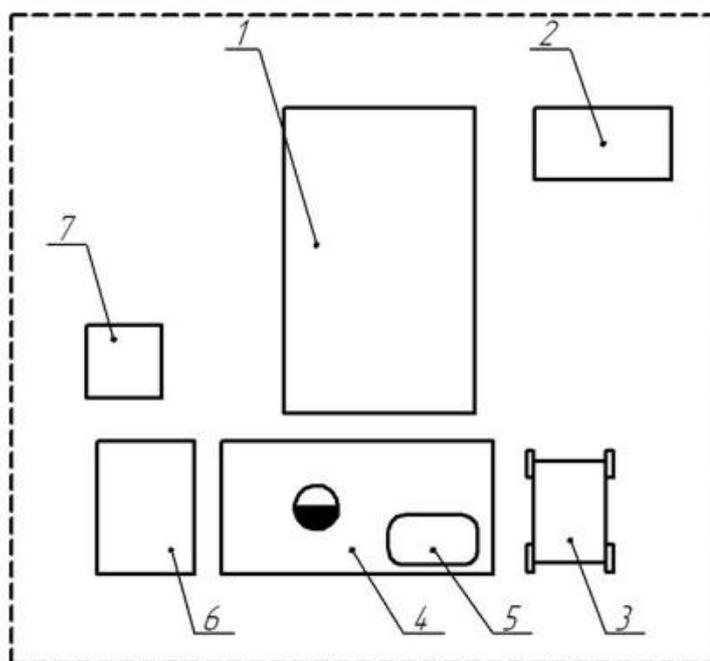
В случае обслуживания одним рабочим нескольких единиц оборудования необходимо предусмотреть удобство расположения всех рабочих зон и минимальные переходы между ними. Для облегчения обслуживания целесообразно произвести расположение рабочих мест со стороны проходов. Постоянно используемое оборудование необходимо располагать в зоне наибольшего естественного освещения.

Транспортировку деталей к технологическому оборудованию на участках сварочно-наплавочном и термическом производится при помощи ручной тележки. Транспортировку деталей на участке ремонта производят с применением подвешенного электрического одноблочного крана.



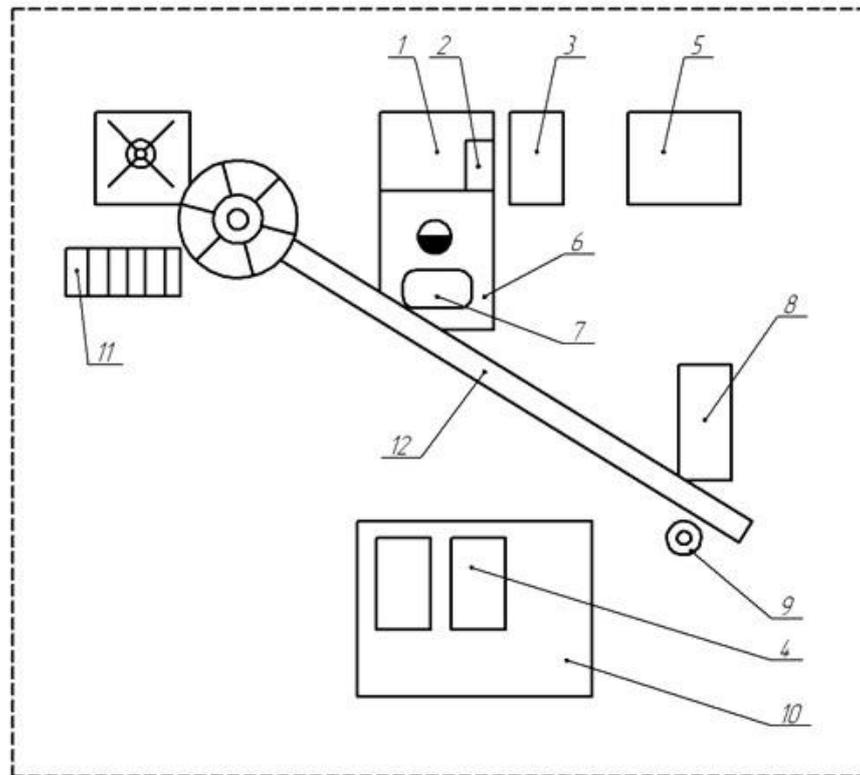
- 1 - верстак; 2, 3 - передвижные столики для тары с готовыми узлами;  
 4 - оборудование газовой сварки; 5 - диэлектрический мат; 6 - стул; 7 - стойка  
 с цветной сигнальной лампочкой для вызова внутрицехового транспорта;  
 8 - поддон для готовых деталей; 9 - поддон для неразделанных деталей;  
 10 - стремянка; 11 - консольный кран

Рисунок 2.4 – Планировка слесарного участка



- 1 - печь; 2 - стеллаж; 3 - тележка; 4 - решетка для ног; 5 - стул;  
 6 - инструментальная тумбочка; 7 - урна для мусора

Рисунок 2.5 – Планировка участка предварительного нагрева



1 - сварочный стол; 2 - панель всасывания; 3, 4 - передвижные столики для тары с готовыми узлами; 5 - сварочный выпрямитель; 6 - диэлектрический мат; 7 - стул; 8 - тумбочка; 9 - стойка с цветной сигнальной лампочкой для вызова внутрицехового транспорта; 10 - поддон для готовых узлов; 11 - стремянка; 12 - консольный кран

Рисунок 2.6 – Планировка участка сварки

## 2.4 Обеспечение качества при ремонтной сварке чугунных деталей

Литейное производство относится к классу сложных систем, представление которых в формализованном виде затруднительно. Это вызвано значительным количеством параметров, определяющих функционирование литейного производства как единой системы. Очень сложно, а иногда и практически невозможно точное определение значений этих параметров. Поэтому моделирование поведения этой системы неэффективно или невозможно.

В исследованиях [28] установили, что ликвидация дефектов в сложных системах, к которым можно отнести и чугунные отливки, может быть представлена в виде нескольких подсистем.

На рисунке 2.7 представлена DFD диаграмма организации процесса по проведению обнаружения и ликвидации дефектов отливок. Представленный подход предусматривает наличие единой системы достижения поставленной цели: идентификация дефектов, диагностика причин, устранение дефектов и причин их появления. Выявление и ликвидацию дефектов производят следующим образом. Разрабатывают техпроцесс изготовления отливок и изготавливают пробную партию литых заготовок. В случае возникновения дефектов проводят их идентификацию и выявление разновидности, определяют причину возникновения и способ ликвидации дефекта. После этого проводят исправление ошибок и изготавливают новую партию литья. Если причину возникновения дефекта отливки установить затруднительно, тогда проводят моделирование литейного процесса и выбор технологических приемов повышения устойчивости технологического процесса [29].

