

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 коленчатого вала компрессора К-700 с разработкой конструкции электродугового металлизатора»

Шифр 35.03.06.333.17.ЭЛМ.00.00.00 ПЗ

Дипломник студент _____ Шайдуллин А.Р

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 Шайдуллину А.Р.

Тема ВКР «Проектирование технологического процесса восстановления коленчатого вала компрессора К-700 с разработкой конструкции электродугового металлизатора»

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. Изучение износов деталей, определение процента деталей, подлежащих восстановлению
3. Технологический процесс восстановления детали
4. Конструкторская разработка
5. Мероприятия по безопасности жизнедеятельности
6. Технико-экономическое обоснование конструкции

5. Перечень графических материалов

1. Анализ износов деталей
2. Ремонтный чертеж
3. Технологические карты на восстановление
4. Сборочный чертеж конструкции
5. Рабочие чертежи деталей
6. Техничко-экономические показатели конструкции

6. Консультанты по ВКР

Раздел	Консультант
Безопасность жизнедеятельности	
Экономическое обоснование	
Конструктивная часть	

7. Дата выдачи задания

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

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

Студент-дипломник _____ (_____)

Руководитель проекта _____ (_____)

.

АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Шайдуллина А.Р. выполненную на тему «Проектирование технологического процесса восстановления коленчатого вала компрессора К-700 с разработкой конструкции электродугового металлизатора».

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 работы сопряжений устройства, в состав, которого входит деталь подлежащая восстановлению. Приведены причины потери работоспособности. Во второй части приводится разработка технологического процесса дефектации изделия. Выполнен выбор средств измерения для контроля восстанавливаемой детали. В третьей части разработан технологический процесс восстановления детали. Выбран способ восстановления детали, выполнен ремонтный чертеж и технологическая карта на восстановление детали. В четвертом разделе разрабатывается конструкция электродугового металлизатора. Описана работа приспособления, выполнены инженерные расчеты конструкции. Разработаны мероприятия по безопасной эксплуатации конструкции электродугового металлизатора. Разработана инструкция по безопасной работе с устройством. Кроме того дано технико-экономическое обоснование целесообразности применения электродугового металлизатора. Пояснительная записка завершается выводами и списком использованной литературы.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ

1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЙ

- 1.1 Анализ работы устройства и описание причин потерь работоспособности компрессора К-700

2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЕФЕКТАЦИИ

КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА КОМПРЕССОРА

- 2.1 Выбор оборудования и средств измерения.....
- 2.2 Микрометраж диаметра шатунных шеек.....
 - 2.2.1 Предварительные вычисления
 - 2.2.2 Построение таблицы статистического ряда и статистических графиков.....
 - 2.2.3 Определение математического ожидания, среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации
 - 2.2.4 Подбор теоретического закона распределения и определение его параметров
 - 2.2.5 Построение теоретических графиков функции распределения износа
 - 2.2.6 Проверка соответствия принятого теоретического закона статистическим данным.....
 - 2.2.7 Анализ кривых и определение процента валов, подлежащих обработке металлизацией

3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ

КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА КОМПРЕССОРА К-700

- 3.1 Выбор рационального способа восстановления дефектов коленчатого вала компрессора трактора К-700.
- 3.2 Сущность процесса электродуговой металлизации.....
- 3.3 Разработка ремонтного чертежа коленчатого вала компрессора трактора К-700.....
- 3.4 Разработка маршрутных и операционных карт восстановления коленчатого вала компрессора трактора К-700.....
- 3.5 Определение режимов электродуговой металлизации.....

4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО

МЕТАЛЛИЗАТОРА.....

4.1 Анализ существующих конструкций.....	
4.2 Устройство и принцип работы электродугового металлизатора	
4.3 Расчет привода электродугового металлизатора	
4.4 Расчет конструктивных элементов.....	
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
5.1 Негативные и опасные факторы при работе с электродуговым металлизатором.....	
5.2 Мероприятия по улучшению охраны труда и разработка комплексных решений.....	
5.3 Расчет местного вентиляционного устройства.....	
6 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.

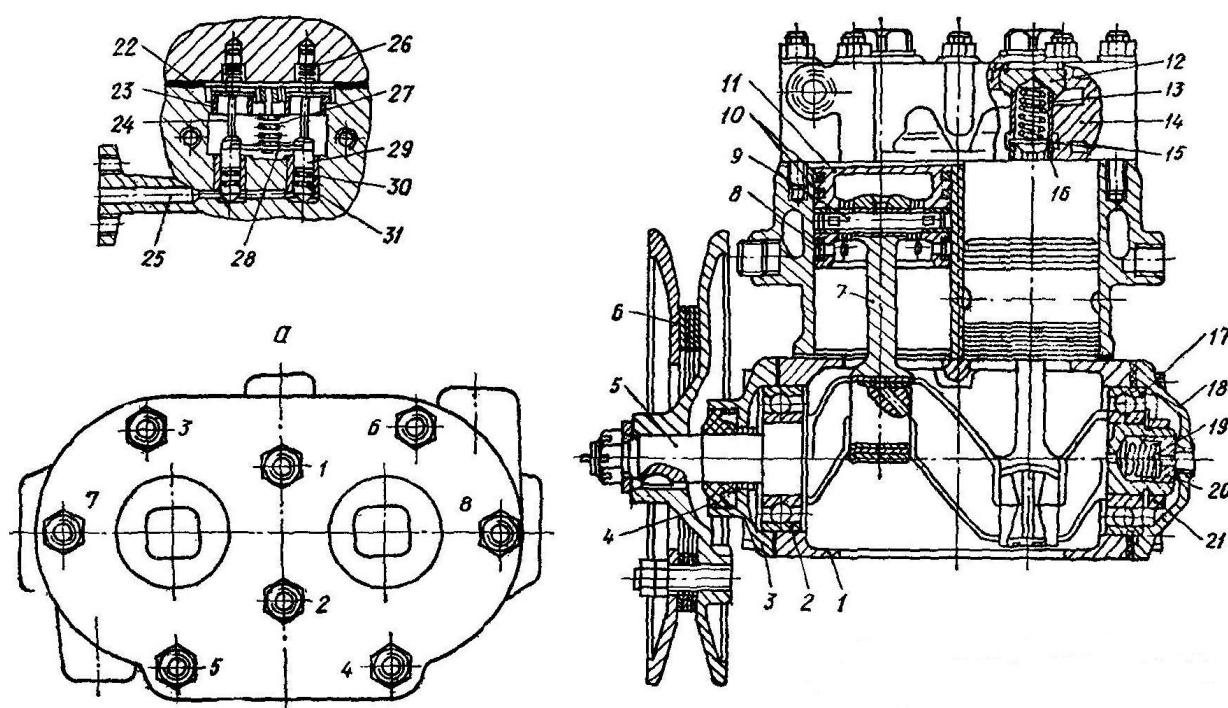
Ремонтное производство выросло в крупную отрасль народного хозяйства, которое на основе достижений науки и техники призвана обеспечить восстановление и постоянную работоспособность машин и оборудования. Для содержания огромного парка машин в работоспособном состоянии необходимо иметь развитую ремонтно-техническую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

1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЙ

1.1 Анализ работы устройства и описание причин потерь работоспособности компрессора К-700

Компрессор трактора К-700 двухсекционный, поршневого типа предназначен для нагнетания воздуха в пневмосистему трактора. Привод осуществляется от коленчатого вала через клиноременную передачу. Воздух в цилиндры компрессора поступает из воздушного фильтра двигателя через впускные пластинчатые клапаны.

На рисунке 1.1 показан общий вид компрессора трактора К-700



1-картер, 2-передний подшипник, 3- крышка, 4-манжета, 5-коленчатый вал, 6- шкив, 7-шатун, 8-маслосъемное кольцо, 9-поршневой палец, 10-компрессионные кольца, 11-поршень, 12-пробка, 13-пружина, 14-головка блока, 15-нагнетательный клапан, 16-седло нагнетательного клапана, 17-задний подшипник коленчатого вала, 18-крышка задняя, 19-пружина уплотнителя, 20-уплотнитель, 21-гайка кольцевая, 22-впускной клапан, 23-седло впускного клапана, 24-шток, 25-разгрузочный канал, 26-пружина впускного клапана, 27-пружина коромысла, 28-коромысло плунжеров, 29-гнездо штока впускного клапана, 30-кольцо уплотнительное, 31- плунжер впускного клапана, а- схема затяжки.

Рисунок 1.1 – Компрессор пневматической системы трактора К-700

По мере работы в компрессоре изнашивается цилиндро-поршневая группа, нарушается герметичность клапанов. При этих неисправностях время заполнения пневмосистемы (до гашения контрольных ламп) при частоте вращения коленчатого вала двигателя 2200 об/мин превышает установленное техническими условиями, т. е. 8 мин, или компрессор вообще не развивает заданное давление 7 ... 7,5 кгс/см². Кроме того, износ цилиндропоршневой группы приводит к всасыванию масляного тумана из картера компрессора в цилиндры, а затем масло вместе с воздухом идет в пневмосистему.

