

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**

**Институт механизации и технического сервиса**

Направление: 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль: Технический сервис в АПК

Кафедра технического сервиса

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**на соискание квалификации (степени) «бакалавр»**

Тема: «Проектирование технологического процесса восстановления вала ведущего колеса трактора ДТ-75 с разработкой конструкции приспособления для приварки металлической ленты»

Шифр 35.03.06.351.17.ППЛ.00.00.00 ПЗ

Дипломник студент \_\_\_\_\_ Закиев А.Ф.

Руководитель ст. преподаватель \_\_\_\_\_ Гималтдинов И.Х.  
подпись Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите  
(протокол № \_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2017)

Зав. кафедрой профессор \_\_\_\_\_ Адигамов Н. Р.  
ученое звание подпись Ф.И.О.

Казань – 2017 г.

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**

**Институт механизации и технического сервиса**

Кафедра технического сервиса

Направление: 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль: Технический сервис в АПК

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### **ЗАДАНИЕ**

#### **на выпускную квалификационную работу**

Студенту Закиеву А.Ф.

Тема ВКР «Проектирование технологического процесса восстановления вала ведущего колеса трактора ДТ-75 с разработкой конструкции приспособления для приварки металлической ленты»

утверждена приказом по вузу от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР \_\_\_\_\_

3. Исходные данные: нормативно справочная литература, технологические карты, результаты замеров износов деталей.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Анализ устройства и работы сопряжений
2. Технологический процесс восстановления
3. Проектирование производственного процесса
4. Конструкторская разработка
5. Мероприятия по безопасности жизнедеятельности
6. Технико-экономическое обоснование конструкции

5. Перечень графических материалов

1. План участка
2. Ремонтный чертеж
3. Технологические карты на восстановление
4. Общий вид приспособления для приварки
5. Сборочный чертеж приспособления для приварки
6. Рабочие чертежи деталей

6. Консультанты по ВКР

Раздел	Консультант
Безопасность жизнедеятельности	
Экономическое обоснование	
Конструктивная часть	

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов выполнения ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Анализ износов		
2	Технологическая часть		
3	Конструктивная часть		

Студент-дипломник \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Руководитель проекта \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

## АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Закиеву А.Ф., выполненную на тему «Проектирование технологического процесса восстановления вала ведущего колеса трактора ДТ-75 с разработкой конструкции приспособления для приварки металлической ленты».

Выпускная квалификационная работа включает в себя пояснительную записку из \_\_\_ листов печатного текста и графических материалов на \_\_\_ листах формата А1, содержит \_\_\_ рисунков, \_\_\_ таблиц, список использованной литературы содержит \_\_\_ наименований.

Текстовые документы работы содержат пояснительную записку, состоящую из введения, \_ разделов, заключения и списка использованной литературы; приложения и спецификацию.

В первом разделе проводится анализ условий работы деталей конечной передачи трактора ДТ-75. Приведены причины потери работоспособности. Во второй части приводится разработка технологического процесса восстановления детали. Проанализированы существующие способы восстановления, выбран рациональный способ восстановления, выполнен ремонтный чертеж и технологическая карта на восстановление. В третьем разделе приведены мероприятия по разработке производственного процесса. В четвертом разделе разрабатывается конструкция приспособления для электроконтактной приварки металлической ленты при восстановлении деталей. Описана работа приспособления, выполнены инженерные расчеты конструкции.

Разработаны мероприятия по безопасной эксплуатации конструкции приспособления для электроконтактной приварки металлической ленты при восстановлении деталей. Разработана инструкция по безопасной работе с устройством. Кроме того дано технико-экономическое обоснование целесообразности применения конструкции.

# СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ.....	
1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЙ.....	
1.1 Описание устройства, анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности конечной передачи трактора ДТ-75.....	
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВАЛА ВЕДУЩЕГО КОЛЕСА ТРАКТОРА ДТ- 75.....	
2.1 Разработка структурной схемы разборки конечной передачи.....	
2.2 Выбор рационального способа восстановления дефектов .....	
2.3 Разработка ремонтного чертежа.....	
2.4 Составление маршрутной карты восстановления вала ведущего колеса.....	
2.5 Расчет режимов и норм времени на токарную операцию.....	
2.6 Расчет режимов и норм времени на электроконтактную приварку.	
2.7 Расчет норм времени на шлифовальную операцию.....	
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА.....	
3.1 Годовая производственная программа .....	
3.2 Выбор режима работы участка и расчет фондов времени.....	
3.3 Расчет потребности штата участка.....	
3.4 Расчет основного производственного оборудования.....	
3.5 Расчет производственных площадей .....	
3.6 Общая компоновка участка .....	
4 РАЗРАБОТКА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЛЕНТЫ.....	
4.1 Анализ существующих конструкций.....	
4.2 Описание установки .....	
4.3 Технически характеристики .....	

4.4	Принцип работы стенда .....	
4.5	Обоснование необходимости модернизации установки .....	
4.6	Конструктивные расчеты.....	
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
5.1	Обеспечение безопасности и благоприятных условий труда в технологическом процессе по восстановлению .....	
5.2	Расчет вентиляции на участке по восстановлению деталей приваркой стальных лент .....	
6	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.....	
6.1	Экономическое обоснование конструкции.....	
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	
	ПРИЛОЖЕНИЯ	
	СПЕЦИФИКАЦИЯ	

## ВВЕДЕНИЕ

Эффективность работы машин и оборудования базируется на надёжности подвижного состава, которая обеспечивается в процессах его конструирования, производства, технического обслуживания и ремонта, соблюдение требования госстандартом и правил технической эксплуатации. Основной технической политики определённой действующим положением о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автотранспорта, является предупредительная система ТО и ремонта автомобилей, которая предусматривает две основные части операций: контрольную и исполнительную. Исполнительная часть операции включает подготовительные, измерительные, регулировочные и другие работы. В соответствии с техническим условием. Технологический прогресс в СХ отрасли идет по пути развития механизации и автоматизации отдельных технологических процессов и производства в целом, разработки и внедрения, новых высоко-производственных машин, развития рациональных форм специализации, кооперирования и концентрации производства. Эффективное использование машин и механизмов, различных по конструкции и назначению, во многом зависит от организации ремонта и технического обслуживания.

Ремонтные операции проводятся для восстановления утраченной работоспособности путём устранения отказов, возникших вследствие изнашивания деталей, нарушение регулировок и поломок.

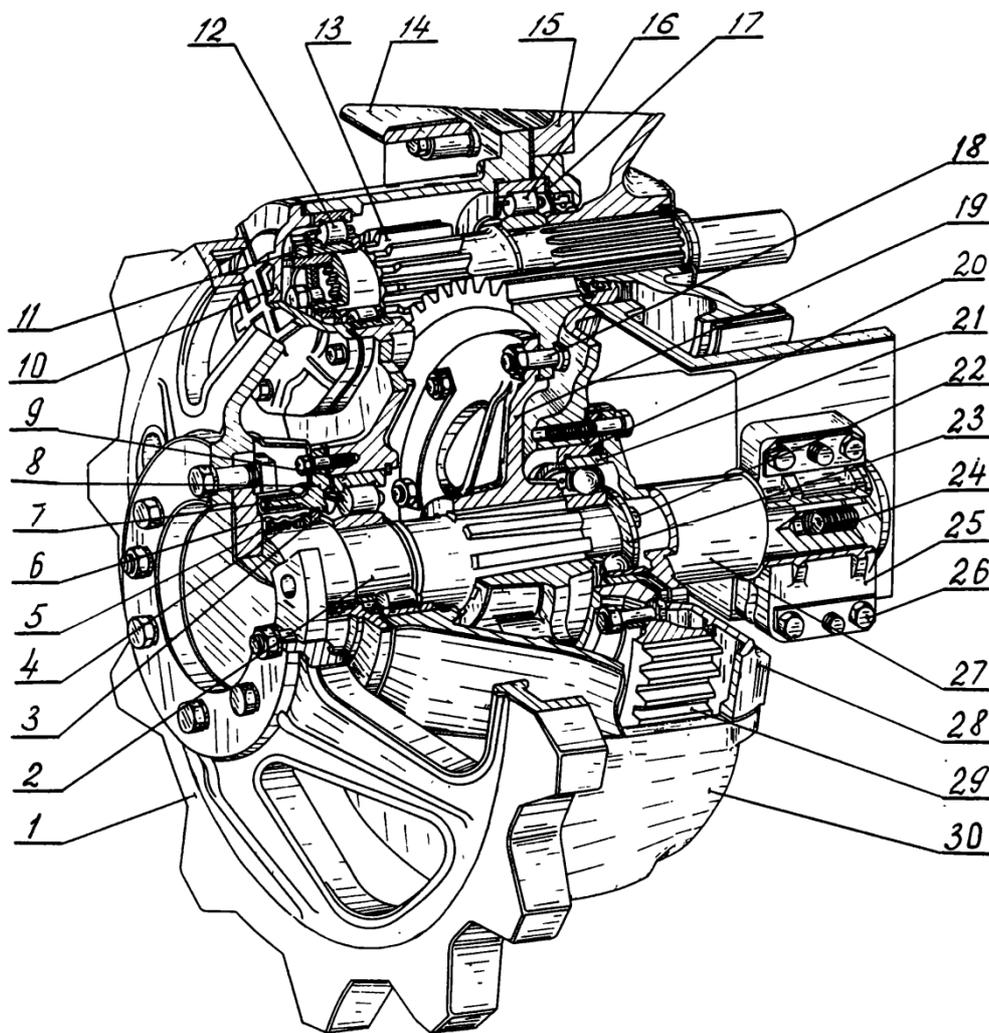
Ремонтное производство выросло в крупную отрасль народного хозяйства, которое на основе достижений науки и техники призвана обеспечить восстановление и постоянную работоспособность машин и оборудования. Для содержания огромного парка машин в работоспособном состоянии необходимо иметь развитую ремонтно-техническую базу, оснащённую современным оборудованием.

## 1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЙ

## 1.1 Описание устройства, анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности конечной передачи трактора ДТ-75

Конечная передача служит для того чтобы передавать вращение от заднего моста к ведущим звездочкам трактора.

Конечная передача трактора ДТ-75 представлена на рисунке 1.1



1- колесо ведущее, 2-вал, 3,4 – кольца герметизации, 5-пружина, 6-чехол, 7-козырек, 8, 15 - корпус уплотнителя, 9,12,16,21 -роликовый подшипник, 10-крышка, 11-гайка, 13-шестерня ведущая, 14-предохранительная накладка, 17,23-шайба, 18, 22 -болт, 19-ступица, 20-стакан, 24-крепление бугеля, 25-бугель, 26-болт опоры, 27-опора, 28-корпус, 29-венец, 30-крышка.

Рисунок 1.1 - Конечная передача трактора ДТ-75

Две конечные передачи установлены на тракторе — слева и справа заднего моста. Конечные передачи правая и левая имеют одинаковое устройство.

Детали и узлы конечной передачи трактора ДТ-75 работают в агрессивных условиях в постоянном контакте с сильными абразивными средами.

