

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление: 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль: Технический сервис в АПК

Кафедра: Эксплуатация и ремонт машин

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: Проект организации технологического процесса восстановления первичного вала трактора ДТ-75М с разработкой кантователя для ремонта коробки передач

Шифр: ВКР 35.03.06.126.18 КДР.00.00.00.ПЗ

Студент 242 группы

Каримов М.Ф.

подпись

Руководитель д.т.н., профессор

Адигамов Н.Р.

подпись

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 19 от 13 июня 2018 г.)

Зав. кафедрой д.т.н., профессор

Адигамов Н.Р.

ученое звание

подпись

Казань – 2018 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление: 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль: Технический сервис в АПК

Кафедра: Эксплуатация и ремонт машин

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

_____/Адигамов Н.Р./

« 24 » мая 2018 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Каримову М.Ф.

Тема ВКР: Проект организации технологического процесса восстановления первичного вала трактора ДТ-75М с разработкой кантователя для ремонта коробки передач

утверждена приказом по вузу от « 24 » мая 2018 г. № 169

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 18.06.2018

3. Исходные данные: Годовые отчеты, производственно-финансовый план, материалы, собранные в период преддипломной практики по данной теме, а также новые технические решения (А.С., патенты, статьи и др.).

4. Перечень подлежащих разработке вопросов: 1. Литературно – патентный обзор кантователей и анализ работы сопряжения; 2. Определить закономерность износа и процент восстанавливаемых деталей; 3. Разработать технологический процесс восстановления первичного вала КПП; 4. Разработать кантователь для ремонта коробки передач; 5. Разработать мероприятия по безопасности жизнедеятельности; 6. Произвести технико-экономическую оценку конструкции.

5. Перечень графических материалов: Лист 1 – Закономерности изнашивания первичного вала КПП. Лист 2 – Ремонтный чертеж первичного вала. Лист 3 – Технологические карты на восстановление. Лист 4, 5 – Сборочный чертеж кантователя для ремонта коробки передач. Лист 6 – Рабочие чертежи деталей.

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Безопасность жизнедеятельности	Доцент Гаязиев И.Н.
Конструктивная часть	Доцент Марданов Р.Х.

7. Дата выдачи задания 16.05.2018

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	1 раздел выпускной работы	21.05.2018	
2	2 раздел выпускной работы	24.05.2018	
3	3 раздел выпускной работы	28.05.2018	
4	4 раздел выпускной работы	04.06.2018	
5	5 раздел выпускной работы	11.06.2018	
6	6 раздел выпускной работы	16.06.2018	

Студент _____ (Каримов М.Ф.)

Руководитель ВКР _____ (Адигамов Н.Р.)

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе Каримова М.Ф. на тему «Проект организации технологического процесса восстановления первичного вала трактора ДТ-75М с разработкой кантователя для ремонта коробки передач».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на листах машинописного текста и графической части на 5 листах формата А1.

Записка состоит из введения, шести разделов, заключения и включает — рисунков и таблиц. Список использованной литературы содержит 28 наименований.

В первом разделе проведен литературно – патентный обзор кантователей, дано описание устройства, анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности коробки передач трактора ДТ-75М.

Во втором разделе определена закономерность износа и процент восстанавливаемых деталей.

В третьем разделе разработан технологический процесс восстановления первичного вала КПП трактора ДТ-75М, подобрано необходимое оборудование и инструмент, предложена технология восстановления вала.

В четвертом разделе разработан кантователь для ремонта коробки передач.

В пятом разделе спроектированы мероприятия по безопасности труда.

В шестом разделе подсчитано экономическое обоснование кантователь для ремонта коробки передач.

В конце приведены общие выводы по выпускной работе.

ABSTRACT

to the final qualifying work of Karimov M. F. on "the project of the organization of technological process of restoration of the primary shaft of the tractor DT-75M with the development of the tilter for the repair of the gearbox".

The final qualifying work consists of an explanatory note on the sheets of typewritten text and graphic part on 5 sheets of A1 format.

The note consists of an introduction, six sections, conclusion and includes ___ figures and tables. The list of references contains 28 titles.