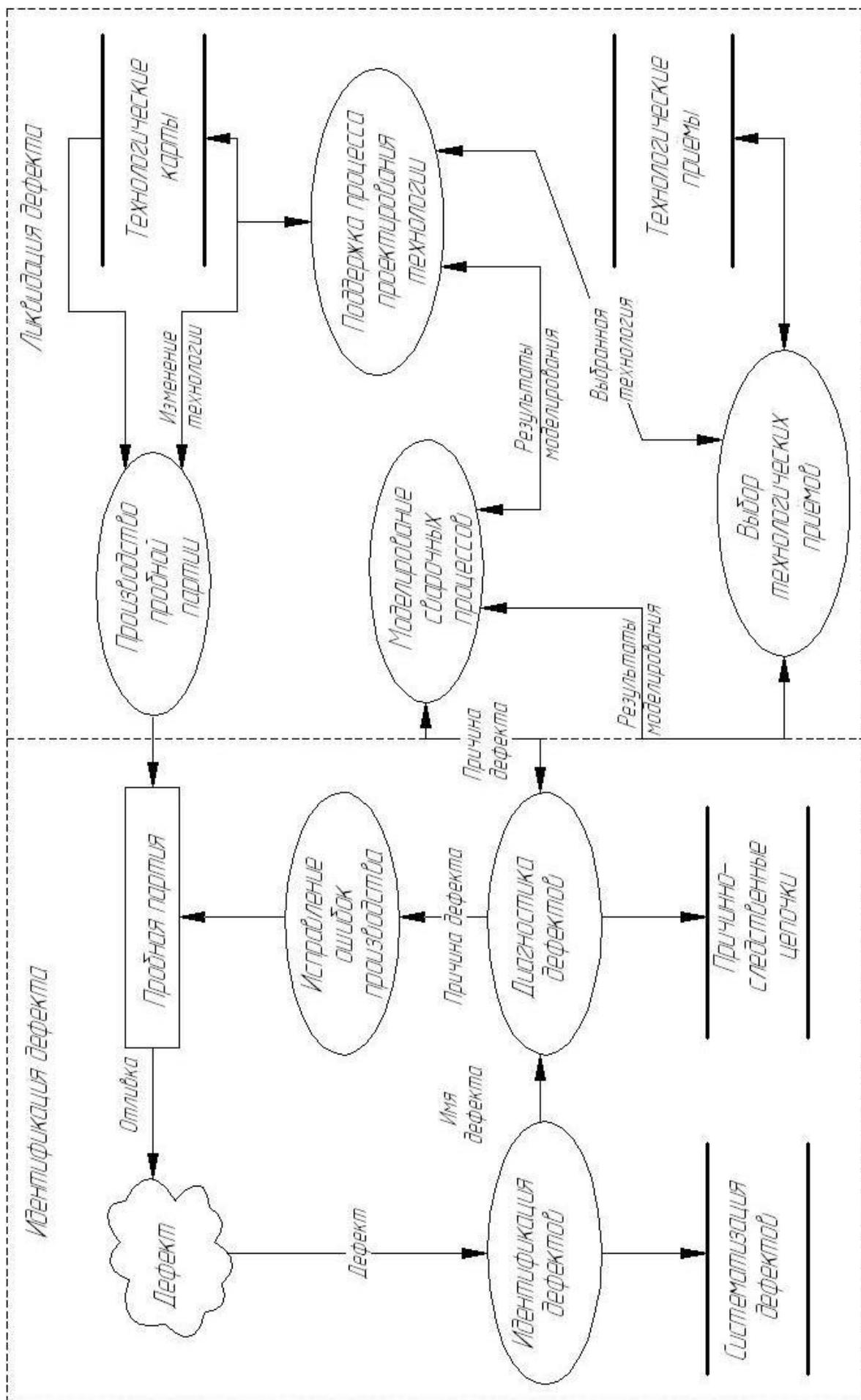


Рисунок 2.7 – DFD-диаграмма организации процесса идентификации и ликвидации дефектов сложных систем на примере дефектов чугунного литья

Зачастую требуется определить факторы, влияющие на качество результатов технологического процесса, при этом может быть использована причинно-следственная диаграмма определения качества. Такую диаграмму, называемую ещё «диаграмма Исикавы» или «диаграмма рыбий скелет», применяют, если необходимо произвести исследование и изобразить возможные причины возникновения проблем [30].

Причинно-следственная диаграмма была разработана с целью представления соотношений между следствием, результатом и всеми возможными причинами, которые влияют на них. Следствие, результат или проблему обычно обозначают на правой стороне схемы, а воздействия или "причины" перечисляют на левой стороне диаграммы (рис. 2.8) [31].

Причинно-следственную диаграмму строят в следующем порядке [31]:

**Этап 1.** Описывают выбранную проблему, её особенности, места возникновения, время проявления проблемы и как далеко эта проблема распространяется: «Низкое качество сварки при исправлении дефектов чугунного литья».

**Этап 2.** Перечисляют причины, которые используются для построения причинно-следственной диаграммы:

- Персонал:

а) недостаточная мотивация работников на качественное выполнение своих обязанностей (отсутствие справедливого распределения фонда заработной платы, общественного контроля, личностного стимулирования качества продукции);

б) тяжёлые условия труда рабочего персонала (повышение нормы производства вследствие сокращения штатов, сверхурочные работы из-за низкой зарплаты, экономия за счёт гигиены труда и средств защиты, шумность производства);

в) недостаточная квалификация рабочего персонала (работники не желают повышать мастерство, отсутствие на предприятии средств для проведения курсов повышения квалификации, неудовлетворительное качество

подготовки студентов в вузах и техникумах, снижение общего уровня интеллекта общества вследствие его алкоголизации, табакокурения и наркомании);

г) чувство социального угнетения (плохое обеспечение детей работников местами в детских дошкольных и школьных учебных учреждениях, развращение молодёжи, боязненное ожидание старости и выхода на пенсию, негативное влияние на психику просмотра российских информационных каналов, увеличение цен услуги ЖКХ, продукты, плохая экологическая ситуация в городе, неудовлетворительное медицинское обслуживание, непогашенные кредиты в банках, разрушение семейных ценностей и пр.)