После заполнения пневмосистемы воздухом в регуляторе давления открывается разгрузочный клапан, масло вместе с воздухом выбрасывается наружу и оседает на регуляторе и раме. Здесь следует отметить, что расход масла через компрессор увеличивается из-за загрязнения воздушного фильтра двигателя. Дело в том, что компрессор всасывает профильтрованный воздух из впускного коллектора двигателя. По мере загрязнения фильтра увеличивается разрежение во впускном коллекторе, и компрессор даже при исправной поршневой группе всасывает масляный туман из картера, а затем на такте выпуска выбрасывает его в пневмопривод.

Негерметичность прокладки 18 головки блока цилиндров, внутренние трещины в головке или блоке приводят к тому, что жидкость из системы охлаждения всасывается в цилиндры, а затем вместе с воздухом идет в пневмопривод. Уровень охлаждающей жидкости в расширительном бачке падает, а жидкость в нем бурлит. Это происходит потому, что поршень на такте сжатия продавлиывает воздух в рубашку охлаждения компрессора, а далее воздух с жидкостью сливается в расширительный бачок. Есть еще одно опасное последствие рассмотренных неисправностей. Жидкость, попавшая в цилиндр компрессора, через зазоры между цилиндром, поршнем и кольцами просачивается в картер компрессора, а из него стекает в масляный поддон двигателя. В случае попадания жидкости в масло при

поиске места утечки необходимо иметь в виду и компрессор. В противном случае из-за неисправного компрессора в ремонт может быть ошибочно направлен исправный двигатель, а неисправный компрессор вновь установлен на другой исправный двигатель.

Масло для смазки компрессора подводится из центрального масляного канала двигателя к торцовому уплотнителю, установленному в коленчатом валу. Уплотнитель поджат к картеру маховика пружиной. При значительном износе торцевого уплотнителя, а также поломке пружины масло, минуя компрессор, напрямую стекает на блок распределительных шестерен и далее в поддон двигателя. Эта неисправность может быть причиной выхода из строя не только компрессора (заклинивание из-за недостатка смазки), но и двигателя (проворот вкладышей коленчатого вала из-за масляного голодания).

Неполное открытие выпускных клапанов приводит к перегреву воздуха на выходе компрессора.

Наиболее сильно нагруженной деталью в компрессорах является коленчатый вал. Коленчатый вал компрессора подвергается изнашиванию, скручиванию, изгибу. При работе коленчатый вал приобретает следующие дефекты: изломы и трещины, прогиб вала, износ шпоночного паза, повреждение резьбы, износ коренных шеек, износ шатунных шеек.

2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЕФЕКТАЦИИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА КОМПРЕССОРА

2.1 Выбор оборудования и средств измерения

Определение степени годности производят на столе для дефектации ОРГ-14-68-01-090 А ГОСНИТИ.

При выборе СИ должно соблюдаться условие: погрешность предельная СИ должна быть менее допустимой погрешности технического измерения, то есть

$$\Delta_{lim} \leq \delta, \quad (2.1)$$

здесь δ – допустимая погрешность технического измерения;

Δ_{lim} – погрешность предельная СИ.

Согласно номинального размера $\varnothing 35^{+0,02}_{+0,03}$ для замера места дефекта 5 определяем погрешность измерения согласно справочнику [5], $\delta = 4$ мкм. Выбираем СИ с учетом выполнения условия (1) – микрометр гладкий (ГОСТ 6507-78), с предельной погрешностью $\Delta_{lim} = \pm 2,5$ мкм.

Согласно номинального размера $\varnothing 42^{-0,025}_{-0,05}$ для замера места дефекта 6 определяем погрешность измерения согласно справочнику [5], $\delta = 4$ мкм. Выбираем СИ с учетом выполнения условия (1) – микрометр гладкий (ГОСТ 6507-78), с предельной погрешностью $\Delta_{lim} = \pm 2,5$ мкм.

Изломы и трещины определяются визуальным методом.

Таблица 2.10 – Результаты выбора СИ

Деталь, размер, значение поле допуска.	Допуск изделия, мм.	Погрешность измерения, допустимая мм.	Погрешность инструмента измерения, мм.	Обозначение инструмента ГОСТ.
Вал, $\varnothing 35$	0,01	0,004	$\pm 0,0025$	МК – 50 – 1 ГОСТ 6507-78
Вал, $\varnothing 42$	0,025	0,004	$\pm 0,0025$	МК – 50 – 1 ГОСТ 6507-78

2.2 Микрометраж диаметра шатунных шеек

2.2.1 Предварительные вычисления

В результате измерения партии валов в сечении наибольшего износа получены следующие значения износа в мм, которые расположены в порядке возрастания: 0,04; 0,05; 0,05; 0,06; 0,06; 0,07; 0,07; 0,07; 0,08; 0,08; 0,09; 0,09; 0,09; 0,10; 0,10; 0,10; 0,11; 0,11; 0,12; 0,12; 0,12; 0,13; 0,14; 0,14; 0,14; 0,15; 0,15; 0,16; 0,17; 0,17; 0,18; 0,20; 0,21; 0,23; 0,23; 0,26; 0,28; 0,32. Всего 38 замеров.

Определяем зоны рассеивания (размах ряда) S по формуле (2.2)

$$S = 0,32 - 0,04 = 0,28 \text{ мм.}$$

Определяем число разрядов (интервалов) K по формуле (2.3)

$$K = \sqrt{38} = 6,16. \text{ Принимаем } K = 6.$$

Определяем длину разряда l по формуле (2.4):

$$l = \frac{0,28}{6} = 0,0467.$$

Определяем величину сдвига C из условия (2.5):

$$0,04 \geq C \geq 0,04 - \frac{0,0467}{2}.$$

В нашем случае имеет смысл принять $C = 0,03$.

Начало первого разряда a_i принимаем равным величине сдвига, т.е.

$$a_i = C.$$

Значение b_k принимаем из условия (2.6):

$$0,32 + \frac{1}{2} \cdot 0,0467 \geq b_k \geq 0,32.$$

В нашем случае имеет смысл принять $b_k = 0,33$ мм. Тогда окончательно длина разряда определится из выражения (2.7):

$$l = \frac{0,33 - 0,03}{6} = 0,05 \text{ мм.}$$

2.2.2 Построение таблицы статистического ряда и статистических графиков

Таблица 2.1 – Статистический ряд износа вала ведущего колеса

i	Разряды		h _i	l _i	m _i	q _i =m _i /n	$\hat{f}_i$	$\hat{F}_i$
	a _i	b _i						
1	0,03	0,08	0,055	0,05	10	0,263	5,26	0,263
2	0,08	0,13	0,105	0,05	12	0,316	6,32	0,579
3	0,13	0,18	0,155	0,05	9	0,237	4,74	0,816
4	0,18	0,23	0,205	0,05	4	0,105	2,1	0,921
5	0,23	0,28	0,255	0,05	2	0,053	1,06	0,974
6	0,28	0,33	0,305	0,05	1	0,026	0,52	1

Здесь a_i – начало i-го разряда;

b_i – конец i-го разряда;

l_i = b_i – a_i – длина i-го разряда, мм;

$t_i = \frac{a_i + b_i}{2}$ – середина i-го разряда, мм;

m_i – частота или число отказавших объектов в i-ом разряде, т. е. в промежутке наработки от a_i до b_i, мм;

$\hat{q} = \frac{m_i}{n}$ – частость или статистическая вероятность отказа в i-ом разряде;

$\hat{f}_i = \frac{q_i}{l_i}$ – статистическая плотность распределения износа в i-ом разряде, мм⁻¹;

$\hat{F}_i$ – накопленная частота или статистическая функция распределения износа в i-ом разряде.

Представим результаты расчетов в виде графиков (рисунки 3 и 4 листа курсовой работы 2).

2.2.3 Определение математического ожидания, среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации

Статистическую оценку математического ожидания $\hat{m}$ и среднеквадратического отклонения $\hat{\sigma}$ определяем по формулам:

$$\hat{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k h_i \cdot m_i; \quad (2.4)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k (h_i - \hat{m})^2 \cdot m_i}. \quad (2.5)$$

Расчеты сведем в таблицу.

Таблица 2.2 – К расчету $\hat{m}$ и $\hat{\sigma}$

i	h_i	m_i	$h_i \cdot m_i$	$(h_i - \hat{m})^2 \cdot m_i$
1	0,055	10	0,55	0,0518
2	0,105	12	1,26	0,0058
3	0,155	9	1,395	0,0071
4	0,205	4	0,82	0,0243
5	0,255	2	0,51	0,0328
6	0,305	1	0,305	0,0317

$$\Sigma=5,84 \quad \Sigma=0,1535$$

$$\hat{m} = \frac{1}{38} \cdot 4,84 = 0,127 \text{ мм};$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{38-1} \cdot 0,1535} = 0,064 \text{ мм}.$$

Определяем коэффициент вариации по формуле (2.6)

$$V = \frac{0,064}{0,127 - 0,03} = 0,66.$$

2.2.4 Подбор теоретического закона распределения и определение его параметров

Решение о том, какому закону распределения подчиняется величина износа детали, принимаем с учетом 3-х факторов. По физической сущности в данном случае нас устраивает 2 закона: закон нормального распределения и закон распределения Вейбулла, поскольку речь идет об износе детали. По внешнему виду гистограммы скорее всего подходит закон распределения Вейбулла, так как гистограмма асимметрична. По величине коэффициента вариации также подходит закон Вейбулла, поскольку $V > 0,5$.