In the first section, a literary and patent review of tilters, a description of the device, analysis of work and characteristics of the causes of loss of performance of the gearbox of the tractor DT-75M.

In the second section, the pattern of wear and the percentage of parts to be restored is determined.

In the third section, the technological process of restoring the primary shaft of the tractor gearbox DT-75M was developed, the necessary equipment and tools were selected, the shaft recovery technology was proposed.

In the fourth section developed a tilter to repair the gearbox.

In the fifth section, safety measures are designed.

In the sixth section, the economic justification of the tilter for gearbox repair is calculated.

At the end, the General conclusions on the final work are given.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
1. ЛИТЕРАТУРНО – ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР КАНТОВАТЕЛЕЙ И АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЯ	
1.1 Общие сведения	
1.2 Обзор существующих конструкций.....	
1.3 Описание устройства, анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности коробки передач ДТ-75М	
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДЕФЕКТАЦИИ ПЕРВИЧНОГО ВАЛА ТРАКТОРА ДТ - 75М.....	
2.1 Разработка карты технологического процесса дефектации первичного вала трактора ДТ - 75М	
2.2 Микрометраж первичного вала КПП трактора ДТ - 75М	
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 первичного вала, подлежащих восстановлению вибродуговой наплавкой	
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО ВАЛА ТРАКТОРА ДТ - 75М.....	
3.1 Выбор рационального способа восстановления дефекта детали.....	
3.2 Разработка ремонтного чертежа заданной детали.....	

3.3 Расчёт и выбор параметров и режимов нанесения покрытия на деталь.....	
3.4 Техническое нормирование ремонтных работ	
4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	
4.1 Описание и принцип работы кантователя для ремонта КПП	
4.2 Расчёт стенда	
4.2.1 Энергокинематический расчет привода	
4.2.2 Расчет грузового винта.....	
4.2.3 Проверка винта на прочность по эквивалентной нагрузке	
4.2.4 Проверка винта на устойчивость.....	
4.2.5 Расчет гайки.....	
4.2.6 Определение реакций опор	
4.2.7 Проектный расчет вала.....	
4.2.8 Выбор подшипников.....	
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	
5.1 Инструкция по охране труда при работе с кантователем.....	
5.2 Экологическая безопасность.....	
5.3 Физическая культура на производстве	
6 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КАНТОВАТЕЛЯ ДЛЯ РЕМОНТА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ.....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	
СПЕЦИФИКАЦИИ	
ПРИЛОЖЕНИЕ	

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в сельскохозяйственном ремонтном производстве восстанавливают только некоторые детали. В основном выбор падает на дорогостоящие детали двигателя и КПП. Одной из такой деталью КПП является первичный вал.

Первичный вал выполняет функцию передачи крутящего момента в КПП. В процессе работы вал испытывает ударные и знакопеременные нагрузки, по этому рабочие поверхности детали подвергаются интенсивному изнашиванию.

Как правило, изношенные первичные валы при ремонте КПП выбраковывают. Предельный износ первичного вала наступает до первого капитального ремонта. Замена новыми первичным валом увеличивает расходы на запасные части.

В связи с этим одной из актуальных проблем ремонтного производства на сегодняшний день является повторное использование изношенных деталей. Отсюда возникает необходимость в разработке рационального технологического процесса восстановления первичного вала коробки передач.

1. ЛИТЕРАТУРНО – ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР КАНТОВАТЕЛЕЙ И АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЯ

1.1 Общие сведения

Одной из важнейших и трудоемких операций технологического процесса ремонта является разборка и сборка. Трудность разборки–сборки обусловлена тем, что агрегаты громоздкие и тяжелые, и без специального стенда ремонт становится трудоемким, что сказывается на времени ремонта, качестве его выполнения и безопасности его проведения.

Установлено что, при ремонте агрегата около 20–40% рабочего времени тратится на установку в удобное для сборки – разборки положение.

Автотракторный парк предприятия оснащен техникой разных марок, которые имеют различные по размерам агрегаты. Существующие стенды для разборки и сборки унифицированы не полностью, они предназначены для работы только с определенной группой агрегатов, Но годовая программа по ремонту не позволяет иметь отдельные стенды, т.к. они будут загружены не полностью и площадь участка будет использована не рационально. Поэтому для рационального использования оборудования и площади участка возникает необходимость в разработке полностью унифицированного стенда, позволяющего быстро и легко его переоборудовать.