- Технологическое оборудование:

а) износ оборудования (происходит вследствие недостаточно квалифицированного и своевременного его обслуживания, неудовлетворительного качества запасных частей, отсутствия у предприятия средств на своевременную замену оборудования);

б) неправильная эксплуатация (не до конца используются технологические возможности существующего оборудования, высокий уровень брака продукции);

в) плохое качество оборудования (поставляемое на предприятия новое оборудование зачастую не соответствует стандартам качества вследствие наличия коррупционной составляющей, неправильного выбора поставщиков);

г) моральное устаревание (у предприятия отсутствуют средства на проведение модернизации и замену оборудования, применение новых систем управления и контроля качества).

- Материалы:

а) недостаточное качество (снижение коррозионной стойкости и прочности вследствие нарушений технологии производства и закупки «левого» материала);

б) повышенный расход (вследствие низкой квалификации персонала, износа оборудования, большой доли брака);

в) неритмичность поставок (усиливающийся кризис неплатежей, мошенничество при работе с непроверенными поставщиками).

- Технологии:

а) нерациональная последовательность операций;

б) низкая точность измерений.

**Этап 3.** Построение причинно-следственной диаграммы (рис. 2.8).

**Этап 4.** Анализ диаграммы: факторы и условия расставляют по значимости, устанавливая причины, которые в данный момент могут быть скорректированы.

**Этап 5.** Описание всех взаимосвязей.

**Этап 6.** Составление плана дальнейших действий.

Важнейшая функция системы организации производства – это технический контроль производимой продукции, т.е. проверка соответствует ли контролируемый объект установленным техническим требованиям.

Система технического контроля качества предполагает наличие на предприятии службы технического контроля, отвечающей вместе с технологическими службами за качество выпускаемой продукции.

Технический контроль проводят в соответствии с действующей на предприятии технической документацией по правилам, которые были установлены стандартом предприятия. Алгоритм проведения операции технического контроля можно представить в виде схемы (рис. 2.3).

Система технического контроля предполагает наличие следующих элементов: объекта контроля; методов и средств контроля; исполнителей; технической документации.

Объектам контроля является продукция на различных стадиях технологического процесса, средства производства и сами технологические процессы.

Методы контроля – это совокупность принципов и правил выполнения операций контроля.

Средства контроля состоят из контрольно-измерительных приборов, инструментов, аппаратуры, материалов, применяемых при контроле.

Исполнителями контроля являются специалисты отдела технического контроля (ОТК) и работники центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ), которые занимаются поверкой и ремонтом средств измерения.

При техническом контроле выявляют отклонения объекта контроля от установленных требований НТД (нормативно-технической документации).