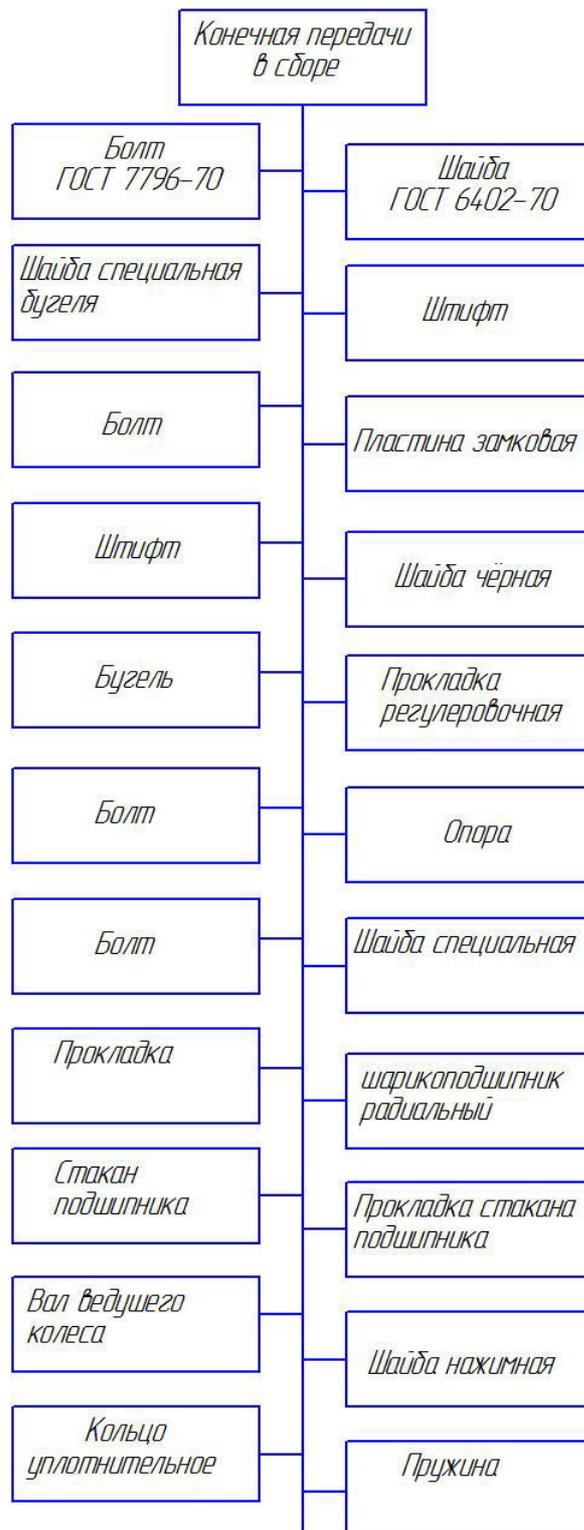
Одной из задач выполнения выпускной квалификационной работы является проектирование технологического процесса восстановления вала ведущего колеса.

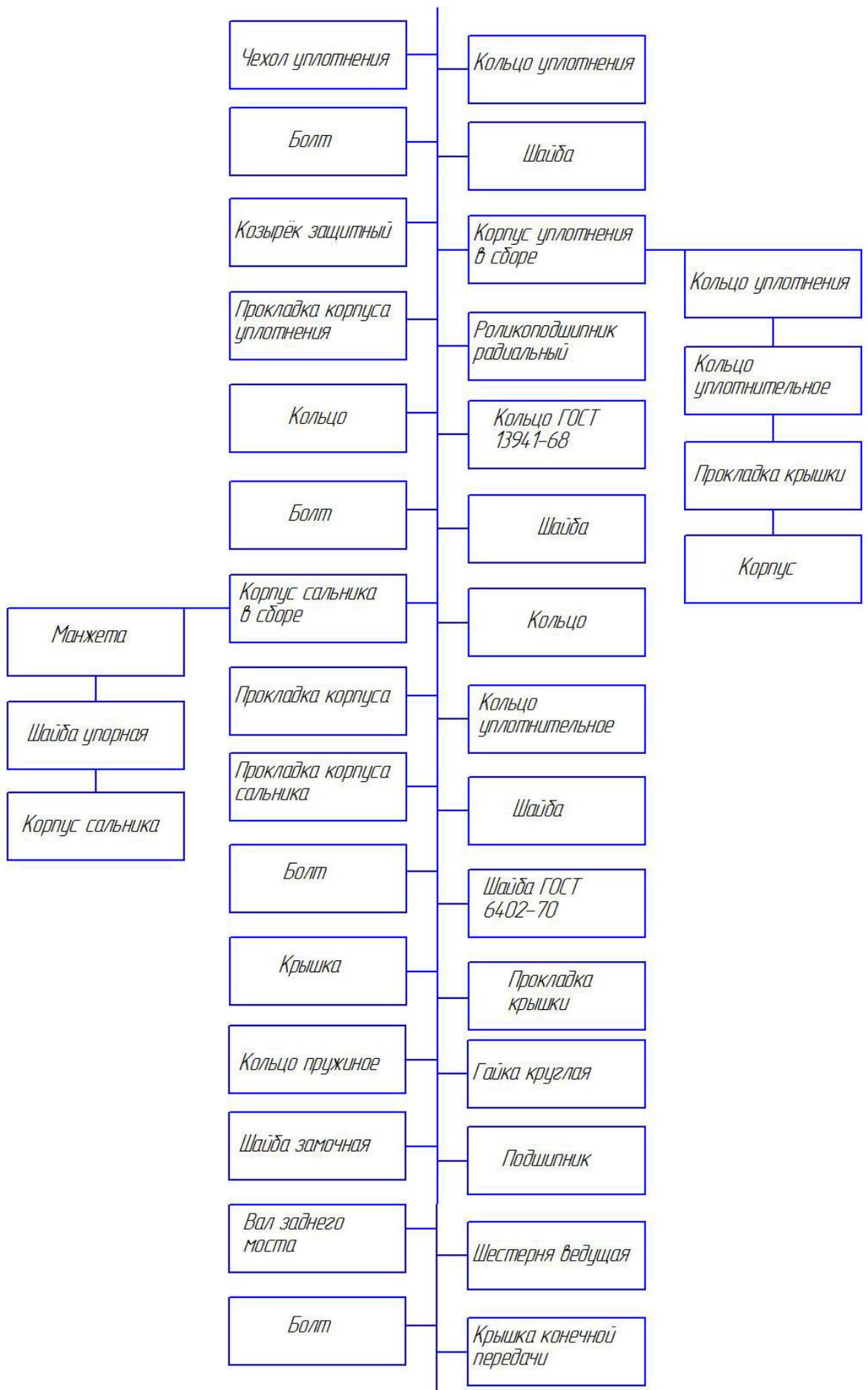
Рассматриваемая деталь приобретает следующие дефекты: трещины и изломы в следствии ударных нагрузок, износ посадочной поверхности под шарикоподшипник, износ наружной поверхности, износ посадочного места под роликоподшипник, износ и повреждение резьбового отверстия, износ шлицев по толщине, разработка структурной схемы сборки

## 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВАЛА ВЕДУЩЕГО КОЛЕСА ТРАКТОРА ДТ-75

### 2.1 Разработка структурной схемы разборки конечной передачи

Структурная схема разборки конечной передачи трактора ДТ-75 представлена на рисунке 2.1.





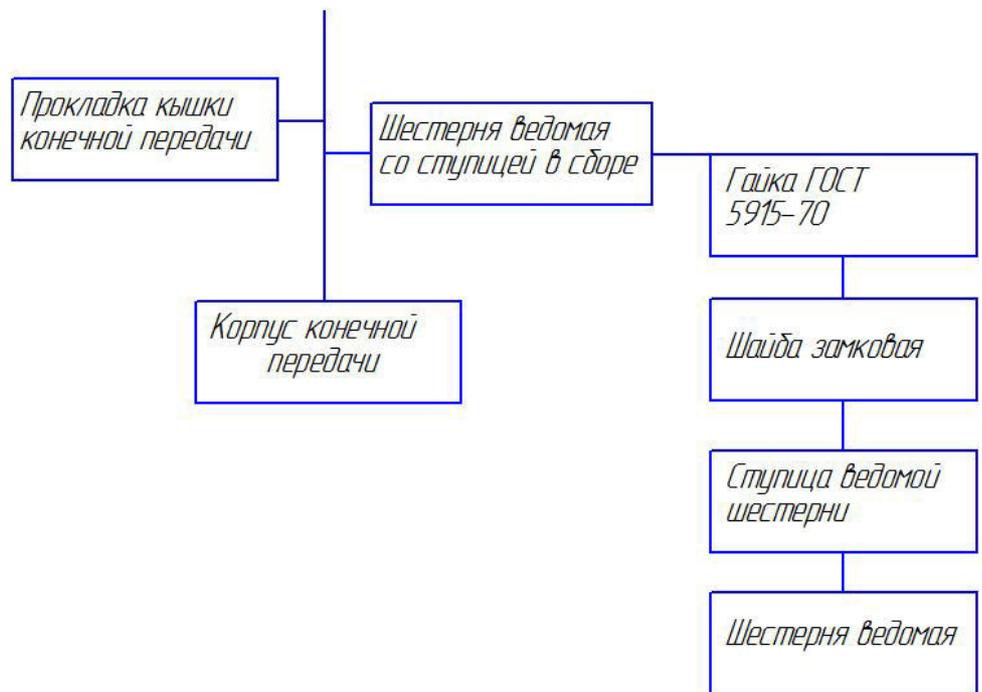


Рисунок 2.1 – Структурная схема разборки конечной передачи трактора ДТ-75

## 2.2 Выбор рационального способа восстановления дефектов

Выбирают способ восстановления деталей с учетом характера, величины и места расположения дефектов, материала деталей, нагрузочных и температурных условий работы восстанавливаемых поверхностей, класса чистоты их обработки, производственных возможностей предприятий, для которых разрабатывается технология.

Основные оценочные критерии эффективности выбранного способа — полное восстановление физико-механических свойств, геометрических форм и размеров детали, обеспечивающих ее срок службы не менее чем до следующего капитального ремонта, стоимость восстановления детали должна быть меньше стоимости новой детали.

В настоящее время при восстановлении деталей в зависимости от характера и производственной программы ремонтного предприятия применяют методы: ручной, механизированный, виброконтактный и автоматический под слоем флюса электродуговых наплавов, гальванических покрытий (хромирование, осталивание), газовой сварки и наплавки, пластической деформации, обработки поверхностей под ремонтные размеры.

Из этих способов такие, как вибродуговая и автоматическая наплавки под слоем флюса и др. гальванические покрытия, которые обеспечивают высокое качество восстанавливаемых деталей можно более эффективно применять при сравнительно большой программе восстановления деталей. В условиях специализированных ремонтных предприятий применению этих способов должно быть отдано предпочтение.

Во всех случаях для выбора наиболее целесообразного способа восстановления из нескольких вариантов, обеспечивающих требуемое качество детали, необходимо сопоставление цеховой себестоимости при разных способах восстановления. Рассчитывать себестоимость восстановления детали можно с различной точностью, которая будет определяться главным образом степенью точности в исчислении накладных расходов.

Известно, что цеховая себестоимость восстановления детали складывается из прямых и косвенных расходов. К прямым относятся зарплата производственных рабочих и стоимость материалов, энергии и других средств, израсходованных на восстановление детали. Производственная зарплата определяется расчетом прямой зарплатой путем умножения тарифной почасовой ставки соответствующего разряда работы на техническую норму времени по отдельным операциям и расчетом дополнительной зарплатой и начисления на зарплату по соцстрахованию.

Стоимость расхода материалов определяют произведением преysкурантной цены на норму расхода соответствующих материалов по каждому маршруту. Нормы затрат труда и материалов устанавливают после разработки технологического процесса режимов работы

К цеховым накладным расходам относятся: отчисления на амортизацию оборудования, приспособлений и инструмента, зданий и сооружений, на содержание и ремонт оборудования, ремонт зданий и сооружений, силовую и осветительную электроэнергию и топливо, на со-

держание административно-технического персонала, служащих, вспомогательных рабочих и младшего обслуживающего персонала.

Часть этих расходов находится в прямой зависимости от способа восстановления и обработки детали, например отчисления на амортизацию применяемого оборудования, приспособлений и инструмента; расходы на силовую электроэнергию и топливо и т.п. Часть же накладных расходов — в малой зависимости от способа восстановления и применяемого оборудования (расходы, связанные с эксплуатацией цеховых зданий и сооружений, содержанием административно-технического персонала; расходы на осветительную электроэнергию и на топливо для отопления).