Таким образом, предполагаем, что величина износа детали подчиняется закону распределения Вейбулла:

$$f(h) = \frac{b}{a} \left(\frac{h-c}{a} \right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{h-c}{a} \right)^b}; \quad (2.7)$$

$$F(h) = 1 - e^{-\left(\frac{h-c}{a} \right)^b}, \quad (2.8)$$

где h – величина износа детали, мм;

a, b, c – параметры закона распределения.

Параметр сдвига $c=0,03$ – определен ранее.

По значению коэффициента вариации из таблицы приложения 2п [8] находим значение параметра b и коэффициента c_b .

При $V=0,66$ $b=1,52$, $c_b = 0,6$.

Определяем параметр a по формуле:

$$a = \frac{\sigma}{c_b}. \quad (2.9)$$

$$a = \frac{0,064}{0,6} = 0,11.$$

При $a = 0,11$, $b = 1,52$, $c = 0,03$ предполагаемый теоретический закон примет вид:

$$f(h) = \frac{1,52}{0,11} \left(\frac{h-0,03}{0,11} \right)^{0,52} \cdot e^{-\left(\frac{h-0,03}{0,11} \right)^{1,52}}; \quad (2.10)$$

$$F(h) = 1 - e^{-\left(\frac{h-0,03}{0,11} \right)^{1,52}}. \quad (2.11)$$

2.2.5 Построение теоретических графиков функции распределения износа

Для построения теоретических графиков произведем расчеты.

Расчеты сведем в таблицу 2.3

Таблица 2.3 – К расчету $F(h)$ и $f(h)$

h	0,03	0,0425	0,055	0,08	0,085	0,13	0,18	0,23	0,28	0,33
$F(h)$	0	0,036	0,1	0,26	0,294	0,579	0,799	0,916	0,969	0,99
$f(h)$	0	4,299	5,757	6,782	6,8	5,536	3,271	1,577	0,65	0,235

2.2.6 Проверка соответствия принятого теоретического закона статистическим данным

Поопределяем меру расхождения X^2 . Расчеты сведем в таблицу 2.4

Значение q_i вычисляем, а значения $F(b_i)$ и $F(a_i)$ берем из таблицы 2.3

Таблица 2.4 – К расчету X^2

i	10	0,26	9,88	0,001
1	13	0,319	12,122	0,064
2	8	0,22	8,36	0,016
3	4	0,117	4,446	0,045
4	2	0,053	2,014	0
5	1	0,021	0,798	0,051
6	10	0,26	9,88	0,001

$$\Sigma=0,177$$

Итак, $X^2 = 0,177$.

Определяем число степеней свободы:

$$r = 6 - (2 + 1) = 3,$$

так как для закона распределения Вейбулла $\varphi=2$.

Зная X^2 и r по таблице 1п [8] находим $p = 0,177$. Так как $0,801 > 0,1$, приходим к заключению, что принятый закон распределения Вейбулла не противоречит статистическим данным. Следовательно, износ вала ведущего колеса подчиняется закону распределения Вейбулла с параметрами: $a = 0,11$, $b = 1,52$, $c = 0,03$.

2.2.7 Анализ кривых и определение процента валов, подлежащих обработке металлизацией.

Определим процент валов, подлежащих обработке металлизацией. Для этого нужно найти максимально допустимый диаметр вала:

$$D_{\min} = D_{\text{доп}} \quad (2.12)$$

Максимально допустимый износ вала при этом составит:

$$h_{\max} = D_{\text{ном}} - D_{\text{доп}}, \text{ мм}, \quad (2.13)$$

где $D_{\text{ном}}$ – номинальный диаметр вала, мм.

Вероятность того, что величина износа не превысит значения $h_{\max}$, и есть не что иное, как доля валов, подлежащих обработке металлизацией:

$$P(h < h_{\max}) = F(h_{\max}) = 1 - e^{-\left(\frac{h_{\max}-c}{a}\right)^b}. \quad (2.14)$$

В нашем случае $D_n = 10$ мм; $D_{\text{доп}} = 9,8$ мм;

$$h_{\max} = 10 - 9,8 = 0,2 \text{ мм};$$

$$F(0,2) = 1 - e^{-\left(\frac{0,2-0,03}{0,11}\right)^{1,52}} = 0,146$$

Таким образом, 85% валов можно обработать методом ремонтных размеров, так как их износ не превышает 0,02 мм, а 14,6 % валов с износом более 0,02 мм можно восстановить наращиванием дополнительного слоя металла методом электродуговой металлизации.

3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВАЛА ВЕДУЩЕГО КОЛЕСА ТРАКТОРА

3.1 Выбор рационального способа восстановления дефектов коленчатого вала трактора К-700.

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, виброконтakтный и автоматический под слоем флюса электродуговых наплавки, 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 содержание 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).

Рассмотрим три наиболее подходящих способа восстановления шеек коленчатых валов компрессора трактора К-700

- 1- наплавка под слоем флюса
- 2- слесарная обработка под ремонтный размер
- 3- металлизационное покрытие.

Рассчитаем коэффициент долговечности для каждого способа из выражения [2]:

$$K_D = K_i \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{II} \quad (3.1)$$

где K_i, K_B, K_C , –коэффициенты износостойкости, выносливости и сцепляемости покрытий.

K_{II} , – поправочный коэффициент, ($K_{II} = 0,8 \dots 0,9$)

Выберем способ, у которого $K_D \rightarrow \max$.

Технико-экономический критерий связывает себестоимость восстановления детали с ее долговечностью после устранения дефектов. Условие технико-экономической эффективности способа восстановления детали было предложено профессором В.И.Казанцевым: [2]:

$$C_B \leq K_D \cdot C_H, \quad (3.2)$$

где C_B – стоимость восстановления детали, руб.;

C_H – стоимость новой детали, руб.

Если нам известна стоимость новой детали, критерий оценивают по формуле: [2]:

$$K_T = C_B / K_D, \quad (3.3)$$

где K_T – коэффициент технико-экономической эффективности,

C_B – стоимость восстановления 1 м^2 изношенной поверхности детали, руб. на 1 м^2

Эффективным будет считаться способ, у которого $K_T \rightarrow \min$. Если K_T будет больше стоимости 1 м^2 новой детали, необходимо решить вопрос о целесообразности восстановления детали.

Выбор рационального способа восстановления производится по оценивающим критериям: технологическому, техническому, технико-экономическому.

Технический критерий: [2]:

$$K_D = K_i \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi}$$

где K_D – коэффициент долговечности;

K_i – коэффициент износостойкости, $K_{i1} = 0,91$, $K_{i2} = 0,95$, $K_{i3} = 1,5$, [2];

K_B – коэффициент выносливости, $K_{B1} = 0,87$, $K_{B2} = 0,9$, $K_{B3} = 1$, [2];

K_C – коэффициент сцепления, $K_{C1} = 1$, $K_{C2} = 1$, $K_{C3} = 0,9$, [2];

K_{Π} – поправочный коэффициент, $K_{\Pi} = 0,9$ [2] .

$$K_{D1} = 0,91 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,713$$

$$K_{D2} = 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,769$$

$$K_{д3} = 1,5 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 1,215$$

Технико-экономический критерий: [2]:

$$K_T = C_B / K_D \rightarrow \min$$

$$K_{T1} = 974 / 0,713 = 1366,06$$

$$K_{T2} = 544 / 0,769 = 707,41$$

$$K_{T3} = 1100 / 1,215 = 905,35$$

Более рациональным способ восстановления из представленных является 3 способ, металлизационное покрытие. Так как этот способ превосходит по техническому критерию и имеет малый технико-экономический критерий.

3.2 Сущность процесса электродуговой металлизации

Расплавление металла происходит под действием высокотемпературной среды электродугового разряда, далее расплавленный электродный материал распыляется под действием сжатого воздуха и транспортируется к поверхности детали.

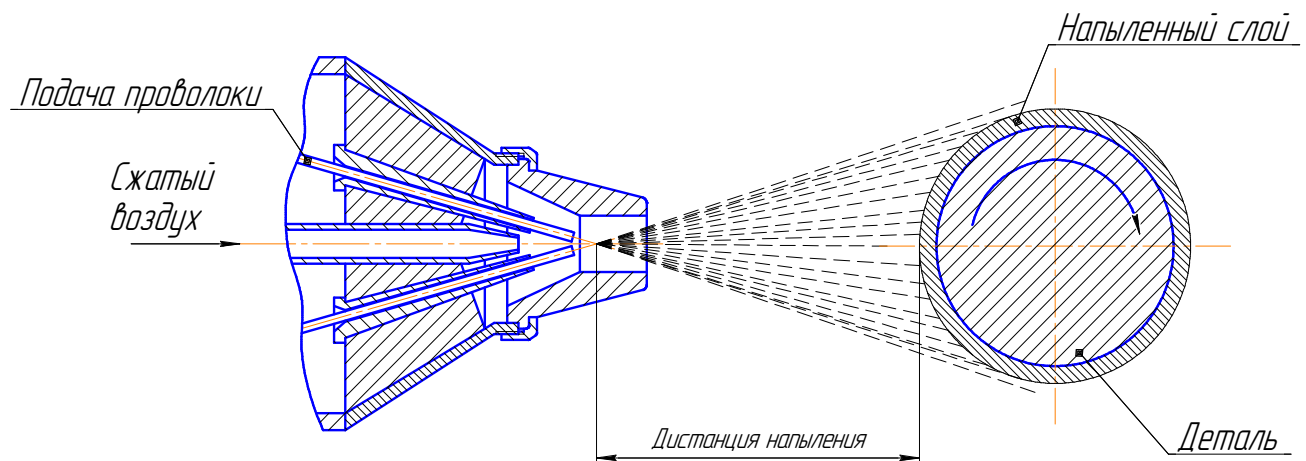


Рисунок 3.1 Схема электродуговой металлизации

Попадая на подогретую деталь (50-80 °С), частицы металла заполняют неровности поверхности, и охлаждаясь, затвердевают и сжимаются, прочно

проникая в основной металл (рисунок 3.2). Неровности поверхности основного металла увеличивают площадь контакта и повышают сцепляемость частичек наносимого слоя.