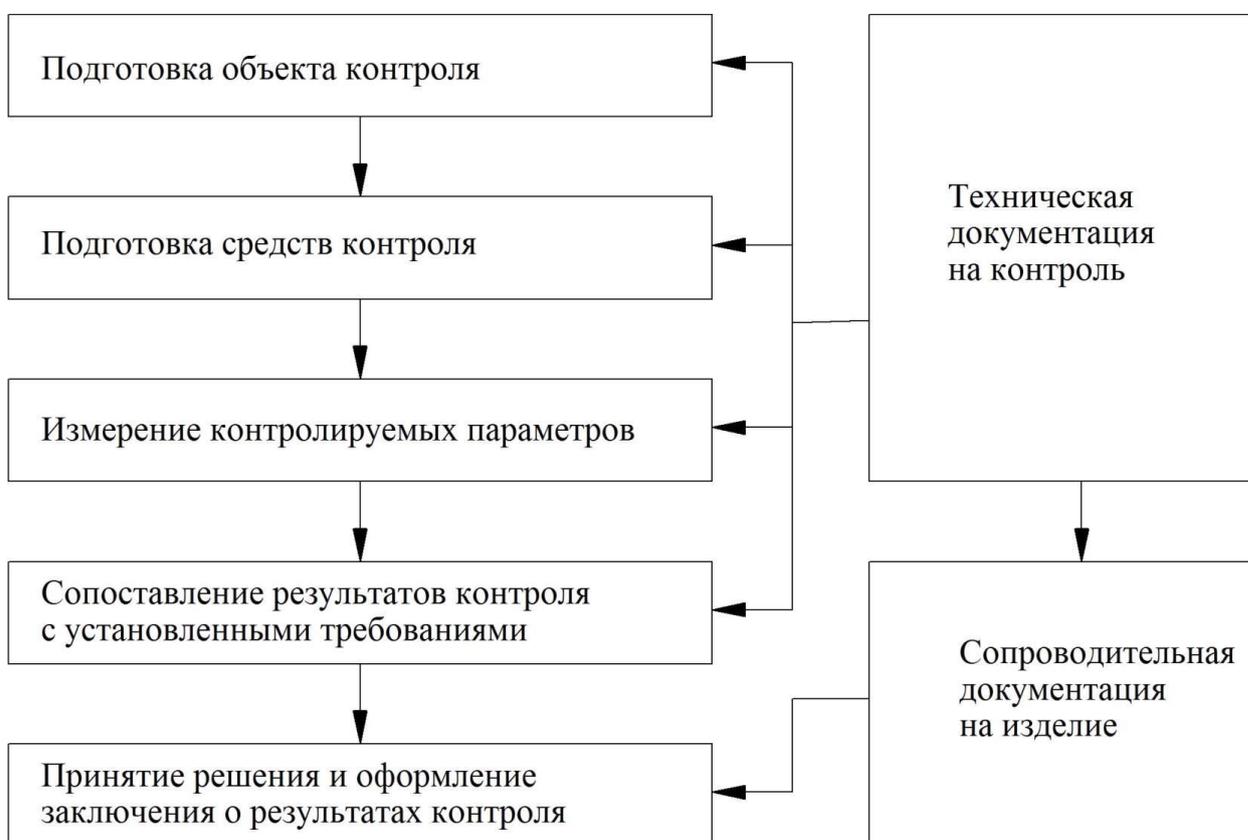


Рисунок 2.9 – Система технического контроля

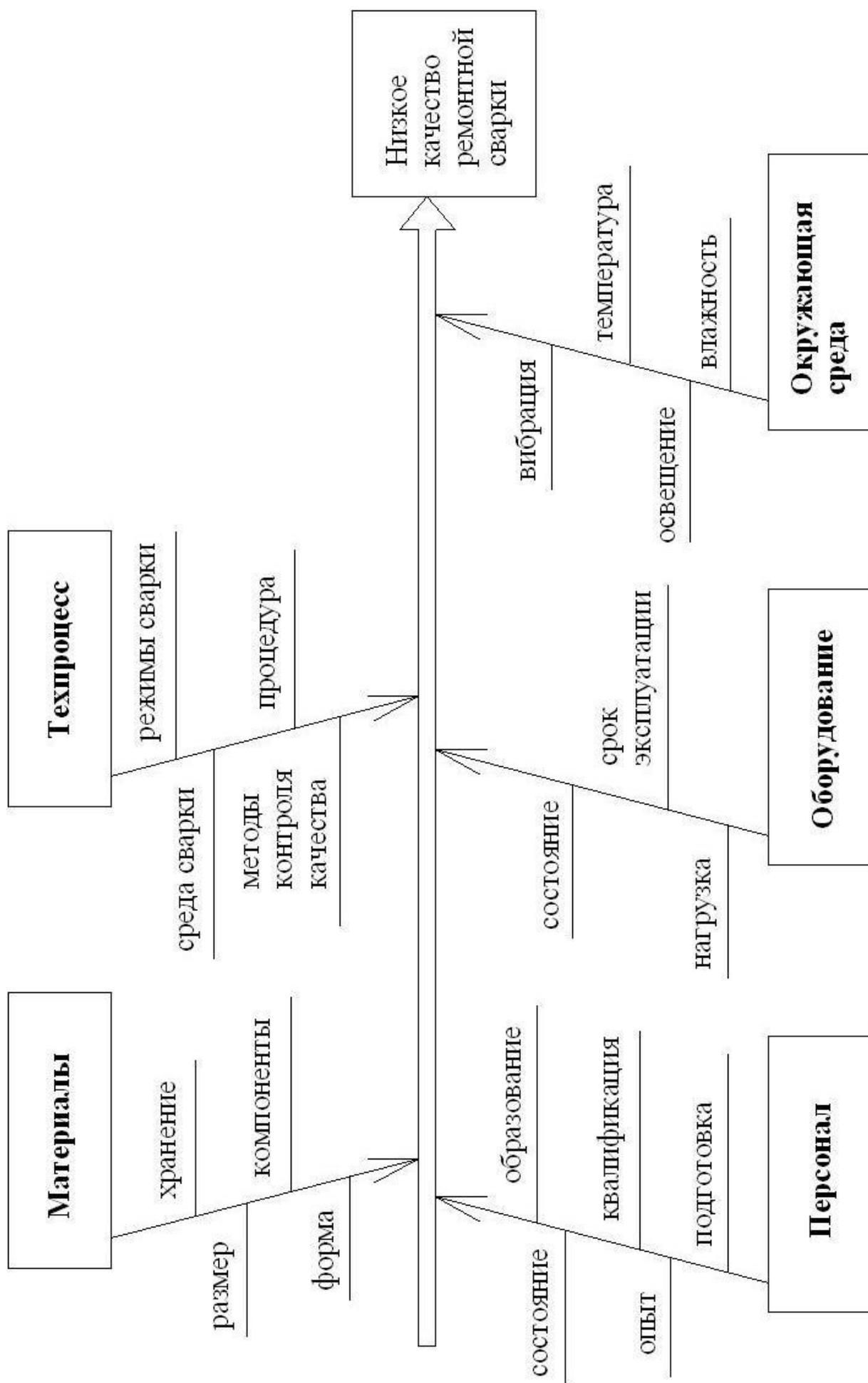


Рисунок 2.8 – Причинно-следственная диаграмма

## 2.5 Контроль качества ремонтной сварки

Заваренные корпуса задвижек предъявляют на технический контроль с целью проверки качества заварки дефекта, приемки и постановки клейма. Клеймо по результатам приемки заваренного корпуса наносится рядом с клеймом сварщика.

При заварке дефектов корпуса задвижки производят контроль:

- качества сварочных материалов;
- квалификации сварщика;
- подготовки дефектных мест под заварку;
- температуры предварительного подогрева;
- выполнения технологического процесса заварки;
- качества заваренных отливок;
- режимов термической обработки корпусов после заварки.

На корпусах задвижек, предъявляемых на контроль, заваренные участки должны быть очищены от шлака, брызг, окалины, грата, которые могут затруднить визуальный контроль.

Сварочные материалы, которые применяются для заварки дефектов, должны соответствовать требованиям действующих стандартов и технических условий.

Температуру предварительного подогрева перед ремонтной заваркой контролируют, применяя термокарандаши, контактные термомпары или другими способами, которые обеспечивают надежный контроль температуры.

Представитель службы контроля следит за соблюдением требований технологического процесса на всех стадиях исправления отливок.

Заваренные участки задвижек подлежат 100 % визуальному контролю, на котором выявляют наличие трещин, раковин, подрезов, наплывов, пористости и шлаковых включений, которые не допускаются.

Далее контроль качества осуществляется с применением цветной дефектоскопии в объёме 100 %, которая позволяет определить плотность и

целостность металла. Метод цветовой дефектоскопии предусматривает погружение изделий на 5...10 мин в красную краску, проникающую в трещины и поры. Потом с поверхности изделия краску удаляют и наносят на неё тонкий слой белой краски. В местах расположения трещин и пор после подсушки проявляются следы в виде красных линий и точек. Глубина и размер дефекта определяется по яркости размеру получаемых красных следов. После проведения цветовой дефектоскопии белую краску смывают растворителем.

## 3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

### 3.1 Технологическая характеристика объекта

Оборудование на участке сварки размещено в соответствии с требованиями по обеспечению безопасности работ. Сварочный пост оснащают вентиляционной установкой, осуществляющий отсос сварочных газов, аэрозолей и пр. Также сварочный пост ограждают металлическими щитами. В состав поста для сварки входят: источник питания, механизм подачи проволоки, механизм подачи защитного газа, сварочное приспособление, вентиляция, диэлектрический коврик, горелка, газовый рукав, стул, заземление, ящик для отходов.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должность работника, который выполняет операцию технологического процесса	Применяемые устройства, оборудование, приспособления	Применяемые вещества и материалы
1	2	3	4
1. Подготовка к сварке	Электрогазосварщик	Щётка металлическая, ванна помывочная, компрессор, приспособление для сборки	Раствор едкого натра 10%, вода техническая, воздух сжатый

1	2	3	4
2. Сварка	Электрогазосварщик	Приспособление для сборки, источник питания сварочной дуги, сварочная горелка, механизм подачи электродной проволоки	Ацетон, вата, аргон, присадочная проволока
3. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	Контрольный стол, лупа, ультразвуковой дефектоскоп	Масло техническое, кисть

### 3.2 Идентификация персональных рисков

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Операция технологического процесса, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы	Источники опасных и вредных производственных факторов
1	2	3
1. Подготовка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования</li> <li>- движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования</li> <li>- повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне</li> <li>- повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека</li> </ul>	Щётка металлическая, края изделия, приспособление для сборки, механический инструмент

1	2	3
2. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов</li> <li>- повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека</li> <li>- повышенное запыление и загазованность воздуха в рабочей зоне</li> </ul>	Приспособление для сборки, источник питания сварочной дуги, сварочная горелка, механизм подачи электродной проволоки
3. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок, инструмента и оборудования</li> <li>- движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования</li> <li>- высокий уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне</li> </ul>	Края изделия, приспособление для сборки, аппаратура ультразвукового контроля

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы	Организационные мероприятия и технические средства для защиты, снижения и устранения опасных и вредных производственных факторов	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхности заготовок	Периодический инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.