Точный расчет стоимости восстановления той или иной детали различными способами обычно весьма затруднителен. Поэтому для исчисления стоимости восстановления детали рекомендуется пользоваться приближенными значениями накладных расходов, учитывая лишь те из них, которые в значительной степени зависят от методов восстановления и обработки. Большей частью для таких расчетов могут быть использованы средние данные за прошлые годы.

Процент накладных расходов по отношению к производственным затратам не определяет характера организации производственного процесса, а зависит от ряда существенных факторов, в том числе и от степени механизации производственных процессов, соотношения числа административно-технических работников и производственных рабочих, состояния производственного оборудования и помещений. Механизация производственных процессов приведет к уменьшению числа рабочих, что при сохранении общецеховых расходов обусловит относительное увеличение накладных расходов.

В основе расчета стоимости восстановления детали — цеховые затраты — прямые, технологические и накладные. Все цеховые затраты, связанные с восстановлением детали различными способами, можно разделить на две категории.

Затраты (А), величина которых существенно зависит от способа восстановления детали; это — заработная плата производственных рабочих, стоимость материалов (электродов, металла и т. п.) и следующие накладные расходы: амортизация технологического оборудования, инструмента и приспособлений, применяемых при данном способе восстановления, а также расходы, связанные с эксплуатацией оборудования, приспособлений и инструмента (стоимости их ремонта, электроэнергии, мелкого инструмента и т. п.). Величины этих затрат могут быть определены более точно

Затраты (В), не зависящие или зависящие в весьма малой степени от способа восстановления детали, например амортизации зданий и других сооружений, стоимость их содержания, стоимость осветительной электроэнергии, заработная плата цехового инженерно-технического персонала и другие общецеховые расходы.

Выбор рационального способа необходим для обеспечения требуемых характеристик поверхности, формы и точности после восстановления при условии минимально возможных трудоемкости и себестоимости.

Рациональный способ выбирают, исходя из следующих критериев:

- технологический (иначе говоря, критерий, учитывающий возможность применения способа);
- технический (учитывает долговечность после восстановления);
- технико-экономический (является обобщающим и решающим, поскольку учитывает в себе предыдущие критерии).

По технологическому критерию, исходя из конструктивно-технических особенностей детали, можно выбрать следующие:

- электроконтактную приварку стальной ленты;
- наплавку в среде углекислого газа;
- вибродуговую наплавку;

По техническому критерию оцениваем каждый способ (выбранный по технологическому критерию):

Определяем коэффициент долговечности:

$$K_d = K_i K_v K_s K_p, \quad (2.1)$$

где  $K_i$ ,  $K_v$ ,  $K_s$  – коэффициенты износостойкости, выносливости и сцепляемости покрытий (таблица 53 /2/);

$K_p$  – поправочный коэффициент, учитывающий фактическую работоспособность восстановленной детали в условиях эксплуатации,  $K_p = 0,8 \dots 0,9$ .

- электроконтактная приварка стальной ленты:

$$K_d = 1,1 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,589;$$

- наплавка в среде углекислого газа:

$$K_d = 0,72 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,551;$$

- вибродуговая наплавка:

$$K_d = 1 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,527.$$

Так как у электроконтактной приварки стальной ленты  $K_d \rightarrow \max$ , то этот способ по техническому критерию рациональный.

Окончательно рациональный способ восстановления выбираем на основе технико-экономического критерия, с помощью коэффициента технико-экономической эффективности:

$$K_T = C_v / K_d, \quad (2.2)$$

где  $C_v$  – себестоимость восстановления  $1 \text{ м}^2$  изношенной поверхности детали, руб. ;

$$K_T = 24 / 0,589 = 40,7.$$

Так как  $K_T \rightarrow \min$ , то электроконтактная приварка стальной ленты считается эффективной

### 2.3 Разработка ремонтного чертежа

Ремонтный чертеж разрабатывают на первом этапе технологического процесса восстановления детали.

Ремонтный чертеж разрабатывается согласно ГОСТ 2.604-2000 «Чертежи ремонтные». Ремонтный чертеж содержит информацию о всех дефектах детали, которые обозначаются утолщенной линией толщиной  $2s$ , а

также подписываются на полках линий выносок (например, «Деф. 1»). В таблице на ремонтном чертеже сведены дефекты деталей, указаны коэффициенты их повторяемости, а также назначенные допустимый и основной способы восстановления. Кроме того, на ремонтном чертеже могут указываться дополнительные сведения, имеющие отношение к восстановлению, например, могут быть приведена информация по ремонтным размерам, приведены их значения и количество.

Также на ремонтном чертеже указывают маршрут движения детали при восстановлении, технические требования на восстановление. В поле материал основной надписи приводят материал восстанавливаемой детали, без указания вида заготовки.

Размеры на ремонтном чертеже указываются те, которые необходимы для дефектации и контроля восстановления дефектов, то есть номинальные размеры с их отклонениями.

#### 2.4 Составление маршрутной карты восстановления вала ведущего колеса

Маршрутная карта восстановления детали составляем с учетом возможных дефектов. Исходными данными для разработки маршрутной карты служит ремонтный чертеж детали, схема выбранного рационального способа восстановления детали, сведения для выбора оборудования, приспособлений и инструментов, разряд работы и нормы времени.

В процессе работы цапфы возникают следующие дефекты:

- обломы и трещины;
- износ поверхности под втулки балансира;
- износ поверхности под кронштейн каретки.

Технологический процесс восстановления не включает операции по устранению трещин и обломов, так как такие цапфы бракуются при дефектовке.

При восстановлении цапфы рамы восстановительные операции идут первыми, а окончательными шлифование и термическая обработка.

Оценка необходимости количества времени и требуемой квалификации рабочего для выполнения заданной работы нужно для правильной оплаты труда рабочего. Данные технического нормирования служат основой для определения трудоемкости процесса, среднего разряда и соответственно восстановления.

Устанавливаем следующую последовательность операций маршрутной технологии восстановления вала ведущего колеса.

Операция 005. Моечная. Промываем деталь моечным раствором МС – 18, концентрации 15 г/л в моечной ванне ОМ – 1316 при помощи щетки и ветоши. При этом температура моечного раствора  $80 \pm 5^\circ\text{C}$ . Нужно следить за тем, чтобы на детали не было остатков масла и грязи. Принимаем ТПЗ = 5 мин и ТШТ = 3 мин. Работу выполняет мойщик 2 разряда.

Операция 010. Дефектовочная. С помощью микрометра МК - 25 измеряем диаметры посадочного места под подшипник. Все измерения проводятся на дефектовочном столе. При этом подготовительно-заключительное время ТПЗ = 5 мин, штучное ТШТ = 5 мин. Работу выполняет дефектовщик 5 разряда.

Операция 015. Токарная. После дефектации следует токарная операция. Для закрепления детали в центрах исправляем центровые отверстия. Вал закрепляем в патроне 3 – 16/28 на токарно-винторезном станке. Оправкой 3×2в определяем центр и при помощи сверла сверлим центровые отверстия и зенкуем. Подготовительно-заключительное время Т<sub>пз</sub> = 5 мин, штучное Т<sub>шт</sub> = 3,2 мин. Работу выполняет токарь 3 разряда.

Операция 020. Слесарная. Подготовка ленты. Тп.з.= 5 мин., штучное время Тшт = 3 мин. Работу выполняет слесарь 2 разряда.

Операция 025. Сварочная. Производится приварка стальной ленты к цилиндрической поверхности с помощью установки для электроконтактной приварки 01-11-02. Тп.з.= 26 мин., Тшт= 6,3 мин. Работу выполняет сварщик 3 разряда.

Операция 030. Термическая. Подвергаем поверхности под подшипники поверхностной закалке пламенем газовой горелки. По таблице 114 выбираем следующие режимы пламенной поверхностной закалки для стали 55:

- Температура закалки после Нп – 30ХГСА + АН – 348 А - 900...930°С;
- Охлаждающая среда – вода;
- Твердость после закалки HRC 62;
- Глубина закалки – 4 мм.

Кислород к месту закалки доставляем в стальных цилиндрических баллонах в сжатом состоянии под давлением 15 МПа. Ацетилен получаем от ацетиленового генератора АСП – 10 « Карбит в воду». Принимаем тип горелки СУ, номер наконечника № 0. Расход ацетилена 75 л/ч, кислорода 85 л/ч. Коэффициент смеси  $\beta = O_2:C_2H_2 \sim 1:1,2$  – нормальное пламя. При этом подготовительно-заключительное время 5 мин, штучное 3 мин.

Операция 035. Шлифовальная. Производится шлифование вала заднего хода до нормального размера. Тп.з. = 16 мин., Тшт = 10,24 мин.

Операция 040. Контрольная. Производится проверка размеров и шероховатости, проверяют твердость поверхности. Тп.з. = 5 мин., Тшт. = 5 мин. Работу проводит контролер 5 разряда.

#### 2.5 Расчет режимов и норм времени на токарную операцию

Для обработки посадочных поверхностей заготовки и восстанавливаемой детали выбираем универсальный токарно-винторезный станок 1К62.

Технические характеристики универсального токарно-винторезного станка 1К62:

Наибольший диаметр устанавливаемой детали:

- над станиной 400мм;
- над суппортом 200мм.

Расстояние между центрами:

- наименьшее 710мм;

- наибольшее 1400мм.

Частота вращения шпинделя в минуту:

- наименьшая 12,5;

- наибольшая 1600.

Подача в мм/об:

- наименьшая 0,05;

- наибольшая 2,8.

Мощность электродвигателя главного движения, кВт 10.

Габаритные размеры:

- длина 2522-3820 мм;

- ширина 1166 мм;

- высота 1324 мм..

Масса станка 2400 кг.

Материалы резцов

Применение твердых сплавов при обработке резанием позволили повысить в среднем скорости резания в 2-4 раза. Поэтому там, где это целесообразно, следует у инструментов рабочую часть выполнять твердосплавной или с твердосплавным режущим элементом.

В инструментальном производстве применяют вольфрамовые, титановольфрамовые и титанотанталовольфрамовые твердые сплавы. Твердые сплавы получают путем прессования и спекания при высокой температуре (1500-2000°C) карбидов вольфрама, титана, тантала и кобальта (связки).

К титановольфрамовым твердым сплавам относятся следующие марки: Т30К4, Т15К6, Т5К10, Т5К12, состоящие из карбидов титана и вольфрама и кобальта (связки).

Выберем марки твердых сплавов металлорежущих пластин:

- для чистовой обработки Т30К4.

Выберем резцы токарные проходные с пластинками из твердого сплава: чистовые широкие по ГОСТ 18881-73.

Следующая операция токарная. Обрабатываем резанием на станке 16К20 резцом 1-20×12-45° Т5К10 ГОСТ 6743 – 61 наплавленную поверхность.

Определяем режим резания:

Глубина резания  $t = 1,5$  мм,

Подача  $S = 0,20$  мм/об.

Скорость резания  $v$  выбираем из таблицы 11 [3] по глубине резания и подаче (резец из стали Т5К10)  $V = 179$  м/мин. Выбранная скорость резания дана из условия обработки углеродистой стали с временным сопротивлением  $\sigma = 650$  МПа. Для стали 55 соответствует предел прочности (временное сопротивление)  $\sigma = 640$  МПа. Следовательно, можно не вносить поправку на изменение условия резания.

Определяем число оборотов:

$$n = V \cdot 1000 / \pi \cdot d, \quad (2.3)$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин;

$d$  – диаметр обрабатываемой детали, мм.

$$n = 179 \cdot 1000 / 3.14 \cdot 63.6 = 896 \text{ об/мин.}$$

Принимаем максимальное паспортное число оборотов  $n = 960$  об/мин без изменения глубины резания и подачи.

Расчет основного времени. Определяем расчетную длину обрабатываемой поверхности

$$L = l + y, \quad (2.4)$$

где  $y$  – величина врезания и перебега, мм. По таблице 38 [3] находим  $y = 3.5$  мм при глубине резания не более 2 мм;

$l$  – длина обрабатываемой поверхности детали, мм.