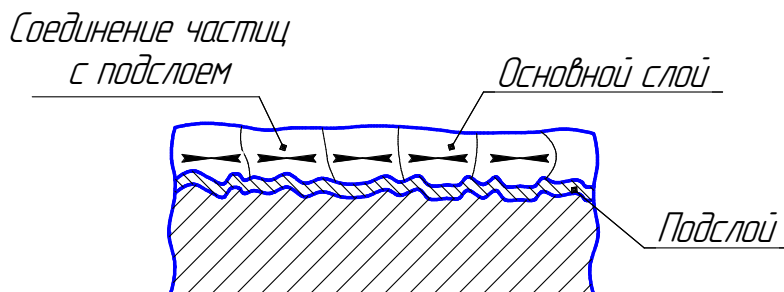


Рисунок 3.2 Схема соединения частиц с подслоем

На структуру и свойства металлизированного покрытия большое влияние оказывают скорость частиц металла, их масса и размеры, температура во время полета и происходящее при этом явление, а также состояние напыляемой поверхности детали и материал проволоки. Подавляющее большинство этих факторов зависит от режимов электродугового напыления.

Напряжение на дуге выбирается в зависимости от применяемой проволоки. При нанесении покрытий с использованием стальной проволоки напряжение устанавливают в пределах 23...30 В, алюминиевой проволоки 25...35 В, цинковой 17 ...23 В. Ток самоуставляется в зависимости от скорости подачи электродных проволок и составляет примерно 110...250 А при переменном токе и 55...160 А при постоянном. Давление сжатого воздуха должно быть 0,5...0,6 МПа, расстояние металлизации примерно 80...120 мм. Скорость перемещения металлизатора относительно напыляемой поверхности выбирают такой, чтобы толщина наносимого слоя за один проход не превышало 0,10...0,15 мм [5].

Для нанесения покрытий в зависимости от выполняемых операций используют различные электродные проволоки, которые приведены в таблице 3.1 [5].

Таблица 3.1 Рекомендуемые материалы электродной проволоки

Операция	Материал проволоки
1	2
Восстановление поверхностей под неподвижные посадки	Стали: 08, 10, 15, 20
Получение износостойких покрытий	Стали: 45, У7, У7А, У8, У8А, У10.
Металлизация деталей, работающих при высоких температурах	Проволока марок: Нп-40, Нп-30Х13.
Восстановление подшипников	Хромоникелевые стали. Антифрикционные сплавы составов (% по массе): алюминия – 50, свинца – 50; стали – 75, меди – 25; стали – 75, латуни – 25; меди – 75, свинца – 25
Нанесение антифрикционных покрытий	Латунь ЛС59-1
Заделка трещин, раковин и нанесение противокоррозионных покрытий в чугунных деталях	Цинк Ц1, Ц2
Заделка трещин в деталях из алюминиевых сплавов	Сплавы: АД, АМц, АМг

Особенностью электродугового напыления является образование нескольких максимумов в факеле распыления. Это связано с тем, что струя сжатого воздуха рассекается электродными проволоками на два или три потока, в зависимости от числа проволок, подаваемых в очаг плавления. В каждом из этих потоков образуется своя ось максимальной концентрации распыленных частиц.

3.3 Разработка ремонтного чертежа коленчатого вала компрессора трактора К-700

Ремонтный чертеж (РЧ) выполняется перед разработкой технического процесса восстановления детали. На РЧ указываются дефекты возникающие при эксплуатации. На РЧ указывается общий вид детали тонкими линиями в предварительно выбранном масштабе (с учетом рационального заполнения поля чертежа)

Поверхности деталей которые подвержены износу и имеют дефект указываются номерами на выносных полках.

Поверхности деталей которые подвержены износу обводят линией которая в три раза толще основной.

Там где есть дефекты, указываются размеры. В отличие от рабочих чертежей детали на которых указываются все без исключения размеры. Разметы указываются согласно рабочим чертежам и указывают отклонения.

Так же на РЧ пишется шероховатость поверхности и допуски отклонения формы и расположения поверхности после восстановления детали. Если на главном виде невозможно показать все дефекты показываются дополнительные виды. В верхнем правом углу чертится таблица, в ней указывают дефекты, коэффициент повторяемости, способы восстановления. Технические требования, которые необходимо выдержать при восстановлении этой детали указываются с правой стороны над штампом. В штампе, в основной графе указывается название детали с индексом РЧ. В графе «материал» указывается исходный материал детали.

Кроме того на РЧ пишется маршрут движения детали при ее восстановлении.[2]

На ремонтном чертеже коленчатого вала представлены следующие дефекты:

- изломы и трещины,
- прогиб вала,
- износ шпоночного паза,
- повреждение резьбы,
- износ коренных шеек,

- износ шатунных шеек.

3.4 Разработка маршрутных и операционных карт восстановления коленчатого вала компрессора трактора К-700

Маршрутные карты восстановления содержат информацию о последовательности восстановления детали, общее время выполнения операций, а также могут содержать информацию об используемом при восстановлении оборудовании.

Операция 05. Моечная.

Мойка вала производится в моечной машине ОМ-22601 –ГОСНИТИ моющим средством Лабомид - 102. Применяемое приспособление при мойке корзина и тележка цеховая

Операция 010. Дефектовочная.

В процессе дефектации определяют степень годности детали.

Преобладающий дефект коленчатого вала – износ коренных шеек. Для контроля диаметра шейки коленчатого вала применяют гладкий микрометр МК 75 ГОСТ 6507-68, проверяют магнитным дефектоскопом ПМД-70 для выявления микротрещин.

Операция 015. Шлифовальная.

Шлифовать до удаления глубоких рисок и задиров, неравномерного износа шеек на круглошлифовальном станке модели 3У120.

Операция 020. Слесарная.

Поместить вал в дробеструйную (абразивную) камеру типа 487Р. Шейки вала подвергаются дробеструйной обработке дробью из чугуна ДЧК-1,2 ГОСТ 11964-81 с размерами частиц 0,8-1,6 мм. Извлечь вал из камеры.

Не подлежащие металлизации участки вала смазать силикатным клеем.

Операция 025. Металлизация шеек.

Установить вал на токарно-винторезный станок 1А62. Напылить шейки электродуговым металлизатором до восстановления номинального

размера с учетом припуска на шлифование. Применяемая проволока для нанесения слоя – У10 ГОСТ 10543-82.

Операция 030. Контрольная.

Проконтролировать качество напыленного слоя поверхности коренных шеек. Замер величины нанесенного слоя производится на столе контролера при помощи микрометра МК 75.

Операция 035. Шлифовальная.

Установить и закрепить вал на шлифовальном станке модели 3У120. Предварительно шлифовать шейки с учетом припуска 0,10 мм под окончательную шлифовку. Шлифовать окончательно, выдерживая заданный размер.

Операция 040. Моечная.

Промыть вал в моечной машине ОМ-22601 –ГОСНИТИ моющим средством Лабомид - 102

Операция 045. Контрольная.

Проверить шлифовку поверхности. Произвести окончательный контроль вала при помощи набора эталонов, образцов шероховатости, микрометра МК 75, твердомера ТК-2М.

3.5 Определение режимов электродуговой металлизации

Для качественного выполнения технологического процесса металлизации необходимо правильно подобрать режимы напыления.

Исходя из геометрических параметров и материала детали назначаем следующие режимы.

напряжение на дуге 30 В;

сила тока 250 А;

расход транспортирующего газа – 8 л/мин;

давление транспортирующего газа – 0,5 мПа;

расстояние от сопла до напыляемой поверхности – 120 мм;

частота вращения детали – 60 об/мин;

продольная подача плазмотрона – 4,0 мм/об;

расход проволоки –2,5 м/мин.

3.6 Расчет норм времени на выполнение операции

Для каждой операции произведем расчет норм времени.

Произведем нормирование операции шлифования посадочного места под подшипник вала ведущего колеса.

Определяем штучно-калькуляционное время по формуле [5]

$$T_n = T_o + T_v + T_{доп} + \frac{T_{пз}}{n_{шт}},$$

(3.4)

где T_o – основное время, мин;

T_v – вспомогательное время, мин;

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

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

$n_{шт}$ – количество деталей в партии, ед.