Учитывая выше изложенное, возникает необходимость в разработке конструкции универсального стенда, позволяющей повысить производительность работы за счет сокращения времени установки на стенд и переналадку его с одного агрегата на другой. Так же стенд должен обеспечить поворот ремонтируемого изделия на 360°, т.е. рабочий должен иметь возможность повернуть изделие в любом удобном для него положении. Немаловажным фактором так же является установка ремонтируемого объекта по высоте.

Поэтому нами, в данной выпускной работе, с целью сокращения времени ремонта и уменьшении его трудоёмкости, предложен Кантователь для ремонта коробки передач.

1.2 Обзор существующих конструкций

Кантователь AD101.

Кантователь AD101 (рисунок 1.1) предназначен для разборки сборки агрегатов. Ручной, передвижной, грузоподъемность 500 кг. Возможность фиксации в 4 положениях. Угол поворота крепежного узла 360 градусов. Габаритные размеры: 1224x1020x760 мм, вес 70 кг.



Рисунок 1.1 – Кантователь AD101.

Гидравлический кантователь FJ1000

Гидравлический кантователь FJ1000 (рисунок 1.2) снабжён универсальными седлом, кронштейном и цепью, полностью регулируемые для размещения агрегатов. Ручка насоса вращается на 360 градусов. Имеется четыре поворотных колеса. Низкая конструкция рамы подходит под низкий клиренс. Специальная система безопасности предотвращает подъёмник от длительной нагрузки. Вес подъёмника 64 кг. Грузоподъёмность: 1000 кг.



Рисунок 1.2 – Гидравлический кантователь FJ1000.

Универсальный стенд Р–500 Е.

Универсальный стенд Р–500 Е (рисунок 1.3), предназначен для сборки–разборки агрегатов.

На стенде имеются универсальные адаптеры позволяющие легко установить на стенд любой двигатель, КПП, задний мост или другой узел весов до 500 кг.

Приводится во вращение от самотормозящегося червячного редуктора.

Стенд имеет поддон для сбора технических жидкостей.



Рисунок 1.3 – Универсальный стенд Р–500 Е.

Стенд WW–HV–1500 для переборки двигателей.

Стенд WW–HV–1500 для переборки двигателей (рисунок 1.4) служит для ремонта тяжелых двигателей и коробок передач. Грузоподъемность 1,5 тонны. Возможность поворота уже закрепленного двигателя на 360 градусов и регулировкой высоты (250 мм). Снабжен системой автостоп. Для крепления двигателей используются специальные адаптеры под конкретные двигатели, которые приобретаются дополнительно.