Длину обрабатываемой поверхности  $l$  в направлении подачи определяем по чертежу.

Тогда  $L = 213 + 3.5 = 216.5$  мм.

Основное время резания определяем по формуле

$$T_o = L \cdot i / n \cdot S, \quad (2.5)$$

где  $i$  - число проходов ( $i = 1$ );

$n$  – число оборотов шпинделя, об/мин ( $n = 960$  об/мин);

$S$  – подача, мм/об ( $S = 0,20$  мм/об).

$$T_o = 216,5 \cdot 1 / 960 \cdot 0,20 = 1,13 \text{ мин.}$$

По таблице 45 [3] определяем вспомогательное время на установку и снятие детали при точении в самоцентрирующемся патроне с поджатием задним центром при массе детали до 10 кг  $T_B = 1,75$  мин.

По таблице 40 основное время на снятие фаски на диаметре 60 мм и ширине фаски 3 мм составляет  $T_o = 0,20$  мин.

Вспомогательное время на снятие фасок 0,08 мин.

Определяем полное основное время на операцию:

$$T_o = 1,13 + 0,20 = 1,23 \text{ мин,}$$

Вспомогательное время на всю операцию:

$$T_B = 1,75 + 0,08 = 1,83 \text{ мин,}$$

Оперативное время по формуле

$$T_{оп} = 1,23 + 1,83 = 3,06 \text{ мин,}$$

Дополнительное время, мин

$$T_{доп} = T_{оп} \cdot k / 100, \quad (2.6)$$

где  $k$  – процентное отношение дополнительного времени к оперативному. По таблице 7 [3] определяем  $k = 8\%$ .

$$\text{Тогда } T_{доп} = 3,06 \cdot 8 / 100 = 0,24 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время определяем по таблице 45 [14].

Для станка с высотой центров 300 мм и средней подготовки к работе  $T_{пз} = 12$  мин.

Тогда норма времени

$$T_{шт} = 1,83 + 1,23 + 0,24 + 12/73 = 3,5 \text{ мин.}$$

## 2.6 Расчет режимов и норм времени на электроконтактную приварку

Операционную карту разрабатываем на основную операцию. В операционную карту включаем все сведения, необходимые рабочему для

выполнения: данные об оборудовании и приспособлении, содержание переходов.

Норму времени на электроконтактную приварку стальных лент рассчитываем по формуле:

$$T_{\text{п}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + T_{\text{доп}} + (T_{\text{пз}}/n), \quad (2.7)$$

где  $T_{\text{о}}$  – основное время приварки, мин;

$T_{\text{в}}$  – вспомогательное время, мин;

$T_{\text{доп}}$  – дополнительное время, мин;

$T_{\text{пз}}$  – подготовительно-заключительное время, мин;

$n$  – количество детали в партии, шт.

Принимаем  $n = 22$  шт.

$T_{\text{в}} = 2 \dots 4$  мин.

Основное время:

$$T_{\text{о}} = \pi d l / V_{\text{n}} S, \quad (2.8)$$

где  $d$  – диаметр детали, м;

$V_{\text{n}}$  – скорость приварки, м/мин;

$l$  – ширина поверхности приварки, м;

$S$  – шаг приварки, м,  $S = 0,004$  м;

Скорость приварки вычисляем по формуле:

$$V_{\text{n}} = \pi d n / 1000, \quad (2.9)$$

где  $n$  – обороты шпинделя станка,  $n = 5$  об/мин.

Скорость приварки:

$$V_{\text{n}} = 3,14 \cdot 63 \cdot 5 / 1000 = 0,35 \text{ м/мин}$$

$$T_{\text{о}} = 3,14 \cdot 0,063 \cdot 0,213 / 0,35 \cdot 0,004 = 3,5 \text{ мин}$$

Дополнительное время:

$$T_{\text{доп}} = (T_{\text{о}} + T_{\text{в}}) K / 100, \quad (2.10)$$

где  $K = 8 \dots 10\%$

$$T_{\text{доп}} = (3,5 + 4) \cdot 10 / 100 = 0,75 \text{ мин}$$

Для работ средней сложности:  $T_{\text{пз}} = 20$  мин

$$T_{\text{п}} = 3,5 + 4 + 0,75 + 20 / 6 = 11,6 \text{ мин}$$

Производим шлифование поверхности шеек диаметром 63 мм.

Установим режим обработки: поперечная подача  $t = 0,030$  мм/ход; продольная подача  $S_{пр} = 20$  мм/об; окружная скорость вращения детали  $V_0 = 20$  м/мин.

Частоту вращения детали определяем по формуле:

$$n = V_0 / \pi D, \quad (2.11)$$

где  $D$  – диаметр шейки, м

$$n = 20 / 3,14 \cdot 0,063 = 289,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n = 290 \text{ мин}^{-1}$ .

Число проходов для снятия припуска находим по формуле:

$$i = n / t, \quad (2.12)$$

где  $n$  – припуск на шлифование, мм

$$i = 0,2 / 0,03 = 6,6$$

Принимаем  $i = 7$ .

Основное время определяем по формуле:

$$T_0 = L \cdot i \cdot K_3 / n \cdot S_{пр}, \quad (2.13)$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса,  $K_3 = 1,5$

$$T_0 = 213 \cdot 7 \cdot 1,5 / 290 \cdot 20 = 0,27 \text{ мин}$$

Вспомогательное время берем из /14/:

$$T_в = 1,6 \text{ мин.}$$

$$T_{шт} = 0,75 + 0,8 + 0,11 + \frac{11}{12} = 2,58 \text{ мин.}$$

## 2.7 Расчет норм времени на шлифовальную операцию

Определяем припуск на обработку

$$h = (D - d)/2, \quad (2.14)$$

где  $D$  – диаметр заготовки, мм ( $D = 60,5 \pm 0,1$  мм);

$d$  – диаметр детали, мм.

По диаметру шлифуемой поверхности по таблице 84 /3/ принимаем поперечную подачу (глубина шлифования) 0,01 мм, окружная скорость детали 25 м/мин.

По принятой поперечной подачи определяем число проходов

$$i = 0.25/0.01 = 25.$$

Шлифование производим на круглошлифовальном станке 3Б151 шлифовальном кругом ПП 600×32×305 – Э –Б. Диаметр шлифовального круга 600 мм, ширина 32 мм.

Тогда продольная подача, мм/об

$$S_{\text{ПР}} = B_{\text{К}} \cdot \beta, \quad (2.15)$$

где  $S_{\text{ПР}}$  – продольная подача, мм/об;

$B_{\text{К}}$  – ширина шлифовального круга, мм;

$\beta$  – продольная подача в долях ширины круга.

$$S_{\text{ПР}} = 32 \cdot 0,30 = 9,6 \text{ мм/об.}$$

После установления режимов резания определяем основное время, мин

$$T_{\text{О}} = K_3 \cdot L \cdot i / n \cdot S_{\text{ПР}}, \quad (2.16)$$

где  $L$  – длина обрабатываемой поверхности с учетом врезания и перебега шлифовального круга, мм;

$n$  – число оборотов в минуту, об/мин;

$i$  – число проходов;

$K_3$  – коэффициент зачистых ходов ( $K_3 = 1,2 \dots 1,7$ ).

Длина обрабатываемой поверхности

$$L = 213 + 32 = 245 \text{ мм,}$$

Число проходов

$$n = 25 \cdot 1000 / 3.14 \cdot 60.5 = 132 \text{ об/мин}$$

Принимаем  $n = 130$  об/мин.

$$T_{\text{О}} = 1,3 \cdot 245 \cdot 25 / 132 \cdot 11,2 = 5,4 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали находим по таблице 90 /3/  $T_{\text{В}} = 0,6$  мин,

Дополнительное время  $T_{\text{ДОП}} = (5,4 + 0,06) \cdot 9/100 = 0,54$  мин.

Подготовительно-заключительное время определяем по таблице 92 /3/  
 $T_{\text{ПЗ}} = 10$  мин.

Тогда  $T_{\text{шт}} = 5,2 + 0,6 + 0,53 + 10/73 = 6,54$  мин.

Последняя операция контрольная. Все контрольные измерения производим на контрольном столе ОРГ -15- 090 -05. Твердость поверхности измеряем при помощи твердомера ТК-2 ГОСТ 13407 – 67, HRC не менее 58.. Шероховатость поверхностей Ra 2, образцы шероховатости поверхности ГОСТ 9378 – 60.

### 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

#### 3.1 Годовая производственная программа

Годовой объем работ по восстановлению отдельных групп деталей определяют исходя из числа капитальных ремонтов машин и их составных частей, т.е. по формуле [3]

$$A_B = K_k \cdot n \cdot N_B, \quad (3.1)$$

где  $K_k$  – число капитальных ремонтов машин определенной марки или их составных частей, в которых установлена данная деталь;

$n$  – количество восстанавливаемых деталей определенного наименования на одной машине;

$N_B$  – коэффициент восстановления деталей данного наименования, (таблица 6.18 / [3])

Число капитальных ремонтов агрегатов для нужд капитального и текущего ремонта определим по формуле [3]:

$$K_a = N \cdot \Pi_1 \cdot \Pi_2 (O_k + O_T), \quad (3.2)$$

где  $N$  - число машин данной марки;

$\Pi_1$  - поправочный коэффициент к среднегодовому коэффициенту охвата капитальным ремонтом, учитывающий зональные условия эксплуатации (таблица 6.5 [3]);

$\Pi_2$  - поправочный коэффициент, учитывающий средний возраст машин (с.562 [3]);

$O_k$  - коэффициент охвата капитальным ремонтом машин данной марки (таблица 6.4 [3]);

$O_T$  - коэффициент охвата текущим ремонтом (таблица 6.8 [3]).

Произведем расчеты по вышеуказанной методике для тракторов, и автомобилей по количеству зоны обслуживания.

Для определения годовой программы участка в чел.-ч., определим трудоемкость восстановления одной детали, к которой приведем остальные. В качестве детали приведения выбираем цапфу рамы ходовой части трактора ВТ-100, для которого разработана технология восстановления.

Годовую программу работ по восстановлению и упрочнению деталей определим по формуле:

$$T_{год} = \frac{\Sigma F}{Q}, \quad (3.3)$$

где  $\Sigma F$  – суммарная площадь восстанавливаемых поверхностей деталей, мм<sup>2</sup>;

$Q$  – удельная трудоемкость восстановления детали одним из способов, мм<sup>2</sup>/чел.-ч.

$$Q = F_{прив} / T_o = 50,24 / 13,6 = 3,7 \text{ см}^2/\text{мин}$$

$$T_{год} = \frac{350760}{3,7} = 94800 \text{ мин} = 1580 \text{ часов}$$

С учетом соотношения нормы времени на выполнение работ к штучно-калькуляционному времени восстановления детали, определим общую трудоемкость участка восстановления:

$$T_{общ} = T_{год} \cdot T_{шт.к} / T_n, \quad (3.4)$$

Тогда:

$$T_{общ} = 1580 \cdot 49,6 / 13,6 = 5762 \text{ чел.-ч.}$$

### 3.2 Выбор режима работы участка и расчет фондов времени

Исходя из принятого режима работы участка, можно определить годовой фонд времени участка, а также оборудования и рабочих.

Номинальный фонд времени определяем по формуле [3]:

$$Ф_{д.р.} = (d_k - d_v - d_n) - t_p \cdot z, \text{ ч} \quad (3.5)$$

где  $d_k$  – число календарных дней;

$dв$  – число выходных дней;  
 $dn$  – число праздничных дней;  
 $tr$  – продолжительность смены, ч;  
 $z$  – число смен.