Основное время определяется по формуле [5]

$$T_o = \frac{z \cdot k}{n \cdot S_{поп}},$$

(3.5)

где z – припуск, принимаем $z = 0,1$ мм [8];

$k = 1,2 - 1,4$ – поправочный коэффициент, принимаем $k = 1,4$ [7];

n – число оборотов детали, принимаем $n = 75 \text{ мин}^{-1}$ [7];

$S_{поп}$ – поперечная подача на оборот детали, принимаем $S_{поп} = 0,036$ мм

Основное время:

$$T_o = \frac{0,1 \cdot 1,4}{75 \cdot 0,036} = 0,05 \text{ мин}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали выбираем из [5], принимаем $T_v = 2,5$ мин.

Дополнительное время определяется по формуле [5]

$$T_{доп} = \frac{T_{оп} \cdot K}{100},$$

(3.6)

где $T_{оп} = T_o + T_с$ – оперативное время, мин;

K – процентное отношение дополнительного времени к оперативному, принимаем $K = 9 \%$ [5].

$$T_{оп} = 0,26 + 2,5 = 2,75 \text{ мин}$$

$$T_{доп} = \frac{2,75 \cdot 9}{100} = 0,24 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время определяем по таблице 92 [5], принимаем $T_{пз} = 15$ мин.

Количество деталей в партии определяем по формуле [5]

$$n = \frac{T_{пз \text{ вед.}}}{K} \cdot T_{шт \text{ вед.}},$$

(3.7)

где $T_{пз \text{ вед.}}$, $T_{шт \text{ вед.}}$ – подготовительно-заключительное и штучное время ведущей операции, ч;

K – коэффициент, зависящий от типа производства.

Ведущей операцией является электродуговое напыление, где $T_{пз \text{ вед}} = 0,1$ ч, $T_{шт \text{ вед}} = 0,27$ ч, $K = 0,15$ – для мелкосерийного производства.

$$n = 0,1 / 0,15 \cdot 0,27 = 2,46 \approx 3 \text{ вала в партии.}$$

Определяем штучно-калькуляционное время на шлифование:

$$T_n = 0,26 + 2,5 + 0,24 + \frac{15}{3} = 9,4 \text{ мин}$$

Произведем нормирование операции напыления вала.

Длина посадочного места составляет $L = 30$ мм при диаметре $D = 65$ мм.

Штучно-калькуляционное время определяем по формуле [5]

$$T_n = (T_o + T_{с1} + T_{с2} + T_{с3}) \cdot [1 + 0,1(\alpha_{об} + \alpha_{отл})], \quad (3.8)$$

где $T_{с1}$ – вспомогательное время, связанное с осмотром и протиркой поверхности детали перед напылением, мин;

$T_{в2}$ – вспомогательное время, связанное с обезжириванием поверхности детали растворителем перед напылением, мин;

$T_{в2}$ – вспомогательное время, связанное с установкой, поворотом и снятием детали, мин;

$\alpha_{об}$ - время на отдых и личные надобности, мин;

$\alpha_{отл}$ - время обслуживания рабочего места, мин.

Основное время определяем по формуле [5]

$$T_o = [6\pi \cdot d(L + y)h \cdot i \cdot \gamma] / (10^5 q \cdot K_n) \quad (3.9)$$

где d – диаметр напыляемой поверхности, мм;

L – длина напыляемой поверхности, мм;

y – перебег металлизатора, $y = 0,4$ мм при $L = 30-100$ мм [5];

h – толщина напыляемого слоя, мм;

γ - плотность напыленного металла, принимаем $\gamma = 7,8$ г/см³ [5];

i – число проходов;

q – производительность металлизатора, принимаем $q = 12$ кг/ч

$K_n = 0,7 - 0,8$ – коэффициент напыления, принимаем $K_n = 0,8$ [5].

Толщину напыляемого слоя определяем по формуле [5]

$$h = \frac{d_{ном} - d_{изн}}{2} + b = \frac{65 - 67,9}{2} + 0,39 = 1,4 \text{ мм} \quad (3.10)$$

где $d_{ном}$ – номинальный диаметр вала, мм;

$d_{изн}$ – изношенный диаметр, мм;

b – припуск на шлифование, принимаем $b = 0,39$ мм [5].

Основное время напыления :

$$T_o = [6 \cdot 3,14 \cdot 70(30 + 0,8)1,4 \cdot 1 \cdot 7,8] / (10^5 \cdot 12 \cdot 0,8) = 0,46 \text{ мин}$$

Определяем оперативное время:

$$T_{on} = 2,3 + 13,9 = 16,2 \text{ мин}$$

Определяем время на отдых и на обслуживание рабочего места по формулам [5]

$$\alpha_{об} = 0,3 \cdot T_{он} = 4,86 \text{ мин}$$

(3.11)

$$\alpha_{отл} = 0,4 \cdot T_{он} = 6,48 \text{ мин}$$

(3.12)

Штучно-калькуляционное время на напыление:

$$T_n = (2,3 + 5 + 6,4 + 2,5) \cdot [1 + 0,1(4,86 + 6,48)] = 34,57 \text{ мин}$$

4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО МЕТАЛЛИЗАТОРА

В нашей стране получило развитие главным образом электродуговая металлизация. Ремонтные предприятия различных отраслей промышленности первые в мире широко применили способ электродуговой металлизации для восстановления и упрочения изношенных деталей машин.

Электродуговые металлизаторы серийно выпускаются в двух вариантах: ручные (аппараты ЭМ-3, ЭМ-9) и стационарные (ЭМ-6, ЭМ-12, МЭС-1), устанавливаемые на суппорте токарного станка. Технические характеристики, которых приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Технические характеристики электродуговых аппаратов

Параметры	Аппараты			
	ЭМ-3	ЭМ-9	ЭМ-6	ЭМ-14
1	2	3	4	5
Максимальная производительность при напылении, кг/ч	2,4	5	12	40
Диаметр проволоки, мм	1-2	1,2-2	1,5-2,5	1,5-3
Напряжение тока, В	20-30	20-30	25-30	25-40
Величина тока, А	до 150	-	до 300	до 400
Давление сжатого воздуха, МПа	0,3-0,6	0,4-0,6	0,4-0,5	0,4-0,6
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	1,2	1,1	0,8-0,9	0,7-0,6
Привод механизма подачи	Воздушная		Электродвигатель	

проволоки	турбина		ДТ-75	
Скорость подачи проволоки, м/мин	2,5	-	0,75-4,5	3,8-14,2

Особенностью этих электродуговых металлизаторов является то, что струя сжатого воздуха рассекается электродными проволоками на два потока, подаваемых в очаг плавления. В каждом из этих потоков образуется своя ось наиболее плотного насыщения факела распыленными металлическими частицами.

Для обеспечения более качественного наносимого покрытия восстанавливаемой детали, повышения производительности процесса металлизации, повышения экономичности и упрощения конструкции металлизатора необходимо усовершенствовать электродуговой металлизатор.

Проанализировав существующие конструкции электродуговых металлизаторов и патентную документацию, установили, что все рассмотренные устройства для восстановления деталей имеют общий недостаток – это неравномерность расплавления электродных проволок, из-за разности температур в электродах.

Для устранения этого недостатка, в качестве прототипа для проектируемого электродугового металлизатора выбираем конструкцию по А.С. № 1692665, отличающийся тем, что устройство имеет автономное регулирование скорости движения электродных проволок.

4.2 Устройство и принцип работы

Общий вид разработанного электродугового металлизатора приведен на листе графической части.

Электродуговой металлизатор состоит из следующих узлов: подающего механизма 4 электродной проволоки, привода 1 с электродвигателем 3 и рамы 2.

Принцип работы состоит в следующем. Напыляемые электродные проволоки с помощью подающего механизма подводятся через токоподводящие направляющие трубки в распылительное сопло, где в точке схождения электродов возбуждается электрическая дуга, которая расплавляет материал проволок. Сжатым воздухом из воздушного сопла расплавленный металл распыляется на поверхность детали.

Для регулировки скорости подачи электродной проволоки регулирующую гайку 7 устанавливают в такое положение, которое обеспечивает подачу электродной проволоки с разной скоростью, соответствующей скорости ее плавления. Изменение скорости подачи одной из проволок осуществляется смещением конусного ролика 6 посредством регулировочной гайки вдоль оси перемещения 3.

4.3 Расчет привода электродугового металлизатора

Кинематический расчет привода.

Определяем частоту вращения ведущего вала подающего механизма по формуле [10]

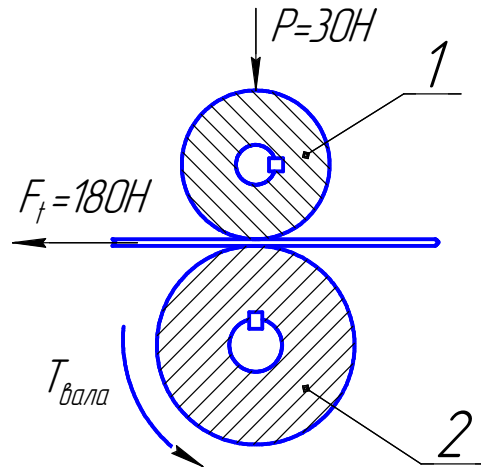
$$n = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (4.1)$$

где V – скорость подачи электродных проволок, принимаем $V = 0,75 \dots 4,5$ м/мин (таблица 4.1);

d – диаметр подающего ролика, принимаем ориентируясь на конструкцию электродугового металлизатора ЭМ-6 $d = 60$ мм.

$$n = \frac{60 \cdot 1000 \cdot (0,0125 \dots 0,075)}{3,14 \cdot 60} = 3,48 \dots 28,9 \text{ мин}^{-1}.$$

Определяем крутящий момент на ведущем валу подающего механизма [10]



1 – ролик прижимной, 2 – ролик подающий.