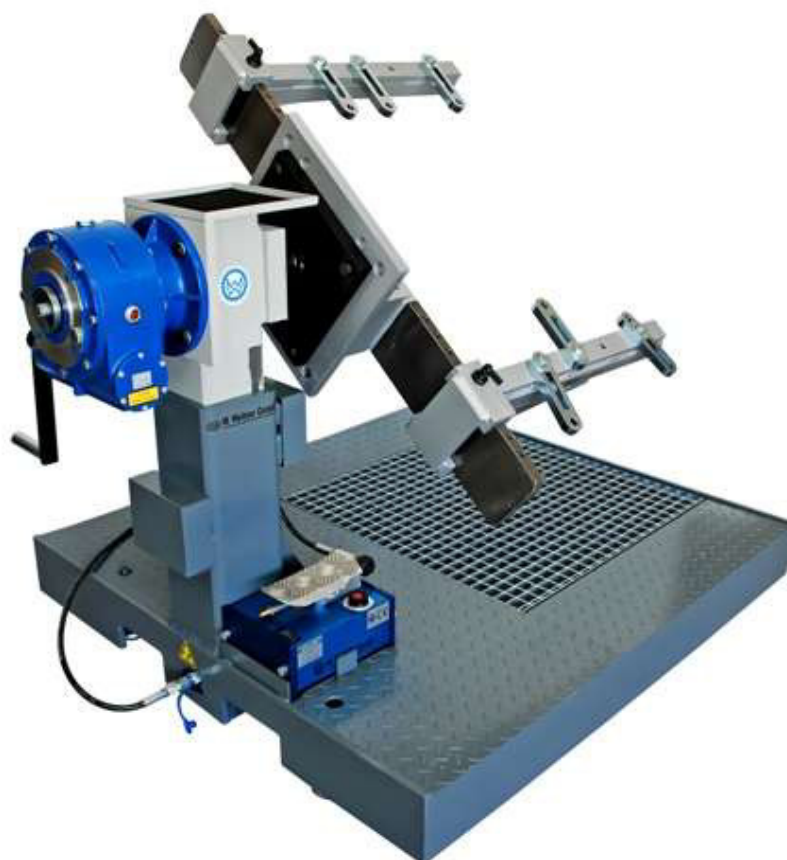


Рисунок 1.4 – Стенд для переборки двигателей WW–HV–1500.

Недостатком анализируемых станков является ограничение их использования с различными агрегатами, а так же отсутствием регулировки ремонтируемого объекта по высоте, для закрепления ремонтируемого агрегата, необходима кран балка, либо прочее подъёмно–транспортное средство.

1.3 Описание устройства, анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности коробки передач ДТ-75М

Коробка передач трактора ДТ-75М не отличается от первоначальной модификации. Здесь устанавливается семиступенчатая четырехходовая КПП. Производитель предлагает опциональную установку ходоуменьшителя или реверс-редуктора. Основная часть работы механизма выполняется шестернями постоянного зацепления. КПП обеспечивает скорость хода трактора в диапазоне 5,45-9,3 км/ч. Нижнее значение в 0,34 км/ч достигается за счет установки ходоуменьшителя. Максимальная скорость движения ДТ-75М с ходоуменьшителем составляет 11,49 км/ч. Реверс-редуктор позволяет использовать трактор более эффективно, но не влияет на диапазон скоростей.

Коробка передач ДТ-75 используется для подбора тяговых усилий трактора и его скоростей движения соответственно характеру работ. Кроме того, с помощью данного агрегата реализуются такие возможности трактора, как задний ход и холостая работа двигателя (остановка трактора без отключения двигателя).

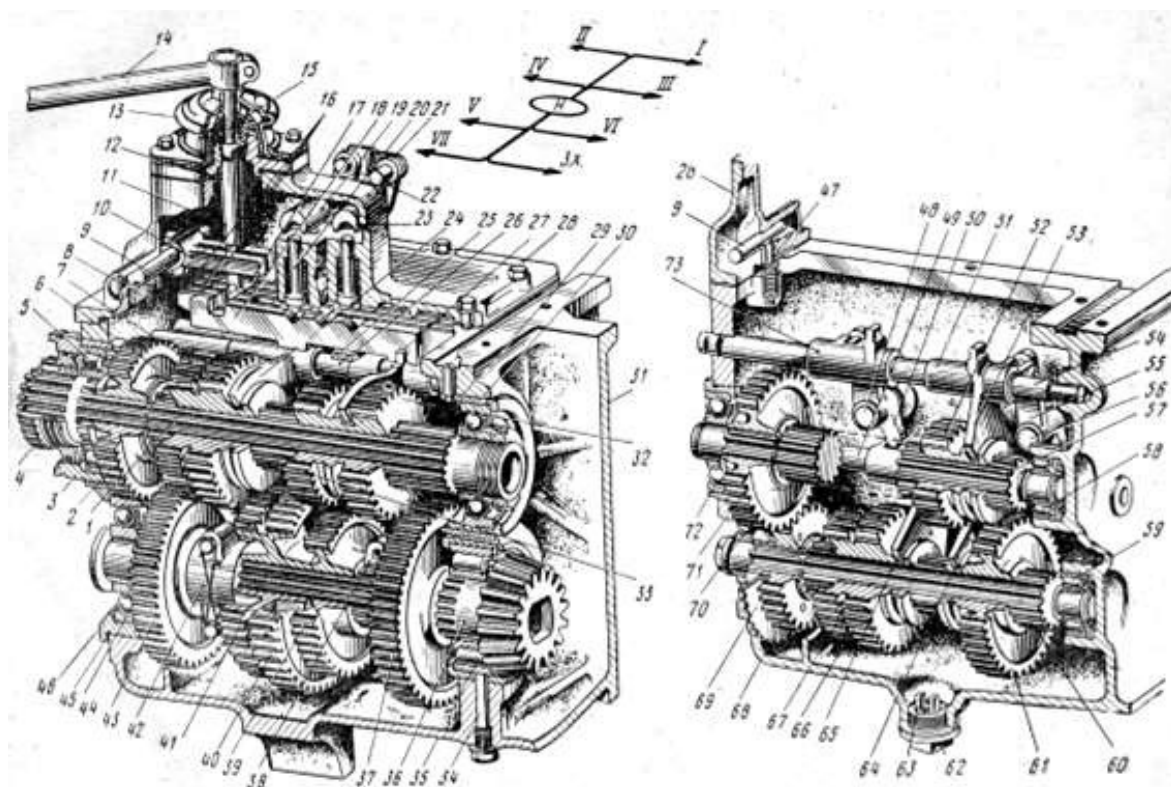
В расточках передней и задней стенок корпуса коробки передач на подшипниках установлены четыре шлицевых вала: первичный, вторичный, промежуточный и заднего хода.