Примем значение на 2013 год:  $dk = 365$ ,  $dn = 14$ ,  $z = 1$ ,  $dв = 106$ ,  $tr = 8$ ч,  
тогда

$$\Phi_{н.р.} = (365 - 106 - 14) \cdot 8 \cdot 1 = 1960 \text{ ч}$$

$$\Phi = \Phi_{н.р.} = \Phi_{н.о.} \quad (3.6)$$

где  $\Phi$ ,  $\Phi_{н.р.}$ ,  $\Phi_{н.о.}$  – соответственно номинальные фонды времени участка, рабочего и оборудования.

Действительный годовой фонд времени работы и оборудования определен по формуле [3]:

$$\Phi_{д.о.} = \Phi_{н.о.} \cdot \eta, \text{ ч} \quad (3.7)$$

где  $\eta$  – коэффициент использования оборудования ( $\eta=0,95 - 0,98$ )

$$\Phi_{д.о.} = 1960 \cdot 0,97 = 1901,2 \text{ ч.}$$

Действительный фонд рабочего времени можно определить по формуле [4]:

$$\Phi_{д.р.} = (dk - dв - dn - dotп) - t \cdot \etaп \quad (3.8)$$

где  $dotп$  – продолжительность отпуска, ч;

$\etaп$  – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени по уважительной причине ( $\etaп=0,89 \dots 0,96$ )

$$\Phi_{д.р.} = (365 - 106 - 14 - 24) \cdot 8 \cdot 0,93 = 1651,7 \text{ ч} - \text{для наплавщиков};$$

### 3.3 Расчет потребности штата участка

Численность основных производственных рабочих рассчитываем по формуле:

- явочное количество рабочих [3]:

$$Р_{яв} = T_{гд} / \Phi_{н.р.}, \text{ чел.} \quad (3.9)$$

- списочное количество рабочих

$$R_{сп} = T_{гд} / \Phi_{д.р.}, \text{ чел.} \quad (3.10)$$

где  $T_{гд}$  – годовая трудоемкость восстановления, чел.-ч.;

$\Phi_{н.р.}$ ,  $\Phi_{д.р.}$  – соответственно номинальный и действительный фонд времени рабочих.

$$R_{яв} = 5762/1960 = 2,93 \text{ чел.};$$

$$R_{сп} = 5762 / 1652 = 3,5 \text{ чел.}$$

Принимаем количество производственных рабочих:

1 – сварщик;

1 – шлифовщик;

1 – слесарь;

1 – мойщик на 0,5 ставки.

### 3.4 Расчет основного производственного оборудования

Исходными данными для определения количества оборудования является технологический процесс и трудоемкость выполнения отдельных операций.

Расчет основного количества потребного оборудования может быть проведен по формуле [3]:

$$S = T_s / \Phi_{д.}, \text{ шт.}, \quad (3.11)$$

где  $T_s$  – трудоемкость ремонтных работ в часах работы станка;

Тогда число станков восстановления:

$$S = 1580 / 1901 = 0,83$$

Принимаем одну установку контактной приварки ленты.

Остальное оборудование подбираем исходя из требований технологического процесса восстановления деталей.

### 3.5 Расчет производственных площадей

Потребность в производственных площадях ( $m^2$ ) для участка восстановления деталей определяем по площади занимаемой оборудованием по формуле [3]:

$$F_{уч} = F_0 \cdot \sigma, \quad (3.12)$$

где  $F_0$  – площадь, занимаемая оборудованием,  $m^2$  (таблица 2.3);

$\sigma$  – коэффициент, учитывающий рабочие зоны и проходы,  $\sigma=3,5\dots5$ .

Таблица 3.1 Ведомость оборудования наплавочного участка

№	Наименование, тип или модель оборудования	Количество, шт.	Характеристика и габариты, мм	Номинальная мощность, кВт		Занимаемая площадь, $m^2$
				На единицу	всего	
1	Пост для газопорошковой наплавки	1	2970x1140x1580	6,72	6,72	3,6
2	Установка электроконтактная 01-11-02 «Ремдеталь»	1	2970x1210x1320	6,72	6,72	3,6
3	Станок сверлильный 2А135	1	450x800x1300	2,35	2,35	0,36
4	Станок токарно-винторезный 16К20	1	2140x1225x1220	4,12	4,12	2,62
5	Станок круглошлифовальный 3М 151	1	2450x1230x1200	17,85	17,85	3,01
6	Пресс гидравлический ПГ-10М	1	425x1210x630	1,7	1,7	0,51
7	Стол дефектовщика ОРГ-1468-01-090А	1	1200x800x800	-	-	0,96
8	Верстак слесарный	1	1200x800x600	-	-	0,96
9	Подставка под валы	3	450x850	-	-	1,15
10	Шкаф для хранения инструмента	1	860x360x1900	-	-	0,29
11	Стенд комплексного контроля качества и правки	1	1440x420x470	-	-	0,6
	Итого:	16		39,46	39,5	16,7

По формуле (3.12) площадь участка должна быть:

$$F_{уч} = 16,7 \cdot 0,35 = 58,4 \text{ м}^2$$

Принимаем площадь участка равной  $60 \text{ м}^2$ .

### 3.6 Общая компоновка участка

Типовая планировка ремонтных предприятий имеет конфигурацию с шириной пролетов 10 м и шагом колон 6 м. Поэтому в соответствии с расчетами окончательно принимаем площадь специализированного участка  $F_{уч} = 60 \text{ м}^2$  и габаритными размерами  $6 \times 10$  м. Форма участка вытянута в направлении вдоль пролета.

Оборудование внутри проектируемого участка располагаем в порядке последовательности выполнения технологических операций: мойки, дефектации и при расположении оборудования предусматриваем возможность изменения планировки при использовании более прогрессивных методов восстановления или увеличение программы и объема работ.

Проходы, и расположение оборудования планируем с учетом возможного монтажа, демонтажа и ремонта оборудования, обеспечивающего удобство и подачу ремонтируемого объекта, инструмента, уборки отходов и безопасности работы.

Планировку участка выполняем в соответствии с компоновочным планом здания и условными обозначениями, а на плане указываем: наружные и внутренние стены, колонны здания, перегородки с проемами для ворот, дверей и окон, все технологическое, контрольно-испытательное и подъемно-транспортное оборудование – верстаки, стеллажи, стенды и т. п., места для складирования деталей, материалов, и т. п., все проходы и проезды.

Технологическое оборудование на плане изображают упрощенными контурами с учетом крайних положений перемещающихся частей, открывающихся дверей, откидных кожухов, а также с учетом крайних положений устанавливаемых на них объектов ремонта.

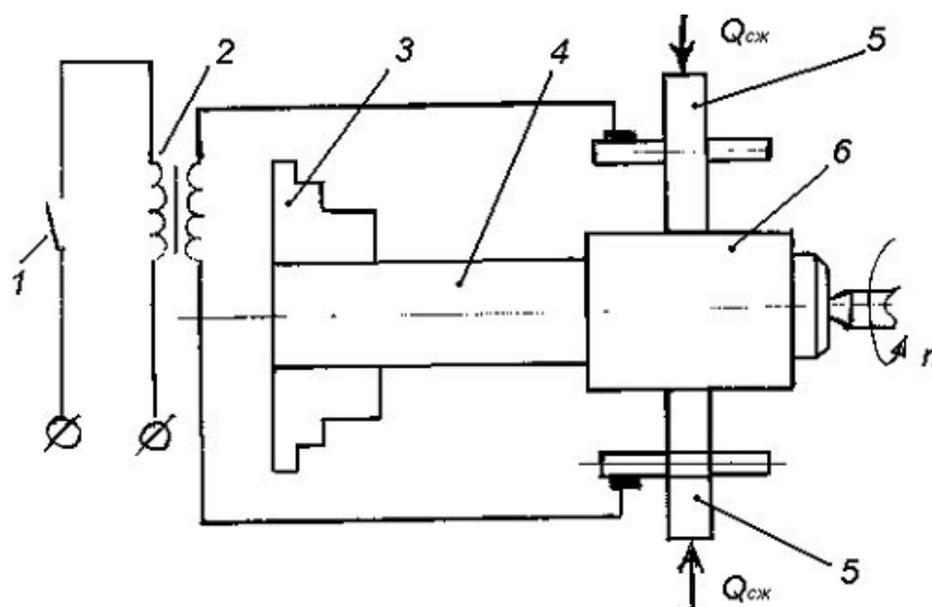
## 4 РАЗРАБОТКА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЛЕНТЫ

### 4.1 Описание установки

Приварка металлической ленты электроконтактным способом происходит при действии электрических сварочных импульсов которые образуют сварочные токи.

Ток подается импульсами за счет специального прерывателя на деталь и присадочную ленту через сварочные ролики.

Продолжительность импульса составляет около 0,02...0,16 сек., сила тока 4...30 кА.



1 – прерыватель; 2 – трансформатор; 3 – патрон для крепления деталей; 4 – восстанавливаемая деталь; 5 – роликовые электроды; 6 – привариваемая лента.

Рисунок 4.1 Схема электроконтактной приварки ленты на вал

Деталь вращается со скоростью пропорциональной частоте импульсов тока и продольной подачей цилиндрических электродов за счет этого происходит перекрытие точек. Важно установить такую окружную

скорость поверхности детали чтобы добиться перекрытия площадей сварочных точек друг другом не менее чем на 25 %.

Преимущества:

- 1 минимальное термическое воздействие;
- 2 высокая производительность процесса;
- 3 низкий расход присадочного материала;
- 4 получение поверхностей с заданными трибологическими свойствами ;
- 5 регулирование толщины слоя от 0,3...1.5 мм.;
- 6 минимальная механическая обработка после наплавки;

Оборудование.

В конструкции применяется сварочные ролики, источник питания - трансформатор, мощностью 75 кВт, прерыватель сварочный. Приспособление применяется совместно с токарно-винторезным станком 1К62.

#### 4.2 Технически характеристики

1. Интервал диаметров восстанавливаемых деталей, мм.....20-200
2. Максимальная длина восстанавливаемой детали, мм.....1200
3. Частота вращения детали, мин<sup>-1</sup> .....0,15-15
4. Скорость перемещения приварочных роликов, мм/мин.....4,5-450
5. Производительность, 100 см<sup>2</sup>/мин.....100
6. Усилие прижатия, кН.....1,4-1,6

Материал из которых изготавливают приварочную ленту выбирают исходя из твердости, которую необходимо получить.

#### 4.3 Принцип работы станда

Восстанавливаемая деталь 6 крепится трехкулачковом патроне 3 или в цетрах, между сварочными роликами 5 и деталью устанавливается привариваемый материал. За счет давления пневмоцилиндров ролики плотно прижимают материал к детали. Сварочный ток подается от трансформатора 2. Продолжительность цикла регулируется прерывателем тока. В зоне контакта сварочных роликов и детали происходит расплавление тонких слоев поверхности детали и присадочного материала а под действием усилия роликового электрода и деформируются и свариваются.

#### 4.4 Обоснование необходимости модернизации установки

В существующих конструкциях приспособлений для электроконтактной приварки металлического слоя, при эксплуатации, наблюдается появление люфта в сварочных роликах, который приводит к снижению качества наплавленного слоя. Из за недостаточного перекрытия сварочных площадей. Поэтому предлагается более надежная конструкция сварочных роликов и правильный подбор материала электродов.