1	2	3
2. Движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования	Нанесение предохранительных надписей, соответствующей окраски, установка ограждений	-
3. Высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов	Периодический инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное напряжение в электрической цепи, для которой существует опасность замыкания через человека	Организация заземления электрических машин и периодического контроля изоляции.	-
5. Высокий уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Экранирование зоны сварки при помощи щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Высокий уровень инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварки при помощи щитов	Спецодежда, маска сварщика

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок сварки	Стенд для сварки, аппарат контроля, источник питания	пожары, которые протекают при воспламенении и горении веществ и материалов на электроустановках, имеющих электрическое напряжение (Е)	Наличие пламени и искр; теплового потока; повышенной температуры окружающей среды; повышенной концентрации токсичных продуктов	замыкание на проводящие ток части технологических установок напряжения с высоким значением на оборудовании, агрегатах, изделиях и иного имущества; термохимическое воздействие огнетушащих веществ, которые используются при пожаре, на предметы и людей

Таблица 3.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства для тушения	Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-80
Мобильные средства для тушения	Пожарные автомобили (вызываются)
Стационарные системы и установки для тушения	-
Пожарная автоматика	-
Пожарное оборудование	Краны пожарные напорные пожарные рукава
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Наличие плана эвакуации
Пожарный инструмент	Наличие лопаты, багра, топора
Пожарные сигнализация, связь и оповещение.	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Технологический процесс	Вид реализуемого организационного или технического мероприятия	Требования для обеспечения пожарной безопасности, достигаемый эффект
Сборка, сварка, контроль	Ознакомление рабочего персонала и служащих с правилами пожарной безопасности, использование средств наглядной агитации по пожарной безопасности, проведение с производственным персоналом учений по обеспечению пожарной безопасности	Необходимо в достаточном количестве наличие на участке первичных средств пожаротушения, применять защитные экраны для ограничения разлёта искр.

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Сборка, сварка, контроль	Подготовка деталей, сборка под сварку, сварка, контроль качества	газообразные частицы и сажа, которые выделяются при сварке	Остатки масла	упаковки от проволоки и бумажная и полиэтиленовая; металлолом; бытовой мусор.

Таблица 3.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварочный участок
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия	Необходимо произвести установку контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов. Предусмотреть отдельный контейнер для металлолома. Нанести на контейнеры соответствующие надписи. Проводить инструктаж среди производственного персонала по правильному складыванию в контейнеры мусора и отходов.

### 3.6 Заключение по разделу

При выполнении данного раздела выявлены опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие проектную технологию. Произведён анализ возможности устранения и уменьшения этих факторов, показавший, что при использовании стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства можно добиться безопасности работников при промышленном внедрении результатов проекта. В разработке специальных и дополнительных средств защиты нет необходимости. Наблюдается угроза экологической безопасности. При осуществлении проектной технологии требуется соблюдать технологический регламент и производственную санитарию.

## 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

### 4.1 Исходные данные

В работе предложена технология и оборудование для проведения ремонтной сварки дефектов корпуса задвижки. Базовая технология предусматривает проведение ремонтной сварки с использованием газовой сварки чугунами прутками. Проектный вариант технологии предлагает производить сварку неплавящимся электродом в аргоне. При этом применяется оригинальное оборудование, позволяющее устранить дефекты сварки и повысить её производительность. Экономический эффект может быть достигнут за счет уменьшения влияния человеческого фактора на качество сварки и оптимизации протекающих металлургических процессов. Технологический процесс включает следующие операции: заготовительная, сборочная, сварочная и контрольная. Поскольку изменяется только технология сварки, рассчитываем затраты на ремонтную сварку типового изделия – корпус задвижки. В штуках предполагается годовая программа 10000 условных изделий.

Таблица 4.1 – Исходные данные

№	Показатели	Усл. обозн.	Ед. изм.	Значение по вар.	
				Баз.	Пр.
1	2	3	4	5	6
1	Количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Разряд рабочего	Р.р.		IV	IV
3	Часовая тарифная ставка	Сч	Р/час	70	70
4	Коэффициент отчислений на доп. з/пл	Кдоп.	%	12	12
5	Коэффициент доплат к основной з/пл	Кд.		1,88	1,88

Продолжение таблицы 4.1

6	Норма амортизации оборудования	На	%	21,5	21,5
7	Норма амортизации на площади	На.пл.	%	5	5
8	Коэффициент отчислений на соц. нужды.	Ксс	%	34	34
9	Стоим. эксп. площадей	Сэксп.	(Р/м <sup>2</sup> )/год	2000	2000
10	Цена приобретения площадей	Цпл.	Р/м <sup>2</sup>	3000	3000
11	Площадь, занимаемая оборудованием	S	м <sup>2</sup>	20	20
12	Коэф-т. транспортно-заготовит. расходов	Кт -з	%	5	5
13	Коэф. затрат на монтаж и демонтаж	Кмонт. Кдем.	%	- 3	5 -
14	Цена оборудования:	Цоб	Руб.	80000	90000
15	Коэффициент, учитывающий доп. площадь	Кпл.	-	3	3
16	Потребляемая мощность	Муст	кВт	10	25
17	Стоимость э-энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
18	Коэф-т выполн. нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Коэф-т полезн. действия	КПД	-	0,7	0,85
20	Нормативный коэф. эффективности доп. кап. вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Заводские расходы	Кзав	-	2,15	2,15
23	Коэф. выполнения нормы	Кв		1,03	1,03
24	Машинное время *	тмаш	час	1,2 часа	0,4 часа

\* При использовании предлагаемого способа сварки коэффициент наплавки повышается в три раза.