Рисунок 4.1 Расчетная схема определения крутящего момента вала.

$$T_{\text{вала}} = F_t \cdot \frac{d}{2}, \quad (4.2)$$

где F_t – сила натяжения электродной проволоки, Н. Экспериментально полученная на электродуговом металлизаторе ЭМ-6 на две проволоки составляет $F_t = 360$ Н.

$$T_{\text{вала}} = 360 \cdot \frac{0,06}{2} = 10,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Определяем потребную мощность по формуле [10]

$$P_{\text{потр}} = \frac{T_{\text{вала}} \cdot \omega_{\text{вала}}}{\eta_0}, \quad (4.3)$$

где $\omega_{\text{вала}}$ – угловая скорость вала, с^{-1} ;

η_0 – КПД привода;

Угловую скорость ведущего вала определяем по формуле [10]

$$\omega_{\text{вала}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{вала}}}{30} = \frac{3,14 \cdot (3,48...28,9)}{30} = 0,36...3,2 \text{с}^{-1}, \quad (4.4)$$

КПД привода [10]

$$\eta_0 = \eta_{\text{к.п.}} \cdot \eta_{\text{ц.п.}} \cdot \eta_{\text{под.}}^3 = 0,97 \cdot 0,97 \cdot 0,99^3 = 0,91, \quad (4.5)$$

где $\eta_{\text{к.п.}} = 0,97$ – КПД конической передачи [10];

$\eta_{\text{ц.п.}} = 0,97$ – КПД цилиндрической передачи [10];

$\eta_{\text{под.}} = 0,99$ – КПД подшипников на валах привода [10].

$$P_{\text{номр}} = \frac{10,8 \cdot (0,36...3,2)}{0,91} = 4,3...37,9 \text{Вт}.$$

Применяем для подающего механизма существующий привод электродугового металлизатора ЭМ-6. Для привода выбираем электродвигатель марки ДТ-75, технические характеристики которого:

- номинальная мощность – 0,18 кВт;
- частота вращения вала двигателя – 1000 мин^{-1} .

4.4 Расчет деталей электрометаллизатора

Диаметр ведущего вала определяем по пониженным допустимым напряжениям кручения без учета влияния изгиба по формуле [11]

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot [\tau_k]}}, \quad (4.6)$$

где $[\tau_k]$ – допустимые напряжения кручения, принимаем $[\tau_k] = (15 \dots 20)$ МПа – для валов из сталей 40, 45 [11].

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 5,4 \cdot 10^3}{3,14 \cdot [15 \dots 20]}} = 9,8 \dots 8,7 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр вала из стандартного ряда $d = 10$ мм.

Проведем проверочный расчет ведущего вала d .

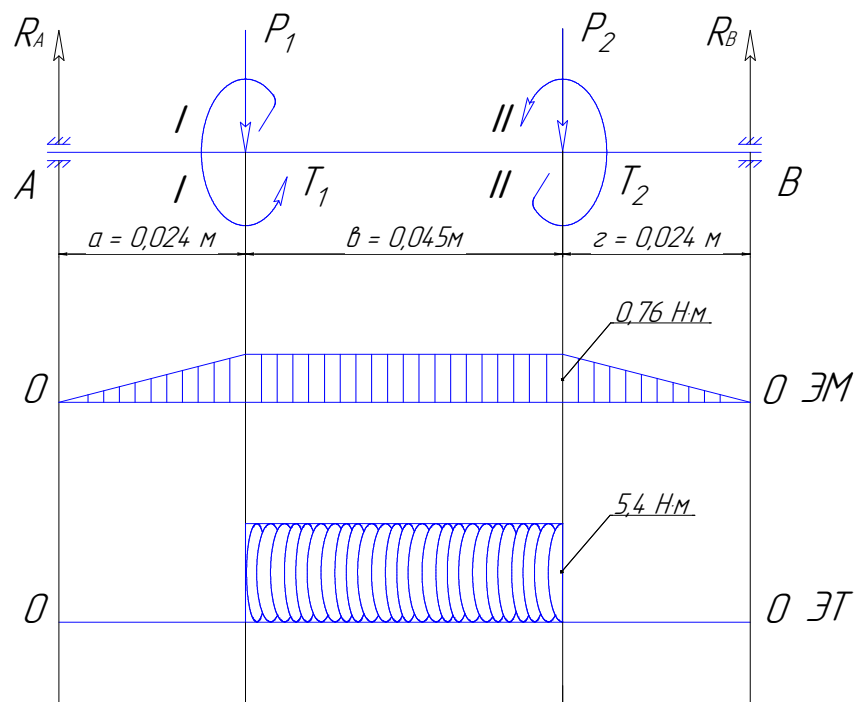


Рисунок 4.2 Расчетная схема ведущего вала.

Определяем сумму моментов относительно точки А и В:

$$\Sigma m_A = P_1 \cdot a + P_2 \cdot (a + b) - R_B \cdot (a + b + z) - T_1 + T_2 = 0, \quad (4.7)$$

$$\Sigma m_B = R_A \cdot (a + b + z) - P_1 \cdot (b + z) - P_2 \cdot b - T_1 + T_2 = 0, \quad (4.8)$$

Найдем реакции опор относительно точек А и В:

$$R_A = \frac{P_1 \cdot \vartheta + P_2 \cdot (\vartheta + \varepsilon) - T_1 + T_2}{(a + \vartheta + \varepsilon)} =$$

$$= \frac{30 \cdot 0,024 + 30 \cdot (0,024 + 0,045) - 5,4 + 5,4}{(0,024 + 0,045 + 0,024)} = 30H, \quad (4.9)$$

$$R_B = \frac{P_1 \cdot a + P_2 \cdot (a + \vartheta) + T_1 - T_2}{(a + \vartheta + \varepsilon)} =$$

$$= \frac{30 \cdot 0,024 + 30 \cdot (0,024 + 0,045) + 5,4 - 5,4}{(0,024 + 0,045 + 0,024)} = 30H, \quad (4.10)$$

Проводим проверку:

$$R_A + R_B - P_1 - P_2 = 30 + 30 - 30 - 30 = 0, \quad (4.11)$$

Определяем изгибающий момент в сечениях вала:

$$M_{изг\text{б}}^{1-1} = P_1 \cdot a = 30 \cdot 0,024 = 0,72H \cdot м \quad (4.12)$$

$$M_{изг\text{б}}^{11-11} = P_2 \cdot \varepsilon = 30 \cdot 0,024 = 0,72H \cdot м \quad (4.13)$$

Опасным для ведущего вала является сечения I – I и II – II, где действуют силы $P_1 = P_2 = 30$ Н. Выполняем проверочный расчет, в определении коэффициентов запаса прочности s в опасных сечениях [11]

$$s = \frac{s_\sigma \cdot s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}}, \quad (4.14)$$

Расчетное значение s не должно быть ниже допускаемого $[s] = 2,5$ МПа.

Коэффициент запаса прочности по нормальным напряжениям [11]

$$s_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma} \cdot \beta} \cdot \sigma_v + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m}, \quad (4.15)$$

где σ_{-1} – предел выносливости стали, $\sigma_{-1} = 0,43\sigma_B$ - для углеродистых сталей, $\sigma_{-1} = 0,43 \cdot (650 \dots 750) = 280 \dots 322$ МПа;

k_{σ} – эффективный коэффициент концентрации нормальных напряжений, принимаем $k_{\sigma} = 1,6$ [11];

ε_{σ} – масштабный фактор для нормальных напряжений, принимаем $\varepsilon_{\sigma} = 0,92$ [11];

β – коэффициент учитывающий влияние шероховатости поверхности: при $R_a = 0,32 \dots 2,5$ мкм $\beta = 0,97 \dots 0,9$, принимаем $\beta = 0,92$ [11];

σ_v – амплитуда цикла нормальных напряжений, равная наибольшему напряжению изгиба, $\sigma_v = M / (0,1 \cdot d^3) = 0,46 \cdot 10^3 / (0,1 \cdot 10^3) = 4,6$ МПа;

ψ_{σ} – коэффициент, при $\sigma_B = 650 \dots 750$ МПа принимают $\psi_{\sigma} = 0,2$ [11];

σ_m – среднее напряжение цикла нормальных напряжений, $\sigma_m = 0$ так как осевая нагрузка на вал пренебрежимо мала.

$$s_{\sigma} = \frac{280 \dots 322}{\frac{1,6}{0,92 \cdot 0,92} \cdot 4,6 + 0,2 \cdot 0} = 59 \dots 68 \text{ МПа}.$$

Коэффициент запаса прочности по касательным напряжениям [11]

$$s_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau} \cdot \beta} \cdot \tau_v + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}, \quad (4.16)$$

где τ_{-1} – предел выносливости стали, $\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1}$ - для конструкционных сталей, $\tau_{-1} = 0,58 \cdot (280 \dots 322) = 162 \dots 187$ МПа [11];

$$\tau_v = \tau_m = \frac{0,5 \cdot T}{W_\kappa} = \frac{0,5 \cdot 5,4}{0,16} = 16,8 \text{ МПа}, \quad (4.17)$$

где W_κ – момент сопротивления кручению, мм^3 .

$$W_\kappa = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 (d - t_1)^2}{2d} = \frac{3,14 \cdot 10^3}{16} - \frac{5 \cdot 3(10 - 3)^2}{20} = 160 \text{ мм}^3, \quad (4.18)$$

Остальные обозначения имеют тот же смысл, с разницей, что они относятся к напряжениям кручения.

$$s_\tau = \frac{162 \dots 187}{\frac{1,5}{0,83 \cdot 0,92} \cdot 16,8 + 0,1 \cdot 16,8} = 17 \dots 20 \text{ МПа}$$

$$s = \frac{60 \cdot 18}{\sqrt{60^2 + 18^2}} = 17,3 \text{ МПа} \geq [s] = 2,5$$

Прочностное условие вала выполняется. Окончательно диаметр вала принимаем $d = 10$ мм.