Ее детали расположены в переднем отсеке литого корпуса 31 (рисунок 1.5) силовой передачи. Вращение от первичного вала 1 передается через шестерни 2, 68 и 71 постоянного зацепления валу 57 заднего хода и дополнительному валу 60. Кроме неподвижно закрепленных шестерен, на шлицах этих валов еще надеты каретки 6—7, 32—33, 52, 61 и 66 —67.

Характеристики и устройство коробки передач ДТ-75М.

Тракторы ДТ-75М комплектуются механическими КПП с подвижными шестернями. Базовое количество скоростей — восемь (семь вперед, одна назад), но можно увеличить их количество за счет реверс-редуктора или ходоуменьшителя.

Сам механизм КПП ДТ-М устанавливается в переднем отсеке корпуса самой КПП и заднего моста. Передний отсек оборудуется четырьмя валами на подшипниках — это первичный, вторичный, дополнительный валы и вал заднего хода. Все эти валы устанавливаются в расточках двух стенок отсека — передней и задней. Также работу механизма обеспечивают шестерни и собственно переключающий механизм.



1 — первичный вал; 2, 68 и 71 — шестерни постоянного зацепления; 3 и 29 — стаканы; 4 - зубчатая муфта; 5, 30, 35, 44, 58, 59, 70 и 72 — подшипники; 6—7 — каретка III и IV передач; 8 — направляющий винт; 9 — валик переключения; 10 — направляющая вилка; 11 — внутренний рычаг переключения; 12 — фланец; 13 — чехол; 14 — наружный рычаг переключения; 15 — пружина; 16 и 17 — разделительные и боковая планки; 18 - ползуны 19 и 23 — валики блокировки; 20 и 47 — фиксаторы; 21 — планка блокировки; 22 — палец блокировки; 24, 27, 53, 64 и 65 - вилки переключения; 25 — опорная пластина; 26 и 54 — левая и правая направляющие оси вилки; 28 — крышка; 31 — корпус; 32—33 — каретка II и I передач; 34 — установочный винт стакана; 35 — вторичный вал; 37 — шестерня II передачи; 38 и 42 — распорные хомуты; 39-40 и 41 — шестерни VII, I передач и заднего хода, IV и VI передач; 43 — шестерня III и V передач; 45 — регулировочные прокладки; 46 — стакан подшипника; 48 и 56 — пальцы; 49 — направляющая ось вилок; 50 и 55 — рычаги; 51 — ступица вилки; 52 — каретка заднего хода; 57 - вал заднего хода; 60 — дополнительный вал; 61 — каретка VII передачи; 62 — спускная пробка; 63 - магнит; 66-67 - каретка VI и V передач; 69 - маслоразбрызгивающая шайба; 73 — поводок.

Рисунок 1.5 - Устройство коробки передач трактора ДТ - 75М.