## 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Номинальный годовой фонд времени работы оборудования

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где  $D_p$  – количество рабочих дней в году;

$T_{см}$  – продолжительность смены;

$T_{п}$  – количество часов, на которые сокращается смена в предпраздничные дни;

$D_{п}$  – количество предпраздничных дней;

$C$  – количество смен.

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

Эффективный фонд времени работы оборудования

$$F_э = F_H \cdot (1 - B/100), \quad (4.2)$$

где  $B$  – плановые потери рабочего времени.

$$F_э = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108 \text{ ч.}$$

## 4.3 Расчет времени на проведение сварки и коэффициента загрузки оборудования

Расчет затрат времени производится по формуле:

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

где  $t_{шт}$  – время на ремонтную сварку типовой детали;

$t_{маш}$  – время непосредственно выполнения операции;

$t_{всп}$  – время на подготовку к работе оборудования – 10%;

$t_{обсл}$  – время на обслуживание, текущий и мелкий ремонт – 5%;

$t_{отл}$  – время на личный отдых – 5%;

$t_{п-з}$  – время подготовительно – заключительное – 1%

$$t_{шт.Баз.} = 1,2 + (10\% + 5\% + 5\% + 1\%) \cdot 1,2 = 1,45 \text{ ч}$$

$$t_{шт.п.} = 0,4 + (10\% + 5\% + 5\% + 1\%) \cdot 0,4 = 0,48 \text{ ч}$$

Определение количества оборудования

$$n_{\text{ДАН}\times} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \dot{I}_{\text{А}}}{F_{\text{Y}} \cdot \hat{E}_{\text{Аí}}}, \quad (4.4)$$

где  $t_{\text{шт}}$  – штучное время;

$\text{Пг}$  – годовая программа выпуска изделий;

$\text{Fэ}$  – эффективный фонд времени работы оборудования;

$\text{Квн}$  – коэффициент выполнения нормы.

$$n_{\text{ДАН}\times \text{А}} = \frac{1,45 \cdot 10000}{4108 \cdot 1,03} = 3,43 \text{ ед.}$$

$$n_{\text{ДАН}\times \text{Б}} = \frac{0,48 \cdot 10000}{4108 \cdot 1,03} = 1,13 \text{ ед.}$$

Принимаем для базового варианта 4 единицы оборудования и для проектного варианта 2 единицы оборудования.

Коэффициент загрузки оборудования

$$\text{Кз} = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}, \quad (4.5)$$

где  $n_{\text{расч}}$  – расчетное количество оборудования,

$n_{\text{пр}}$  – принятое количество оборудования

$$\text{К}_{\text{з.баз.}} = 3,43/4 = 0,86$$

$$\text{К}_{\text{з.пр.}} = 1,13/2 = 0,57$$

#### 4.4 Расчет заводской себестоимости сравниваемых вариантов

*Расчет затрат на материалы по базовому и проектному вариантам*

$$M = \text{Ц}_m \cdot N_p \cdot \text{К}_{\text{Т-З}}, \quad (4.5)$$

где  $\text{Ц}_m$  – стоимость материала;

$N_p$  – норма расхода материала.

$\text{К}_{\text{Т-З}}$  – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

По базовому варианту восстановление ведется газовой сваркой по проектному варианту – сваркой неплавящимся электродом. Базовая технология: расход прутков – 1,5 кг на 1 кг наплавленного металла.

Проектная технология: расход присадочной проволоки – 1,2 кг на 1 кг наплавленного металла.

$$M_b = 554 \text{ р/кг} \cdot 0,8 \text{ кг} \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 698 \text{ руб.}$$

$$M_{пр} = 220 \text{ р/кг} \cdot 0,8 \text{ кг} \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 222 \text{ руб.}$$

*Фонд оплаты труда основных производственных рабочих*

Фонд заработной платы (ФЗП) складывается из основной и дополнительной заработной платы:

Основная заработная плата.

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot Сч \cdot Кд, \quad (4.6)$$

где Сч – часовая тарифная ставка;

Кд – коэффициент доплат к основной заработной плате

$$Z_{осн.баз.} = 1,45 \cdot 70 \cdot 1,88 = 191,08 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.пр.} = 0,48 \cdot 70 \cdot 1,88 = 63,69 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot К_{доп} / 100 \quad (4.7)$$

где Кдоп – значение коэффициента, учитывающего отчисления на дополнительную заработную плату

$$Z_{доп.баз.} = 191,08 \cdot 12 / 100 = 22,93 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп.пр.} = 63,69 \cdot 12 / 100 = 7,64 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{баз.} = 191,08 + 22,93 = 214,01 \text{ руб.};$$

$$\text{ФЗП}_{п.} = 63,69 + 7,64 = 71,33 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{сн} = \text{ФЗП} \cdot К_{сс} / 100, \quad (4.8)$$

где Ксс – значение коэффициента, учитывающего отчисления на социальные нужды.

$$O_{сн.баз.} = 214,01 \cdot 34 / 100 = 72,76 \text{ руб.}$$

$$O_{сн.п.} = 71,33 \cdot 34 / 100 = 24,25 \text{ руб.}$$

*Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования*

$$З_{об} = A_{об} + P_{э-э}, \quad (4.9)$$

где  $A_{об}$  – амортизация оборудования;

$P_{э-э}$  – расходы на электроэнергию;

*Амортизация оборудования*

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_{э} \cdot 100}, \quad (4.10)$$

где  $Ц_{об}$  – стоимость оборудования;

$N_a$  – норма амортизации оборудования.

$$\dot{A}_{\dot{a}\dot{A}} = \frac{80000 \cdot 21,5 \cdot 1,2}{4108 \cdot 100} = 5,02 \text{ руб.}$$

$$\dot{A}_{\dot{a}\dot{B}} = \frac{90000 \cdot 21,5 \cdot 0,4}{4108 \cdot 100} = 1,88 \text{ руб.}$$

*Расход на электроэнергию*

$$D_{\dot{Y}-\dot{Y}} = \frac{\beta \cdot \omega \cdot m \cdot \ddot{O}_{\dot{Y}-\dot{Y}}}{\hat{E}\ddot{I}\ddot{A}}, \quad (4.11)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий относительное увеличение удельного расхода энергии в связи с потерями энергии при холостом ходе сварочной установки ( $\beta=1,02$ );

$Ц_{э-э}$  – стоимость электроэнергии;

КПД – коэффициент полезного действия установки;

$\omega$  – расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла

( $\omega=6$  кВт·ч/кг);

$m$  – масса наплавленного металла, кг

$$D_{\dot{Y}-\dot{Y}\dot{a}} = \frac{1,02 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 1,75}{0,7} = 12,24 \text{ руб.}$$

$$D_{\dot{Y}-\dot{Y}\dot{i}\dot{\delta}} = \frac{1,02 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 1,75}{0,85} = 10,08 \text{ руб.}$$

$$З_{об.баз.} = 5,02 + 12,24 = 17,26 \text{ руб.}$$

$$З_{об.п.} = 1,88 + 10,08 = 11,96 \text{ руб.}$$

*Затраты на содержание и эксплуатацию площадей*

$$З_{ПЛ} = Р_{ПЛ} + А_{ПЛ}, \quad (4.12)$$

где  $Р_{ПЛ}$  – расход на эксплуатацию и содержание площадей;

$А_{ПЛ}$  – амортизация площадей.