Расчет шпонки.

Для вала $d = 10$ мм принимаем шпонку по ГОСТ 23360-78.

Размеры шпонки: $b = 5$ мм, $h = 5$ мм, фаска $0,25 \dots 0,4$ мм;

Глубина паза: на валу $t_1 = 3$ мм, в ступице $t_2 = 2,3$ мм [10].

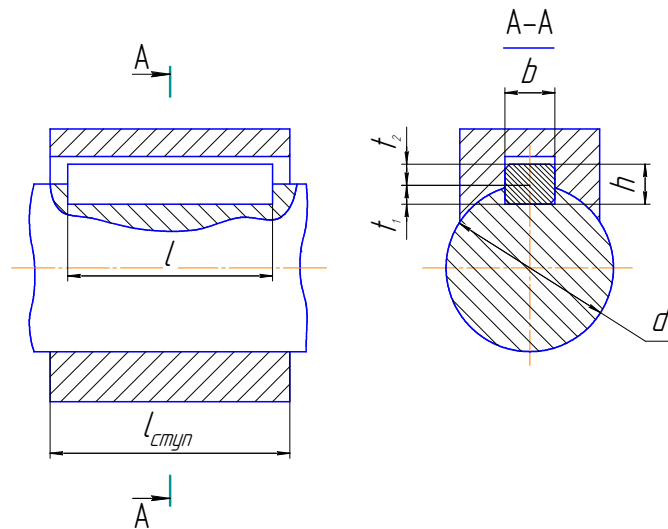


Рисунок 4.3 Расчетная схема шпонки.

Определяем длину шпонки по формуле:

$$l_{\text{шп}} = l_{\text{скуп}} - (5 \dots 10) = 19 - (5 \dots 10) = 14 \dots 9 \text{ мм}, \quad (4.19)$$

По стандарту принимаем 12 мм.

Выполняем проверочный расчет шпоночного соединения на прочность по напряжениям смятия:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T}{d_e \cdot l_p (h - t_1)} = \frac{2 \cdot 1,47 \cdot 10^3}{10 \cdot (5 - 3) \cdot 7} = 21 \text{ МПа} \leq 110 \dots 190 \text{ МПа}, \quad (4.20)$$

где l_p – рабочая длина шпонки, мм.

$$l_p = l_{\text{шп}} - b = 12 - 5 = 7 \text{ мм},$$

(4.21)

Следовательно, условие прочности выполняется.

Выбор подшипников.

Для вала с диаметром $d = 10$ мм назначаем шариковый радиальный однородный подшипник 100 ГОСТ 8338-75, у которого габаритные размеры

$d = 10 \text{ мм}$, $D = 26 \text{ мм}$, $B = 8 \text{ мм}$, базовая грузоподъемность $C = 4620 \text{ Н}$ [10].

Данный подшипник восприимчив к осевым нагрузкам.

По рассчитанным данным делаем компоновку и вычерчиваем сборочный чертеж подающего механизма электродугового металлизатора, размеры остальных деталей принимаем конструктивно. Сборочный чертеж подающего механизма приведен на листе МС45.046410.000СБ.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Негативные и опасные факторы при работе с электродуговым металлизатором

Основные опасные факторы при работе с ЭДМ:

- 1 – подвижные части оборудования;
- 2 – повышенный уровень электрического напряжения;
- 3 – повышенный уровень вибрации и шума;
- 4 – производственные излучения дуги (световые);
- 5 – загазованность, запыленность.

5.2 Мероприятия по улучшению охраны труда и разработка комплексных решений

Для снижения травматизма на производстве при проведении сварочно-наплавочных работ к которым относится металлизация 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.

Запрещается подтягивать резьбовые элементы разъемных соединений распылительной головки, находящийся под давлением сжатого воздуха.

Запрещается регулировать режим работы металлизатора (скорость подачи проволоки, ее прижатие пластинами) работающего под напряжением.

Работа металлизаторов сопровождается шумом, световызлучением электрической вольтовой дуги, выделением значительного количества металлической пыли. Указанные факторы обуславливают необходимость строгого соблюдения «Правил техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах».

При защите от излучения дуги следует учитывать, что спектральный состав излучения зависит от рода защитного газа и свариваемого металла. Так, спектр

наибольшей интенсивности излучения при электроконтактной приварке лежит в области больших длин дуг, чем при плазменной наплавке. Поэтому при электроконтактной приварке излучение оказывает более слабое биологическое воздействие, чем при плазменной наплавке.

Сварщик должен работать в брезентовом костюме, рукава должны быть наглухо застегнуты, а брюки выпущены поверх обуви. При работе в хлопчатобумажном костюме необходимо пользоваться брезентовым фартуком. Для защиты рук сварщик должен работать в брезентовых или кожаных перчатках или рукавицах. Для защиты глаз и лица используют маску или щиток с защитным стеклом. Защитные стекла изготавливают из стекла марки ТС-3, которое полностью поглощает ультрафиолетовое излучение с длинами волн 2000...4000 λ . Из стекла ТС-3 изготавливают светофильтры четырех классов: Э-1, Э-2, Э-3 и Э-4, отличающиеся по толщине и оптической плотности. Выбирают стекла по величине сварочного тока. При наплавочных работах сила тока составляет от 80 до 300 А. В этом случае рекомендуется использовать фильтры Э-2 (при токах от 80 до 200 А) или Э-3 (при токах от 200 до 300 А.)

Для защиты подсобных рабочих, работающих вместе со сварщиками, рекомендуется использовать защитные очки с более светлыми светофильтрами, изготавливаемых из стекла ТС-1 или ТС-8. Из них изготавливают светофильтры трех классов, отличающихся по оптической плотности. Если на открытом участке одновременно работает несколько сварщиков, то для защиты их от дуги рекомендуется пользоваться переносными ширмами. В вечернее и ночное время рабочее место сварщика должно хорошо освещаться, поскольку частые и резкие переходы от света к темноте утомляют глаза сварщика.

При осуществлении предложенного технологического процесса происходит выделение вредных газов и пыли. К ним относятся: отдельные компоненты сгоревших газов, которые могут попасть в дыхательные пути человека; возникновение вредной пыли при проведении напыления и при работе шлифования; в связи с этим предусматривается принудительная вентиляция, которая должна иметь устройства для пылеулавливания и периодической

очистки. Очистка пылеуловителей должна выполняться в конце каждой смены, а вентиляторов и внутренних полостей воздуховодов – один раз в неделю.

Свинцовая, кадмиевая, медная и цинковая пыли весьма ядовиты. Поэтому при нанесении покрытий из этих металлов и их сплавов необходимо соблюдать дополнительные меры предосторожности:

- выполнять работы в спецодежде из плотной ткани. По окончании работы спецодежда должна быть очищена от пыли;
- принимать пищу и курить только после тщательного мытья рук и лица.

Рабочее место на участке металлизации должно быть оборудовано местной вытяжной вентиляцией.

5.2 Расчет местного вентиляционного устройства

В связи с тем, что при наплавке происходит образование большого количества вредных газов, возникает необходимость установки местного вентиляционного устройства

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, $\text{м}^3/\text{ч}$

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

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

V_O – объем помещения, м^3 .

Для расчета площади используем формулу [15]

$$F = F_{OB} \cdot \nu, \quad (5.3)$$

где F_{OB} – площадь занимаемая оборудованием, $F_{OB} = 2 \text{ м}^2$;

ν - коэффициент, учитывающий рабочие зоны и проходы,

$\nu = 5.5$.

$$F = 2 \cdot 5.5 = 11 \text{ м}^2$$

$$V_O = 11 \cdot 2,5 = 27,5 \text{ м}^3$$

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

$$K = 4 \dots 5 \text{ 1/ч}$$

$$W = 27,5 \cdot 5 = 137,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$W_B = 2 \cdot 137,5 = 275 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Рассчитываются потери напора на прямых участках труб:

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

где φ_t - коэффициент, учитывающий сопротивление труб (для железных труб $\varphi_t = 0,02$);

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

ρ_B - плотность воздуха, $\rho_B = 1,2 \text{ кг/м}^3$ при 15°C ;

l_T – длина участка трубы, м;

d_T – принятый диаметр труб на участке, м.