Тракторы ДТ-75 комплектуются механическими КПП с подвижными шестернями. Базовое количество скоростей — восемь (семь вперед, одна назад), но можно увеличить их количество за счет реверс-редуктора или ходоуменьшителя.

Сам механизм КПП ДТ-75М устанавливается в переднем отсеке корпуса самой КПП и заднего моста. Передний отсек оборудуется четырьмя валами на подшипниках — это первичный, вторичный, дополнительный валы и вал заднего хода. Все эти валы устанавливаются в расточках двух стенок отсека — передней и задней. Также работу механизма обеспечивают шестерни и собственно переключающий механизм.

Работа валов КПП ДТ-75М.

Для установки первичного вала используются роликовый и шариковый подшипники, которые прессуются в стаканы, расположенные в специальных гнездах. Шлицы первичного вала служат для перемещения двух шестерных блоков: один отвечает за первую и вторую передачу, другой — за третью и четвертую. Коробка передач ДТ-75М оснащается ведущей шестерней — она закрепляется впереди первичного вала и постоянно зацеплена с шестерней вала заднего хода. Задняя вилка кардана посажена на шлицы на переднем конце первичного вала, задний же конец снабжен отверстием для привода вала отбора мощности. У тракторов данной модели с ходоуменьшителем или реверс-редуктором первичный вал пустотелый, и внутри него располагается вал привода редуктора вала отбора мощности.

Когда используется коробка передач ДТ-75М схема оказывается идеальной для максимально эффективной работы ходовой части трактора. Так, вторичный вал изготавливается вместе с малой конической шестерней, а она зацепляется с большой конической шестерней главной передачи. Вторичный вал также устанавливается с использованием шарикового и роликового подшипников. Болты не дают смещаться по оси стакану шарикового подшипника, а стакан роликового предохраняется от таких же смещений специальным винтом. Шлицы вторичного вала используются для

посадки шестерен первой, третьей, четвертой, шестой и седьмой передач. Положение шестерен фиксируется распорными шлицевыми втулками.

Коробка передач ДТ-75М позволяет регулировать зацепление шестерен главной передачи. Для этого используются металлические прокладки между стенкой корпуса и фланцем стакана. Верхняя часть корпуса с правой по ходу движения стороны — это место расположения вала заднего хода, который вращается на роликовых подшипниках. На его шлицах, между подшипниками, устанавливаются подвижная и неподвижная шестерни. Неподвижная зацепляется с шестерней первичного вала, а ведущая перемещается вдоль вала посредством вилки переключения. В одних положениях она свободно вращается, а в других — зацепляется с большой шестерней блока.

Шлицы дополнительного вала служат для установки трех шестерен: одна неподвижная, другая отвечает за пятую и шестую передачи, третья — за седьмую. Неподвижную удерживает на шлицах кольцо стопора. Она постоянно зацеплена с шестерней вала заднего хода, чтобы дополнительный вал вращался вместе с первичным и с валом заднего хода.

Смазывается коробка передач трансмиссионным маслом ТЭП-15 и ТАП-15В, заливаемым через горловину, расположенную на верхней крышке корпуса заднего моста.

Контролируют уровень масла по щупу на пробке заливной горловины.

Сливают масло через отверстие, закрываемое пробкой с магнитом в нижней части картера коробки.

В коробках передач возникают следующие неисправности: течь масла, большой шум, перегрев, затрудненное переключение передач, самопроизвольное и одновременное включение двух передач.

Течь масла устраняют подтягиванием крепежных болтов и гаек. При необходимости заменяют прокладки в соединениях корпусов или крышки с корпусом. Стуки в коробке передач появляются при износе шестерен и подшипников. На торцах зубья шестерен могут быть забиты вследствие

неправильного включения передач. Изношенные шестерни и подшипники следует заменить. Перегрев коробки передач возможен из-за низкого уровня масла в корпусе. Необходимо долить масло до уровня контрольного отверстия или середины мерного стекла. Если масло жидкое, то оно сильно нагревается от сопряженных деталей, поскольку в них масло не удерживается. Жидкое масло следует заменить маслом необходимой по сезону вязкости.