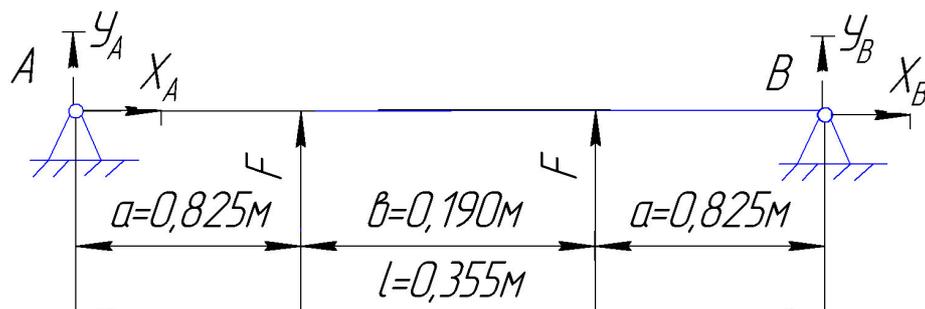
В основном электроды изготавливаются из бронзы БрХ или БрНБТ, закрепленных на стальном валу из стали 45. По этой причине, электроды необходимо изготовить из этих материалов, а при приварке материалов с повышенной электропроводностью наиболее выгодно применить сплавы ВМ, ВМ1, ВМ2. В разрабатываемой конструкции роликового электрода, предлагается выполнить бронзовые электроды БрХ, широко применяемую во многих аппаратах контактной сварки. Высокая скорость нагрева становится причиной ускорения диффузионных процессов. Что в свою очередь является причиной усиленного износа электрода, сопряжению вал-втулка, появлению на поверхности оплавлений, следов деформации, налипания частиц металла, появляется сильный люфт роликового электрода, что сильно ухудшает качество восстановленных поверхностей деталей.

Для устранения этих дефектов нами предлагается модернизировать установку для электроконтактной приварки, а именно:

- рассчитать минимальную толщину клещевины установки;
- спроектировать и разработать новую конструкцию привода роликового электрода.

#### 4.5 Конструктивные расчеты

Расчет усилия



Используем метод Верещагина для определения прогибов.

Для этого к центру балки прикладываем единичную силу.

Определим реакции в опорах А и В.

Запишем сумму моментов относительно т.А.

$$\sum M_A = 0, \quad (4.1)$$

$$\sum M_A = y_B \cdot l - 1 \cdot \frac{l}{2} \quad (4.2)$$

$$y_B = \frac{1}{l} \quad (4.3)$$

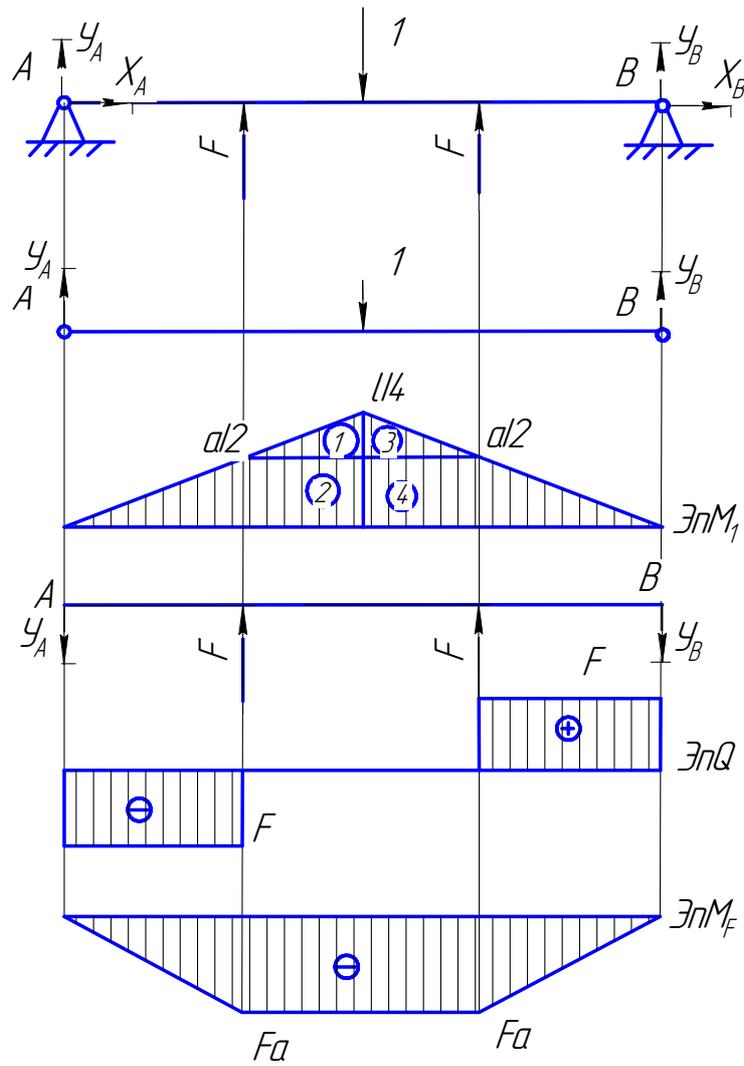
Запишем сумму моментов относительно т.В.

$$\sum M_B = 0, \quad (4.4)$$

$$\sum M_B = y_A \cdot l - 1 \cdot \frac{l}{2} \quad (4.5)$$

$$y_A = \frac{1}{l} \quad (4.6)$$

Строим эпюру изгибающих моментов от единичной силы (ЭпМ<sub>1</sub>).



Рассмотрим сечение 1-1

$$0 \leq x_1 \leq \frac{l}{2} \quad (4.7)$$

При  $x_1 = 0$   $M_{x_1} = 0$ ,

$$\text{при } x_1 = \frac{l}{2} \quad M_{x_1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{l}{4}. \quad (4.8)$$

Рассмотрим сечение 2-2

$$0 \leq x_2 \leq \frac{l}{2} \quad (4.9)$$

При  $x_2 = 0$   $M_{x_2} = 0$ ,

$$\text{при } x_2 = \frac{l}{2} \quad M_{x_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{l}{4}. \quad (4.10)$$

Строим эпюру изгибающих моментов от силы  $F$  (грузовая эпюра).

Рассмотрим сечение 1-1

$$0 \leq x_1 \leq a$$

$$M_{x_1} = -y_A \cdot x_1;$$

$$(4.11)$$

$$(4.12)$$

$$\text{При } x_1 = 0 \quad M_{x1} = 0,$$

$$\text{при } x_1 = a \quad M_{x1} = -F \cdot a. \quad (4.13)$$

Рассмотрим сечение 2-2

$$0 \leq x_2 \leq \frac{l}{2} \quad (4.14)$$

$$M_{x1} = -y_A (x_2 + a) + F \cdot x_2. \quad (4.15)$$

$$\text{При } x_2 = 0 \quad M_{x2} = -F \cdot a, \quad (4.16)$$

$$\text{при } x_2 = a \quad M_{x2} = -F \cdot (a + b) + F \cdot b = -F \cdot a. \quad (4.17)$$

Рассмотрим сечение 3-3

$$0 \leq x_3 \leq a$$

$$M_{x3} = -y_A \cdot x_3; \quad (4.18)$$

$$\text{При } x_3 = 0 \quad M_{x3} = 0,$$

$$\text{при } x_3 = a \quad M_{x3} = -F \cdot a. \quad (4.19)$$

Прогиб по методу Верещагина:

$$\Delta = \frac{\sum \omega_{1i} \cdot y_{ci}}{EI} \quad (4.20)$$

где  $\omega_i$  - площадь  $i$ -го участка единичной эпюры изгибающих моментов;

$y_{ci}$  - ордината центра тяжести  $i$ -го участка единичной эпюры на грузовой эпюре;

$E$  - модуль упругости первого рода,  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа;

$I$  - осевой момент инерции стенки, мм<sup>4</sup>.

Таблица 4.1 Результаты расчетов

	$\omega_i$	$y_{ci}$	$\omega_i \cdot y_{ci}$
1	$\frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \left( \frac{l}{4} - \frac{a}{2} \right)$	$-F \cdot a$	$-F \cdot a \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \left( \frac{l}{4} - \frac{a}{2} \right)$

2	$\frac{a \cdot b}{4}$	$-F \cdot a$	$-F \cdot a \cdot \frac{a \cdot b}{4}$
3	$\frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \left(\frac{l}{4} - \frac{a}{2}\right)$	$-F \cdot a$	$-F \cdot a \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \left(\frac{l}{4} - \frac{a}{2}\right)$
4	$-F \cdot a$	$-F \cdot a$	$-F \cdot a \cdot \frac{a \cdot b}{4}$

$$\sum \omega_{i_i} \cdot y_{ci} = -F \cdot a \cdot \frac{b}{2} \cdot \left(\frac{l}{4} - \frac{a}{2}\right) - F \cdot a \cdot \frac{a \cdot b}{2} = -F \cdot \left(a^2 \cdot \frac{b}{2} + a \cdot b \cdot \frac{(l-2a)}{8}\right)$$

(4.21)

Определим осевой момент инерции клецевины.

$$I = I_1 - 9I_2 - 2I_3 + 6I_4, \quad (4.22)$$

где  $I_1$  - осевой момент инерции цельной клецевины, мм<sup>4</sup>;

$I_2$  - осевой момент инерции окружности 8 мм, мм<sup>4</sup>;

$I_3$  - осевой момент инерции прямоугольных вырезов, мм<sup>4</sup>;

$I_4$  - осевой момент инерции окружности 10 мм, мм<sup>4</sup>.

$$I_1 = \frac{b \cdot h^3}{12}, \quad (4.23)$$

где  $b$  - ширина стенки, мм;

$h$  - высота стенки, мм.

$$I_1 = \frac{355 \cdot 10^3}{12} = 29583,33 \text{ мм}^4.$$

$$I_2 = 0,1d^4 = 0,1 \cdot 8^4 = 409,6 \text{ мм}^4. \quad (4.24)$$

$$I_3 = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{46 \cdot 10^3}{12} = 3833,33 \text{ мм}^4. \quad (4.25)$$

$$I_4 = 0,1d^4 = 0,1 \cdot 10^4 = 1000 \text{ мм}^4. \quad (4.26)$$

$$I = 29583,33 - 9 \cdot 409,6 - 2 \cdot 3833,33 + 6 \cdot 1000 = 12230,23 \text{ мм}^4.$$

Определим усилие.

$$F = \frac{\Delta \cdot E \cdot I}{\left( a^2 \cdot \frac{b}{2} + a \cdot b \cdot \frac{(l-2a)}{8} \right)} = \frac{0,7 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 12230,263}{\left( 82,5^2 \cdot \frac{190}{2} + 82,5 \cdot 190 \cdot \frac{(355-2 \cdot 82,5)}{8} \right)} = 869,51 \text{ Н. (4.27)}$$

Мы предлагаем усилить клещевину, приняв минимальную толщину стенки 16 мм.

Вычислим осевые моменты инерции с учетом изменений мм<sup>4</sup>..

Тогда прогиб равняется:

$$\Delta = \frac{-F \cdot \left( a^2 \cdot \frac{b}{2} + a \cdot b \cdot \frac{(l-2a)}{8} \right)}{EI} = \frac{-869,51 \cdot \left( 82,5^2 \cdot \frac{190}{2} + 82,5 \cdot 190 \cdot \frac{(355-2 \cdot 82,5)}{8} \right)}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 80769,93} = 0,048$$

$$\leq [\Delta]$$

$$[\Delta] = 0,001 \cdot l = 355 \cdot 0,001 = 0,355 \text{ мм}$$

$$0,048 \text{ мм} \leq 0,355 \text{ мм.}$$

Условие жесткости выполняется.

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Обеспечение безопасности и благоприятных условий труда в технологическом процессе по восстановлению

Во время проведения сварочно-наплавочных работ существует повышенная опасность увеличения травматизма.

Для снижения травматизма на производстве при проведении сварочно-наплавочных работ необходимо строгое соблюдение правил техники безопасности, пожарной безопасности, электробезопасности и производственной санитарии.

Каждый специалист, работающий на сварочно-наплавочных работах в обязательном порядке должен проходить обучение и обладать профессиональными навыками.

При проведении ремонтно-восстановительных работ широко применяют такие виды сварки как электродуговая сварка покрытыми электродами, сварка в среде защитных газов, сварка неплавящимися электродами.

В качестве защитных газов применяют углекислый газ, гелий, азот, аргон.