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

$$l_2 = 1,1 \text{ м} \quad H_{1\text{II}} = \frac{0,02 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,25} = 3,38 \text{ Па}$$

$$l_2 = 3 \text{ м} \quad H_{2\text{II}} = \frac{0,02 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,25} = 9,22 \text{ Па};$$

$$l_3 = 2,3 \text{ м} \quad H_{3\text{II}} = \frac{0,02 \cdot 2,3 \cdot 1,2 \cdot 8^2}{2 \cdot 0,25} = 7,07 \text{ Па};$$

Рассчитываются местные потери напора в переходах

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

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

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

$$H_{1M} = H_{2M} = 42,2 \cdot 2 = 84,4 \text{ Па}$$

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

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

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

где $H_{\text{в}}$ – напор вентилятора, Па

$$H_{\text{л}} = 3,38 + 9,22 + 7,07 + 84,4 = 104,7 \text{ Па}$$

По номограмме выбирается номер вентилятора $N_{\text{в}} = 2,5$;

$$\eta_{\text{в}} = 0,56; A = 2500; Ц4 - 70$$

Вычисляется частота вращения вала вентилятора

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

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

Рассчитывается мощность электродвигателя для вентилятора

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

где $H_{\text{в}}$ – полное давление вентилятора, Па;

$W_{\text{в}}$ – производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{ч}$

$\eta_{\text{п}}$ - 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 $\eta_{\text{п}} = 0,90$

$$P_{\text{э.д}} = \frac{104,7 \cdot 275}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,56 \cdot 0,90} = 0,2 \text{ кВт}$$

По ГОСТ 15150-69 выбираем марку электродвигателя исполнения УЗ, тип 4А63В6УЗ 0,25 кВт, 890 об/мин. С целью уменьшения шума создаваемого вентиляционной системой следует добиваться следующих условий:

$$\Pi \cdot D_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}} < 1800 ,$$

где $D_{\text{в}}$ – диаметр рабочего колеса вентилятора, $D_{\text{в}} = 0,25 \text{ м}$

$$3,14 \cdot 0,25 \cdot 890 = 698 < 1800$$

Выбранный вентилятор отвечает всем заданным требованиям.

Таким образом, был произведен расчет местного вентиляционного устройства для обеспечения нормальной вентиляции на рабочем месте при металлизации.

6 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.

$$C_k = 5 \cdot 200 = 1000 \text{ руб.}$$

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]

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

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

C_d – дополнительная заработная плата, руб.;

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

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

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

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

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

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

$$C_{\text{пр}} = 90 \cdot 5 \cdot 1,03 = 463 \text{ руб.}$$

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

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

$$C_{\text{доп}} = \frac{10 \cdot 463}{100} = 46,3 \text{ руб}$$

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

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

$$C_{\text{соц}} = \frac{4,4 \cdot (463 + 46,3)}{100} = 22,4 \text{ руб}$$

$$C_{\text{зп}} = 463 + 46,3 + 22,4 = 531 \text{ руб.}$$

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

$$C_m = \Pi \cdot Q_3, \quad (6.8)$$

где Π – 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;

$$Q_{\text{заг}} = \frac{15}{0,8} = 18,75 \text{ кг.}$$

$$C_m = 18,75 \cdot 110 = 2062 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{од}} = 531 + 2062 = 2593 \text{ руб.}$$

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.

$$C_{\text{сб}} = 3 \cdot 90 \cdot 1,03 = 278,1 \text{ руб.}$$

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

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

$$C_{\text{д.сб}} = \frac{10 \cdot 278,1}{100} = 27,81 \text{ руб.}$$

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

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

$$C_{\text{соц.сб}} = \frac{4,4(278 + 27,81)}{100} = 13,45 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{зп.сб.п}} = 278 + 27,81 + 13,45 = 319,26 \text{ руб.}$$

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, ($\Pi_{\text{оп}} = 69,5$).

$$C_{\text{оп}} = \frac{463 \cdot 69,5}{100} = 321 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{констр}} = 1000 + 2593 + 2500 \cdot 1,5 + 278,1 + 321 = 7942 \text{ руб.}$$

Таблица 6.1 Исходные данные для расчета технико-экономических показателей конструкции

№п/п	Наименование	Ед.измерения	Знач. показателя	
			исходный	проектир.
1	Масса конструкции	кг	16	14
2	Балансовая стоимость	руб	16960	7942
3	Потребляемая мощность	кВт	8	8
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	115	115
10	Время 1 цикла	ч	0,2	0,1

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.

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

$$W_{\text{ч}0} = \frac{60 \cdot 0,6}{12} = 3 \text{ шт/час}$$

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

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.

$$M_{\text{с}0} = \frac{16}{3 \cdot 115 \cdot 5} = 0,009 \text{ кг/шт}$$

$$M_{\text{с}1} = \frac{14}{6 \cdot 115 \cdot 5} = 0,004 \text{ кг/шт}$$

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.

$$F_{\text{с}0} = \frac{16960}{3 \cdot 108} = 52,34 \text{ руб./шт}$$

$$F_{\text{с}1} = \frac{7942}{6 \cdot 108} = 12,2 \text{ руб./шт}$$

Трудоемкость процесса находится из выражения [4]:

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

где n_p – количество рабочих, чел.

$$T_{e1} = \frac{1}{3} = 0,33 \text{ чел. ч/шт}$$

$$T_{e1} = \frac{1}{6} = 0,16 \text{ чел. ч/шт}$$

Себестоимость работы определяется по формуле [4]:

$$S = C_{зп} + C_{э} + C_{пто} + A. \quad (6.19)$$

Затраты на заработную плату определяются по формуле [4]:

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

$$C_{зп0} = 90 \cdot 0,33 = 29,7 \text{ руб./шт}$$

$$C_{зп1} = 90 \cdot 0,16 = 14,4 \text{ руб./шт}$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле [4]:

$$C_{э} = C_{э} \cdot \mathcal{E}_e, \quad (6.21)$$

где $C_{э}$ – комплексная цена электроэнергии, руб./кВт.

$\mathcal{E}_e$ - энергоемкость процесса , кВт/шт

Энергоемкость процесса определяется из выражения [4]:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_z}, \quad (6.22)$$

где N_e – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

W_z – часовая производительность конструкции; ед./ч.

$$\mathcal{E}_{e0} = \frac{8}{3} = 2,66 \text{ кВт/шт}$$

$$\mathcal{E}_{e1} = \frac{8}{6} = 1,33 \text{ кВт/шт}$$

$$C_{э0} = 2,81 \cdot 2,66 = 7,47 \text{ руб/кВт}$$

$$C_{э1} = 2,81 \cdot 1,33 = 3,73 \text{ руб/кВт},$$

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, %.

$$C_{\text{рто0}} = \frac{16960 \cdot 8}{100 \cdot 3 \cdot 115} = 3,93 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$C_{\text{рто1}} = \frac{7942 \cdot 8}{100 \cdot 6 \cdot 115} = 0,92 \text{ тыс. руб./шт}$$

Амортизационные отчисления по конструкции опред-ся 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 %.

$$A_0 = \frac{16960 \cdot 13}{100 \cdot 3 \cdot 115} = 6,39 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$A_1 = \frac{7942 \cdot 13}{100 \cdot 6 \cdot 115} = 1,49 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$S_0 = 29,7 + 7,47 + 3,93 + 6,39 = 47,49 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$S_1 = 14,4 + 3,73 + 0,92 + 1,49 = 20,54 \text{ тыс. руб./шт}$$

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.

$$C_{\text{прив0}} = 47,49 + 0,15 \cdot 52,34 = 55,341 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$C_{\text{прив1}} = 20,54 + 0,15 \cdot 12,2 = 22,37 \text{ тыс. руб./шт}$$

Годовая экономия определяется по формуле [4]:

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

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (47,49 - 20,54) \cdot 6 \cdot 115 = 18623 \text{ тыс. руб}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле [4]:

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

где ΔK – дополнительные капитальные вложения, руб. ($\Delta K = F \text{ е1}$)

$$E_{\text{год}} = 18623 - 0,15 \cdot 52,34 = 18615 \text{ тыс. руб}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле [4]:

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

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{7942}{18623} = 0,42 \text{ года}$$

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

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

$$E_{\text{эф}} = \frac{18623}{7942} = 2,34$$

Таблица 6.2 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций

№ пп	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект в % к базовому
1	Часовая производительность, ед/ч	3	6	200
2	Фондоемкость процесса, руб./ед	52,34	12,2	23
3	Энергоемкость процесса, кВт/ед	2,66	1,33	-
4	Металлоемкость процесса, кг/ед	0,009	0,004	44
5	Трудоемкость процесса, чел*ч/ед	0,33	0,16	48
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./ед	6,39	1,49	23
7	Уровень приведенных затрат, руб./ед	55,34	22,37	40
8	Годовая экономия, руб.	-	18623	-
9	Годовой экономический эффект, руб.	-	18615	-
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	-	0,42	-
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	-	2,34	-

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 подшипник валов ведущей звездочки позволяет снизить себестоимость продукции, так затраты на восстановление значительно ниже новой детали.

Предлагаемая конструкция металлизатора позволяет существенно повысить качество восстанавливаемых поверхностей. Срок окупаемости капитальных вложений, от внедрения металлизатора составляет 0,42 года, экономический эффект 18615 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.
- .