Затрудненное переключение передач может быть из-за износа и забоин на шлицах валов и в зубьях шестерен. В этом случае надо зачистить забоины шлицев валов, а изношенные детали заменить. затрудненное переключение шестерен возможно при нарушении регулировки блокирующего устройства коробки передач.

Блокирующее устройство регулируют следующим образом. Отсоединяют тягу, соединяющую рычаг валика блокирующего устройства с педалью сцепления. Валик блокировки устанавливают углублениями вниз (при этом ползуны свободно передвигаются). Затем выжимают педаль сцепления до отказа и отрегулировав длину тяги, соединяют педаль с рычагом валика блокирующего устройства.

Самопроизвольное выключение передач возможно вследствие неравномерного износа зубьев шестерен, неполного их зацепления и износа фиксирующего устройства. Неисправные детали следует заменить.

Две передачи включаются одновременно в результате износа шариков или стержня замков, а также поломки кулисы. Неисправные детали заменяют.

Для повышения срока службы коробки передач необходимо правильно ею пользоваться. Включать и выключать передачи у тракторов с переключением при остановке можно только при полностью выключенном сцеплении, пониженной частоте вращения коленчатого вала и остановленном тракторе. Если включение передач затруднено вследствие совпадения торцов зубьев сцепляемых шестерен, следует повторным включением сцепления

провернуть ведущую шестерню при нейтральном положении рычага переключения передач, после чего включить передачу. Рычаг переключения передач надо перемещать плавно, без рывков.

Внешними факторами, оказывающими негативное влияние на работоспособность вторичного вала являются абразивные примеси в смазке и вибрация.

В зависимости от условий работы отдельных деталей у них наблюдаются различные виды износа. В процессе эксплуатации устройства происходит потеря работоспособности его деталей по следующим причинам: изнашивание резьбовых соединений, изнашивание поверхности шеек, изнашивание шлица по толщине, изнашивание посадочных отверстий под подшипники в корпусе, а также посадочных мест на валу.

Рассматриваемая деталь – первичный вал - теряет работоспособность по следующим причинам:

- повреждение резьбы;
- износ поверхности шеек;
- износ шлица по толщине.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДЕФЕКТАЦИИ ПЕРВИЧНОГО ВАЛА ТРАКТОРА ДТ - 75М

2.1 Разработка карты технологического процесса дефектации первичного вала трактора ДТ - 75М

Определить техническое состояние деталей (сборочных единиц) возможно после того как их подвергают дефектации, таким образом устанавливают три категории деталей: годные без восстановления, утильные выбраковывают и требующие восстановления.

Выбор контрольно-измерительных средств зависит от организационно-технических форм контроля, установленных на предприятии; типа производства (индивидуальное, серийное, массовое); конструктивных. Особенности контролируемых деталей и необходимой точности их изготовления; надежности технологических процессов; экономической целесообразности и др. При использовании на предприятиях массового производства методов селективной сборки, изготовленные детали сортируют по размерным группам на основе сплошного контроля с применением высокопроизводительных контрольных приспособлений, контрольных полуавтоматов и автоматов (подшипниковая промышленность, автотракторостроение). В единичном и мелкосерийном производстве применяются универсальные измерительные средства и предельные калибры, а в крупносерийном и массовом производстве — предельные калибры, специальные и специализированные измерительные средства и измерительные приборы. Для наладки металлорежущего оборудования и технологических процессов при любых видах производства применяют универсальные измерительные средства; плоскопараллельные концевые меры длины, штриховые измерительные приборы и инструменты и др. Конструктивные особенности детали влияют на выбор измерительных средств: детали больших габаритных размеров и массы, а также детали, закрепленные на станках, контролируют переносными измерительными средствами.

Выбор средств измерений производят с учетом допустимой погрешности метода и средства измерения, от увеличения которой снижается точность проверки детали. Так, например, если при измерении диаметра вала микрометром инструмент показал значение 18, 23 мм, а погрешность средства измерения составляет $\pm 0,006$ мм, то это означает, что истинное значение проверяемой величины может отличаться от значения, зафиксированного микрометром, на величину этой погрешности. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров от 1 до 500 мм, регламентированы государственными стандартами и составляют до 20% (или 35%) допуска на изготовление проверяемых размеров.