*Расход на содержание площадей*

$$D_{I \ddot{E}} = \frac{\tilde{N}_{\dot{Y} \ddot{E} \dot{N} \ddot{I} \ddot{E}} \cdot S \cdot t_{\phi \dot{\partial}}}{F_{\dot{Y}}}, \quad (4.13)$$

где  $C_{ЭКСПЛ}$  – затраты на содержание площадей

$S$  – площадь, занимаемая оборудованием.

$$D_{I \ddot{E} \dot{A}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 1,45}{4108} = 14,12 \text{ руб.}$$

$$D_{I \ddot{E} \dot{A}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 0,48}{4108} = 4,67 \text{ руб.}$$

*Амортизация площади*

$$\dot{A}_{I \ddot{E}} = \frac{\ddot{O}_{I \ddot{E}} \cdot \dot{I} \dot{a}_{I \ddot{E}} \cdot S \cdot t_{\phi \dot{\partial}}}{F_{\dot{Y}} \cdot 100}, \quad (4.14)$$

где  $Н_{ПЛ}$  – норма амортизации площади;

$Ц_{ПЛ}$  – стоимость приобретения площадей

$$\dot{A}_{I \ddot{E} \dot{A}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 1,45}{4108 \cdot 100} = 1,06 \text{ руб.}$$

$$\dot{A}_{I \ddot{E} \dot{D}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 0,48}{4108 \cdot 100} = 0,35 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛ.Баз.} = 14,12 + 1,06 = 15,18 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛ.п.} = 4,67 + 0,35 = 5,02 \text{ руб.}$$

*Технологическая себестоимость*

$$C_{ТЕХ} = М + \Phi З П + О с н + З_{об} + З_{ПЛ} \quad (4.15)$$

$$C_{ТЕХ.Баз.} = 698 + 214,01 + 72,76 + 17,26 + 15,18 = 1017,21 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ.П.}} = 222 + 71,33 + 24,25 + 11,96 + 5,02 = 334,56 \text{ руб.}$$

*Цеховая себестоимость*

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

где  $K_{\text{ЦЕХ}}$  – коэффициент цеховых расходов

$$C_{\text{ЦЕХ.Баз.}} = 1017,21 + 1,5 \cdot 191,08 = 1017,21 + 286,62 = 1303,83 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХ.П.}} = 334,56 + 1,5 \cdot 63,69 = 334,56 + 95,54 = 430,1 \text{ руб.}$$

*Заводская себестоимость*

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.17)$$

где  $K_{\text{ЗАВ}}$  – коэффициент заводских расходов

$$C_{\text{ЗАВ.Баз.}} = 1303,83 + 2,15 \cdot 191,08 = 1303,83 + 410,82 = 669,36 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВ.П.}} = 430,1 + 2,15 \cdot 63,69 = 430,1 + 136,93 = 567,03 \text{ руб.}$$

#### 4.5 Калькуляция заводской себестоимости ремонтной сварки

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Усл. обоз.	Калькуляция., руб	
			Базов.	Проект.
1	Материалы	М	698	222
2	Фонд оплаты труда	ФЗП	214,01	71,33
3	Отчисления на соц. нужды	Осн	72,76	24,25
4	Расходы на оборудование	Зоб	17,26	11,96
5	Затраты на площади	Зпл	15,18	5,02
	Себестоимость технологич.	Стех	1017,21	334,56
6	Расходы цеховые	Рцех	286,62	95,54
	Себестоимость цеховая	Сцех	1303,83	430,1
7	Расходы заводские	Рзав	410,82	136,93
	Себестоимость заводская	Сзав	1714,65	567,03

#### 4.6 Показатели экономической эффективности разрабатываемой технологии

*Показатель снижения трудоемкости*

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.18)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,45 - 0,48}{1,45} \cdot 100\% = 66,9\%$$

*Показатель повышения производительности труда*

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.19)$$

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot 66,9}{100 - 66,9} = 202\%$$

*Показатель снижения технологической себестоимости*

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.20)$$

$$\Delta \tilde{N}_{\text{шт}} = \frac{1017,21 - 334,56}{1017,21} \cdot 100\% = 67,1\%$$

*Условно-годовая экономия*

$$\mathcal{E}_{\text{У.Г.}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot П_{\text{Г}} \quad (4.21)$$

$$\mathcal{E}_{\text{У.Г.}} = (1714,65 - 567,03) \cdot 10000 = 11476200 \text{ руб.}$$

*Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений*

$$T_{\text{ОК}} = \frac{K_{\text{ДОП}}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}} \quad (4.22)$$

$$T_{\text{ОК}} = \frac{180000}{11476200} = 0,016 \text{ года}$$

*Годовой экономический эффект в сфере производства*

$$\mathcal{E}_{\text{Г}} = \mathcal{E}_{\text{УГ}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{ДОП}} \quad (4.23)$$

$$\mathcal{E}_{\text{Г}} = 11476200 - 0,33 \cdot 180000 = 11407800 \text{ руб.}$$

#### 4.7 Выводы по экономическому разделу

В экономической части был произведен ряд расчетов по определению технологической и заводской себестоимости ремонтной сварки корпуса задвижки.

Внедрение проектной технологии ремонта позволяет снизить трудоемкость на 66,9 %, повысить производительность труда на 202 %, снизить технологическую себестоимость на 67,1 %. Условно-годовая экономия при ремонтной сварке составляет 11,476 млн. руб.

Рассчитанный с учётом дополнительных капитальных вложений годовой экономический эффект приблизительно 11,5 млн. руб. Дополнительные капитальные вложения в размере 180 тыс. руб. будут окуплены через 0,16 года после внедрения проектной технологии в производство.