Вредными факторами при проведении сварочно-наплавочных работ является: мощное световое излучение от сварочной дуги, разбрызгивание расплавленного металла, выделение огромного количества вредных газов и пыли.

Важным условием обеспечения безопасных условий работы сварщиков является наличие приточно-вытяжной вентиляции.

Забор воздуха должен производиться как при помощи зондов над зоной проведения сварочно-наплавочных работ так и с нижней части оборудования через отверстия в крышке сварочного стола, в виду того что углекислый газ в 1,5 раза тяжелее воздуха, и в зоне сварки может присутствовать марганцевые и кремниевые окислы.

Лицо и глаза сварщика должны быть закрыты сварочной маской или щитком со светофильтрами.

Сварщик должен быть одет в спецодежду, обработанную огнестойкой пропиткой для защиты от ожогов.

Опасность поражения человека током возникает при касании им незащищенных токоведущих частей сварочных трансформаторов, выпрямителей, преобразователей, электропроводов и другого оборудования под напряжением. Возникает опасность и при касании частей этого оборудования, “не” находящегося под напряжением, но случайно оказавшегося под напряжением в результате нарушения или повреждения изоляции.

Для защиты людей от поражения током при касании корпусов электросварочного и наплавочного оборудования в случае замыкания питающей электросети на это оборудование создают защитное заземление. Правильно выполненное и исправное защитное заземление обеспечивает прохождение тока замыкания из питающей электросети через место замыкания, заземляющее устройство, заземлители и далее в землю.

## 5.2 Расчет вентиляции на участке по восстановлению деталей приваркой стальных лент

В дипломном проекте разработан технологический процесс и участок по восстановлению деталей приваркой стальных лент. В процессе восстановления валов выделяются вредные газы, поэтому возникает потребность в искусственной (механической) вентиляции.

Рассчитывается производительность вентилятора

$$W_B = K_3 \cdot W, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (5.1)$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса учитывающий подсосы воздуха в воздухопроводе,  $K_3 = 1,3 \dots 2,0$ .

$W$  – воздухообмен,  $\text{м}^3/\text{ч}$

$$W = V_0 \cdot K, \quad (5.2)$$

где  $K$  – кратность воздухообмена,  $1/\text{ч}$ .

$V_0$  – объем помещения, м<sup>3</sup>.

$$V_0 = a \cdot b \cdot h \quad (5.3)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $h$  – длина, ширина и высота помещения соответственно, м.

$$V_0 = 10 \cdot 6 \cdot 3 = 180 \text{ м}^3$$

Кратность воздухообмена – показывает, сколько раз в помещении происходит смена воздуха в течение часа.

$$K = 4 \dots 5 \text{ раза в ч}$$

$$W = 180 \cdot 5 = 900 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$W_B = 2 \cdot 900 = 1800 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Рассчитываются потери напора на прямых участках труб:

$$H_{\text{НП}} = \frac{\varphi_l \cdot l_T \cdot \rho_B \cdot V_{\text{cp}}^2}{2d_T}, \text{ Па} \quad (5.4)$$

где  $\varphi_l$  – коэффициент, учитывающий сопротивление труб (для железных труб  $\varphi_l = 0,02$ );

$V_{\text{cp}}$  – средняя скорость воздуха,  $V_{\text{cp}} = 4 \dots 12$  м/с;

$\rho_B$  – плотность воздуха,  $\rho_B = 1,2$  кг/м<sup>3</sup> при 15°С;

$l_T$  – длина участка трубы, м;

$d_T$  – принятый диаметр труб на участке, м.

$$l_1 = 1,1 \text{ м}; \quad d_T = 0,25 \text{ м}; \quad V_{\text{cp}} = 8 \text{ м/с}$$

$$l_1 = 1,1 \text{ м} \quad H_{1\text{НП}} = \frac{0,02 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,25} = 33,79 \text{ Па}$$

$$l_2 = 2,6 \text{ м} \quad H_{1\text{НП}} = \frac{0,02 \cdot 2,6 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,25} = 80,05 \text{ Па}$$

$$l_3 = 0,8 \text{ м} \quad H_{3\text{НП}} = \frac{0,02 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,25} = 3,03 \text{ Па};$$

$$l_2 = 4 \text{ м} \quad H_{2\text{НП}} = \frac{0,02 \cdot 4 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,25} = 123,16 \text{ Па};$$

Рассчитываются местные потери напора в переходах

$$H_M = 0,5\varphi_M \cdot V_{\text{CP}}^2 \rho_B, \quad (5.5)$$

где  $\varphi_M$  – коэффициент местных потерь при  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\varphi_M = 1,1$

$$H_{1M} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 8^2 \cdot 1,2 = 42,2 \text{ Па}$$

Так как у нас три поворота на 90 градусов, то

$$H_{1M} = H_{2M} = H_{3M} = 42,2 \text{ Па}$$

Определяются суммарные потери напора на участке ( $H_{\text{уч}}$ ) и в целом на линии ( $H_{\text{л}}$ ) по формуле

$$H_{\text{уч}} = H_{\text{III}} + H_M, \quad (5.6)$$

$$H_{\text{л}} = \sum H_{\text{уч}} = H_B \quad (5.7)$$

где  $H_B$  – напор вентилятора, Па

$$H_{\text{л}} = 33,79 + 80,05 + 3,03 + 123,16 + 3 \cdot 42,2 = 376,63 \text{ Па}$$

По номограмме выбирается номер вентилятора  $N_B = 2,5$ ;

$$\eta_B = 0,56; A = 2500; Ц4 - 70$$

Вычисляется частота вращения вала вентилятора

$$n_B = \frac{A}{N}, \text{ об/мин} \quad (5.8)$$

$$n_B = \frac{2500}{2,5} = 1000 \text{ об/мин}$$

Рассчитывается мощность электродвигателя для вентилятора

$$P_{\text{э.д}} = \frac{H_B \cdot W_B}{3,6 \cdot 10^6 \eta_B \eta_{\text{п}}}, \text{ кВт} \quad (5.9)$$

где  $H_B$  – полное давление вентилятора, Па;

$W_B$  – производительность вентилятора, м<sup>3</sup>/ч

$\eta_{\text{п}}$  - коэффициент полезного действия вентилятора,  $\eta_{\text{п}} = 0,56$

$\eta_{\text{п}}$  - коэффициент полезного действия передачи,  $\eta_{\text{п}} = 0,90 \dots 0,95$ .

Принимаем  $\eta_{\text{п}} = 0,90$

$$P_{\text{э.д}} = \frac{376,63 \cdot 1800}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,56 \cdot 0,90} = 0,37 \text{ кВт}$$

По ГОСТ 15150-69 выбираем марку электродвигателя исполнения УЗ, тип 4А63В6УЗ 0,4 кВт, 890 об/мин. С целью уменьшения шума создаваемого вентиляционной системой следует добиваться следующих условий:

Таким образом, был произведен расчет местного вентиляционного устройства для обеспечения нормальной вентиляции на рабочем месте при наплавке в среде защитных газов. Схема местной вентиляционной установки на участке наплавки представлена на 8 листе графической части проекта.

Инструкция по безопасной работе с приспособлением представлена в приложении.

## 6 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

### 6.1 Экономическое обоснование конструкции

Затраты на изготовление и модернизацию конструкции определяются по формуле [1]:

$$C_{ц.констр.} = C_k + C_{о.д} + C_{п.д} \cdot K_{нац} + C_{сб.п} + C_{оп} + C_{накл}, \quad (6.1)$$

где  $C_k$  – стоимость изготовления корпусных деталей, руб.;

$C_{о.д}$  – затраты на изготовление оригинальных деталей, руб.;

$C_{п.д}$  – цена покупных деталей, изделий, агрегатов по прейскуранту;

$C_{сб.п}$  – заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке конструкции, руб.;

$C_{оп}$  – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, руб.;

$C_{накл}$  – накладные расходы, руб.;

$K_{нац}$  – коэффициент, учитывающий разницу между прейскурантной ценой и балансовой стоимостью конструкции ( $K_{нац}=1,4 \dots 1,5$ ).

Стоимость изготовления корпусных деталей определяется по формуле стр.115 [1]

$$C_k = Q_{п} \cdot Ц_{к.д}, \quad (6.2)$$

где  $Q_{п}$  – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, кг.;

$Ц_{к.д}$  – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, руб.

$$C_k = 25 \cdot 100 = 2500 \text{ руб.}$$

Затраты на изготовление оригинальных деталей определяются по формуле стр.116 [1]

$$C_{о.д} = C_{зп} + C_m, \quad (6.3)$$

где  $C_{зп}$  – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, руб.;

$C_m$  – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, руб.

Заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей определяется по формуле стр.116 [1]

$$C_{зп} = C_{пр} + C_{доп} + C_{соц}, \quad (6.4)$$

где  $C_{пр}$  – основная заработная плата, руб.;

$C_d$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$C_{соц}$  – начисления по социальному страхованию, руб.

Основная заработная плата определяется по формуле стр.117 [1]

$$C_{пр} = Z_{ч} \cdot T_{ср} \cdot K_t, \quad (6.5)$$

где  $T_{ср}$  – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей, чел.·час;

$Z_{ч}$  – часовая ставка рабочих, руб.;

$K_t$  – коэффициент учитывающий доплаты к основной зарплате, ( $K_t=1,025\dots1,03$ ).

$$C_{пр} = 90 \cdot 9 \cdot 1,03 = 843 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата определяется по формуле стр.117 [1]

$$C_{доп} = \frac{(5\dots12) \cdot C_{пр}}{100}. \quad (6.6)$$

$$C_{доп} = \frac{10 \cdot 843}{100} = 84,3 \text{ руб}$$

Начисления по соц. страхованию определяются по формуле стр.117 [1]

$$C_{соц} = \frac{4,4 \cdot (C_{пр} + C_d)}{100}. \quad (6.7)$$

$$C_{соц} = \frac{4,4 \cdot (843 + 84,3)}{100} = 40,41 \text{ руб}$$

$$C_{зп} = 843 + 84,3 + 40,41 = 967 \text{ руб.}$$

Стоимость материала заготовок определяется по формуле стр.117 [1]

$$C_m = Ц \cdot Q_3, \quad (6.8)$$

где  $Ц$  – цена 1 кг материала заготовок, руб.;

$Q_3$  – масса заготовки, кг.

Масса заготовки определяется из выражения:

$$Q_3 = \frac{Q_d}{K_3}, \quad (6.9)$$

где  $Q_d$  – масса детали, кг;

$$Q_{\text{заг}} = \frac{60}{0,8} = 75 \text{ кг.}$$

$$C_m = 100 \cdot 75 = 7500 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{од}} = 967 + 7500 = 8467 \text{ руб.}$$

$K_3$  – коэффициент использования массы заготовки ( $K_3 = 0,29 \dots 0,99$ ).

Заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке конструкции определяется по формуле стр.117 [1]

$$C_{\text{зп.сб.п}} = C_{\text{сб}} + C_{\text{д.сб}} + C_{\text{соц.сб}}, \quad (6.10)$$

где  $C_{\text{сб}}$ ,  $C_{\text{д.сб}}$ ,  $C_{\text{соц.сб}}$  – соответственно, основная и дополнительная зарплата, начисления по социальному страхованию, руб.

Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке определяется по формуле стр.118 [1]

$$C_{\text{сб}} = T_{\text{сб}} \cdot Z_{\text{ч}} \cdot K_t, \quad (6.11)$$

где  $T_{\text{сб}}$  – трудоемкость на сборку конструкции, чел.·час.

$$C_{\text{сб}} = 4 \cdot 90 \cdot 1,03 = 370 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата определяется по формуле стр.118 [1]

$$C_{\text{д.сб}} = \frac{(5 \dots 12) C_{\text{сб}}}{100}. \quad (6.12)$$

$$C_{\text{д.сб}} = \frac{10 \cdot 370}{100} = 37 \text{ руб.}$$

Начисления по социальному страхованию определяются по формуле стр.118 [1]

$$C_{\text{соц.сб}} = \frac{4,4(C_{\text{сб}} + C_{\text{д.сб}})}{100}. \quad (6.13)$$

$$C_{\text{соц.сб}} = \frac{4,4(370 + 37)}{100} = 17,908 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{зп.сб.п}} = 370 + 37 + 17,908 = 425 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции определяются по формуле стр.118: [1]

$$C_{\text{оп}} = \frac{C_{\text{пр}}^1 \cdot \Pi_{\text{оп}}}{100}, \quad (6.14)$$

где  $C_{\text{пр}}^1$  – основная заработная плата рабочих, участвующих в изготовлении конструкции, руб.;

$\Pi_{\text{оп}}$  – процент общепроизводственных расходов, ( $\Pi_{\text{оп}} = 69,5$ ).

$$C_{\text{оп}} = \frac{1019 \cdot 69,5}{100} = 708 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{констр}} = 2500 + 8467 + 4600 \cdot 1,5 + 425 + 708 = 19000 \text{ руб.}$$

Таблица 6.1 Исходные данные для расчета технико-экономических показателей конструкции

№п/п	Наименование	Ед.измерения	Знач. показателя	
			исходный	проектир.
1	Масса конструкции	кг	110	75
2	Балансовая стоимость	руб	24250	1900
3	Потребляемая мощность	кВт	2,2	2,2
4	Количество обслуживающего персонала	чел	1	1
5	Разряд работы	разряд	4	4
6	Тарифная ставка	руб./чел.ч	90	90
7	Норма амортизации	%	13	13
8	Норма затрат на ремонт и техническое обслуживание	%	8	8
9	Годовая загрузка конструкции	ч	110	110
10	Время 1 цикла	ч	0,8	0,4

При расчетах показатели базового (существующего) варианта обозначаются как  $X_0$ , а проектируемого как  $X_1$ .

Расчет технико-экономических показателей по обоим вариантам проводится в такой последовательности:

на стационарных работах периодического действия [4]

$$W_{\text{ч}} = \frac{60 \cdot \tau}{T_{\text{ц}}}, \quad (6.15)$$

где  $T_{\text{ц}}$  – время одного рабочего цикла, мин.

$\tau$  – коэффициент использования рабочего времени смены ( $\tau = 0,60 \dots 0,95$ ).

$$W_{\text{ч}0} = \frac{60 \cdot 0,6}{48} = 0,75 \text{ шт/час}$$

$$W_{\text{ч}1} = \frac{60 \cdot 0,6}{24} = 1,5 \text{ шт/час}$$

Металлоемкость процесса определяется по формуле [4]:

$$M_{\text{с}} = \frac{G}{W_{\text{з}} \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (6.16)$$

где  $G$  – масса конструкции, кг;

$T_{\text{год}}$  – годовая загрузка конструкции, час;

$T_{\text{сл}}$  – срок службы конструкции, лет.

$$M_{\text{с}0} = \frac{110}{1 \cdot 110 \cdot 5} = 0,2 \text{ кг/шт}$$

$$M_{\text{с}1} = \frac{75}{1,8 \cdot 110 \cdot 5} = 0,075 \text{ кг/шт}$$

Фондоемкость процесса определяется по формуле [4]:

$$F_{\text{с}} = \frac{C_{\text{б}}}{W_{\text{з}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (6.17)$$

где  $C_{\text{б}}$  – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_{\text{с}0} = \frac{24250}{0,75 \cdot 110} = 293 \text{ руб./шт}$$

$$F_{\text{с}1} = \frac{19000}{1,5 \cdot 110} = 116 \text{ руб./шт}$$

Трудоемкость процесса находится из выражения [4]:

$$T_e = \frac{n_p}{W_z}, \quad (6.18)$$

где  $n_p$  – количество рабочих, чел.

$$T_{e1} = \frac{1}{0,75} = 1,33 \text{ чел. ч/шт}$$

$$T_{e1} = \frac{1}{1,5} = 0,66 \text{ чел. ч/шт}$$

Себестоимость работы определяется по формуле [4]:

$$S = C_{зп} + C_э + C_{рго} + A. \quad (6.19)$$

Затраты на заработную плату определяются по формуле [4]:

$$C_{зп} = Z \cdot T_e, \quad (6.20)$$

$$C_{зп0} = 90 \cdot 1,33 = 119,7 \text{ руб./шт}$$

$$C_{зп1} = 90 \cdot 0,66 = 59,4 \text{ руб./шт}$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле [4]:

$$C_э = Ц_э \cdot Э_э, \quad (6.21)$$

где  $Ц_э$  – комплексная цена электроэнергии, руб./кВт.

$Э_э$  - энергоемкость процесса, кВт/шт

Энергоемкость процесса определяется из выражения [4]:

$$Э_э = \frac{N_e}{W_z}, \quad (6.22)$$

где  $N_e$  – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

$W_z$  – часовая производительность конструкции; ед./ч.

$$Э_{э0} = \frac{2,2}{0,75} = 2,93 \text{ кВт/шт}$$

$$Э_{э1} = \frac{2,2}{1,5} = 1,46 \text{ кВт/шт}$$

$$C_{э0} = 2,81 \cdot 2,93 = 8,23 \text{ руб/квт}$$

$$C_{э1} = 2,81 \cdot 1,46 = 4,102 \text{ руб/квт}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяются по ф-ле [4]:

$$C_{\text{рто}} = \frac{C_6 \cdot N_{\text{рто}}}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (6.23)$$

где  $N_{\text{рто}}$  – суммарная норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

$$C_{\text{рто0}} = \frac{24250 \cdot 8}{100 \cdot 0,75 \cdot 110} = 23 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$C_{\text{рто1}} = \frac{19000 \cdot 8}{100 \cdot 1,5 \cdot 110} = 9,2 \text{ тыс. руб./шт}$$

Амортизационные отчисления по конструкции определяются по формуле [4]:

$$A = \frac{C_6 \cdot a}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (6.24)$$

где  $a$  – норма амортизации %.

$$A_0 = \frac{22450 \cdot 13}{100 \cdot 0,75 \cdot 110} = 35,37 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$A_1 = \frac{19000 \cdot 13}{100 \cdot 1,5 \cdot 110} = 14,9 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$S_0 = 119,7 + 8,23 + 23 + 35,37 = 186,3 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$S_1 = 59,4 + 4,102 + 9,2 + 14,9 = 87,6 \text{ тыс. руб./шт}$$

Приведенные затраты определяются по формуле [4]:

$$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \cdot F_{\text{е}} = S + E_{\text{н}} \cdot k, \quad (6.25)$$

где  $E_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15;

$F_{\text{е}}$  – фондоемкость процесса, руб./ед;

$k$  – удельные капитальные вложения, руб./ед.

$$C_{\text{прив0}} = 186,3 + 0,15 \cdot 293 = 230 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$C_{\text{прив1}} = 87,6 + 0,15 \cdot 116 = 105 \text{ тыс. руб./шт}$$

Годовая экономия определяется по формуле [4]:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}. \quad (6.26)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (186,3 - 87,6) \cdot 0,75 \cdot 110 = 8142 \text{ тыс. руб}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле [4]:

$$E_{\text{год}} = \Theta_{\text{год}} - E_{\text{н}} \cdot \Delta K$$

где  $\Delta K$  – дополнительные капитальные вложения, руб. ( $\Delta K = F \cdot e1$ )

$$E_{\text{год}} = 8142 - 0,15 \cdot 116 = 8124 \text{ тыс.руб}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле [4]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{б1}}}{\Theta_{\text{год}}}, \quad (6.27)$$

где  $C_{\text{б1}}$  – балансовая стоимость спроектированной конструкции, руб.

$$T_{\text{ок}} = \frac{19000}{8124} = 2,33 \text{ года}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяется по формуле [4]:

$$E_{\text{эф}} = \frac{\Theta_{\text{год}}}{C_{\text{б}}}. \quad (6.28)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{8142}{19000} = 0,42$$

Таблица 6.2 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций

№ пп	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект в % к базовому
1	Часовая производительность, ед/ч	0,75	1,5	200
2	Фондоемкость процесса, руб./ед	293	116	39,59
3	Энергоемкость процесса, кВт/ед	2,93	11,46	-
4	Металлоемкость процесса, кг/ед	0,2	0,075	37
5	Трудоемкость процесса, чел*ч/ед	1,33	0,66	49
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./ед	35,37	15,1	42
7	Уровень приведенных затрат, руб./ед	230	105	45,6
8	Годовая экономия, руб.	-	8142	-
9	Годовой экономический эффект, руб.	-	8124	-
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	-	2,33	-
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	-	0,42	-

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день основной объем себестоимости ремонта составляют затраты на новые запасные части и узлы, правильная организация восстановления изношенных деталей позволяет существенно снизить затраты на ремонт, избежать дефицита новых запасных частей и, как следствие уменьшить время простоя техники, сократить сроки ремонта.

Предлагаемая технология восстановления посадочных мест под подшипники позволяет снизить себестоимость продукции, так затраты на восстановление значительно ниже новой детали.

Предлагаемая конструкция приспособления для приварки позволяет существенно повысить качество восстанавливаемых поверхностей. Срок окупаемости капитальных вложений, от внедрения приспособления составляет 2,33 года, экономический эффект 8124 тыс. рублей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адигамов Н. Р., Кочедамов А. В., Гималтдинов И. Х. Методическое пособие к курсовому проекту по дисциплине «Технология ремонта машин»/под общ. ред. Адигамова Н. Р. – Казань: Издательство КГАУ, 2007, – 77с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя - М.: Машиностроение,1980. т.2, - 559с.
3. Булгариев Г. Г., Абдрахманов Р. К., Валиев А. Р. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ. Казань: Изд-во КГАУ, 2008. – 61 с.
4. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: Колос, 1981. – 351 с.
5. Глухарев Е.Г., Зубарев Н.И., Зубчатые шлицевые соединения. 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1983. – 270 с
6. Гузенков П. Г. Детали машин: Учеб. для вузов. – 4-е изд, испр. М.: Высш. шк., 1986. – 359 с.: ил.
7. Кондратьев Г. И., Андреев Р. А. Восстановление деталей электролитическим хромированием. Методические указания к лабораторной работе. – Казань: Издательство КГСХА, 2005, – 19с.
8. Кондратьев Г. И. Курсовое проектирование по надежности машин (методические указания), Казань, 2002, 41с.
9. Контрольные приспособления: Прогрессивные средства контроля размеров в машиностроении/Б. А. Гипп, Ю. М. Конинберг, М. М. Каплун и др. – М.: Машгиз, 1960. – 336 с., илл.
10. Людаговский А.В. Газотермическое напыление покрытий / А.В. Людаговский – М. : РГОТУПС - 2006. – 43 с.
11. Матвеев В.А., Пустовалов И.И. Техническое нормирование ремонтных работ в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1979, 288 с., ил.
12. Микотин В. Я. Технология ремонта сельскохозяйственных машин и оборудования. – М.: Колос, 1997. – 367с.: илл.

13. Новиков В. С., Очковский Н. А., Тельнов Н. Ф., Ачкасов К. А. Проектирование технологических процессов восстановления изношенных деталей – М.: МГАУ, 1998. 52 с.
14. Пучин Е. А. Кушнарев Л. И., Петрищев Н. А. и др. Техническое обслуживание и ремонт тракторов. – 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 208с.
15. Серый И. С., Смелов А. П., Черкун В. Е. Курсовое и дипломное проектирование по надежности и ремонту машин. – М.: Агропромиздат, 1991, - 184 с.
16. Серый И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1987, - 367 с.
17. Шариков Л. П. Охрана труда в малом бизнесе. Сервисное обслуживание автомобилей. Практическое пособие. – М.: изд-во Альфа-пресс, 2009. – 216 с.
18. Шевчук В.П. Трактор ДТ-175С . - М.: Агропромиздат, 1988, - 335с.