На основании этого можно сделать вывод о высокой эффективности предлагаемых технологических решений и перспективности их внедрения в производство.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была поставлена цель – повышение производительности и качества ремонтной сварки корпусов изготовления чугунных отливок за счёт совершенствования технологии заварки дефектов литья.

При анализе состояния вопроса была рассмотрена базовая технология с применением газовой сварки, недостатками которой являются:

- тяжёлые условия труда сварщика (горячая отливка);
- сложность заварки дефектов больших размеров;
- низкая производительность ремонтной сварки;
- длительное тепловое воздействие на деталь.

Были рассмотрены возможные способы ремонтной сварки и принято решение применить аргонодуговую сварку неплавящимся электродом.

При проектировании технологии сварки рассмотрены вопросы повышения качества сварки, составлена проектная технология.

Внедрение проектной технологии ремонта позволяет снизить трудоемкость на 66,9 %, повысить производительность труда на 202 %, снизить технологическую себестоимость на 67,1 %. Рассчитанный с учётом дополнительных капитальных вложений годовой экономический эффект приблизительно 11,5 млн. руб.

На основании этого можно сделать вывод о высокой эффективности предлагаемых технологических решений и перспективности их внедрения в производство. Поставленную цель можно считать достигнутой.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Метлицкий, В. А. Технологические основы сварки чугуна в производстве литосварных конструкций : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.06 / Владислав Александрович Метлицкий : Инст. электросварки им. Е. О. Патона. – Киев. – 2001.

2. Матохина, А. В. Автоматизация диагностики и устранения дефектов газового происхождения в отливках из железоуглеродистых сплавов : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 / Анна Владимировна Матохина: Волгоградский гос. техн. ун-т. – Волгоград. – 2008.

3. Воронин, Ю. Ф. Интегрированная аналитическая компьютерная система снижения дефектности чугунных отливок / Ю. Ф. Воронин, В. А. Камаев, А. В. Петрухин // Заготовительные производства в машиностроении. – 2003 – № 9. – с. 3–6, 57.

4. Михальченков, А. М. Технологические основы восстановления корпусных деталей из серого чугуна с пластинчатым графитом : дис. ... докт. техн. наук : 05.20.30 / Александр Михайлович Михальченков : Московский гос. агроинженерный ун-т им. В.П. Горячкина. – Москва. – 2000.

5. Воронин, Ю. Ф. Обработка информации для диагностики дефектов и снижения брака изделий в металлургии: дисс. ... докт. техн. наук : 05.13.01 / Юрий Фёдорович Воронин : Волгоградский гос. техн. ун-т. – Волгоград. – 2008.

6. Мустафин, Ф. М. Трубопроводная арматура: учеб. пособие / Ф.М. Мустафин, А. Г. Гумеров [и др.] – Уфа: ГУП РБ УПК, УГНТУ, 2007. – 326 с.

7. Ельцов, В. В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов.: учебное пособие / В. В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ, 2012 – 176 с.

8. Лукьяненко, А. Ю. Автоматизация анализа процесса возникновения и ликвидации литейных дефектов : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 / Андрей Юрьевич : Волгоградский гос. техн. ун-т. – Волгоград. – 2013.

9. Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов / А. С. Зубченко [и др.] – М.: Машиностроение, 2001. – 671 с.
10. Сорокин, В. Г. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин [и др.] – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
11. Астахов, А. Ю. Повышение качества изготовления задвижек совершенствованием технологического процесса и методов контроля : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.13 / Александр Юрьевич Астахов : Уфимский гос. техн. ун-т. – Уфа. – 2002.
12. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А. И. Акулова, 1978. – 462 с.
13. Смирнов, И. В. Сварка специальных сталей и сплавов / И. В. Смирнов. – С.-Пб.: Из-во «Лань». – 2012. – 272 с.
14. Способ сварки изделий из чугуна : пат. № 95122146 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/22. – 1997
15. Способ сварки изделий из чугуна : пат. 96118313 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/22. – 1998
16. Способ изготовления сварных изделий из высокопрочного чугуна: пат. 93057479 рос. Федерация : МПК В 23К 9/22. – 1996
17. Способ изготовления сварных изделий из высокопрочного чугуна: пат 2064383 Рос. Федерация: МПК В 23 К9 /167, В 23 К 9/23. – 1993
18. Способ сварки изделий из чугуна: пат. 2105646 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/23. – 1998.
19. Способ сварки изделий из чугуна: пат. 2098247 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/23. – 1997
20. Способ электродуговой сварки чугуна : а.с. 1181830 СССР : МПК В 23 К 28/00. – 1985
21. Способ низкотемпературной сварки чугуна : пат 2098248 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/23. – 1997

22. Способ электродуговой сварки чугуна: а.с. 1811458 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/14, В 23 К 9/173. – 1983.
23. Способ электродуговой сварки чугуна: пат. 94031247 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/14. – 1997
24. Способ сварки изделий из чугуна с шаровидным графитом : пат. 2177861 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/16, В 23 К 9/23. – 2000.
25. Способ механизированной холодной электродуговой сварки чугуна : а.с. 1412896 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/04, В 23 К 9/14. – 1988.
26. Способ ремонта механизированной сваркой чугунных деталей с трещинами : пат. 2400343 Рос. Федерация : МПК В 23 К 9/16. – 2009.
27. Потапов А.Н. Разработка оборудования и технологии сварки алюминиевых сплавов разнополярными импульсами тока прямоугольной формы: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / А.Н. Потапов. – Волгоград: ТГУ. – 2003.
28. Воронин, Ю. Ф. Анализ процессов снижения брака отливок / Ю. Ф. Воронин // Заготовительные производства в машиностроении. – 2009. – № 7. – С. 3–10.
29. Куликов, Д. Ю. Автоматизация диагностики и устранения дефектов усадочного происхождения в отливках из железоуглеродистых сплавов : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.12 / Дмитрий Юрьевич Куликов : Волгоградский гос. техн. ун-т – Волгоград. – 2008.
30. Маренкова, А. А. Управление качеством развития организации в условиях рыночной экономики : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Анна Анатольевна Маренкова : Гос. ун-т управления – Москва. – 2001.
31. Шагомедов, Ш. Ш. Управление качеством продукции / Ш. Ш. Шагомедов, Г. Е. Беспалова. – М: Изд-во «Дашков и Ко», 2013. – 336 с.
32. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

33. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
34. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
35. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.
36. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.
37. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.
38. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.