При выборе измерительных средств учитывают также экономические соображения. Рассчитывают рентабельность создания и применения сложных измерительных приборов и устройств или контрольно-измерительных автоматов вместо ручного контроля. При этом, с одной стороны, учитывают все затраты, связанные с приобретением и эксплуатацией средств механизации и автоматизации контроля -и, с другой стороны, возможное повышение производительности труда, достоверности и объективности выполнения контрольно-измерительных операций.

Для случаев, когда ручные контрольные операции связаны с физическими перегрузками, а также, если перевод на автоматический контроль обеспечивает более высокую надежность проверки особо ответственных деталей, имеет место переход от ручного контроля к автоматическому даже, если он не окупается увеличением производительности труда.

Выбранные с учетом перечисленных и ряда других факторов контрольно-измерительные средства вносят в карты технологического процесса механической обработки деталей, в карты технического контроля или в другие технологические документы.

Требования, записанные в технологических процессах, обязательны как к окончательным, так и к операционным, т. е. промежуточным, размерам. Невыполнение операционных размеров, которые могут быть предельными,

может привести к забракованию детали, так как на последующей операции не всегда удастся достигнуть требуемой точности размеров и геометрической формы.

Для контроля диаметров (валов наиболее часто используют гладкие предельные калибры-скобы. Контроль больших размеров или размеров, недоступных для стандартных калибров, производят специальными калибрами-скобами. Контроль валов скобами требует малых затрат времени, отличается простотой и надежностью. Его используют как для контроля деталей, снятых со станка, так и для контроля деталей непосредственно на станке (но обязательно при полной остановке вращательного движения), например, при снятии пробных стружек, при контроле размеров длинных валов и др.

При контроле валов скобами следует учитывать, что достоверность результата измерения будет убывать с увеличением размера - скобы. Дело в том, что при изготовлении скоб большого размера стремятся уменьшать их массу, что, естественно, приводит к снижению жесткости скобы. Свободный размер такой скобы (т. е. размер между измерительными поверхностями в свободном состоянии, когда на скобу не действуют внешние силы) будет отличаться от рабочего размера (размера контрольного вала, на который скоба «входит» под действием - собственного веса). Для жестких скоб с размерами более 300 мм это различие в размерах может составлять 20—30 мкм и более, что значительно искажает результаты измерения. Поэтому при контроле жесткими скобами валов больших размеров эту разницу следует учитывать. При контроле валов гладкими предельными скобами станочник (токарь, шлифовщик) использует рабочие калибры, имеющие клейма:

P—ПР (проходная сторона или проходной рабочий калибр) и P—НЕ (непроходная сторона или непроходной рабочий калибр). Этими же калибрами для контроля обработанной детали на рабочем месте должен пользоваться мастер или контролер ОТК- Если же годные детали сданы на склад, где находятся на временном хранении, то здесь контроль деталей

(представителем заказчика или работником ОТК) должен производиться приемными калибрами, имеющими клейма: П—ПР (проходная сторона или проходной приемный калибр) и П—НЕ (непроходная сторона или непроходной приемный калибр). Приемные проходные калибры имеют смещенное поле допуска, учитывающее возможность изготовления детали по изношенным рабочим проходным калибрам. Для контроля диаметров отверстий, как правило, используют предельные гладкие калибры-пробки. Контроль диаметров отверстий больших размеров или размеров, недоступных для стандартных калибров, производят специальными калибрами. Контроль отверстий пробками, как и валов скобами, отличается малыми затратами времени, простотой и надежностью. Пробки применяют для контроля деталей как снятых со станка, так и в процессе обработки (но обязательно при полной остановке вращательного движения станка). Надежность контроля отверстий пробками выше, чем надежность контроля скобами валов аналогичных размеров, так как из-за большей жесткости по сравнению со скобами, пробки почти не изнашиваются. Если в процессе контроля изготовленных деталей необходимо определить действительные размеры валов и отверстий, то применяют универсальные измерительные инструменты и приборы: штангенциркули, микрометры, рычажные микрометры, рычажные скобы; микрометрические нутромеры, индикаторные нутромеры и др.

В связи с износом в процессе эксплуатации действительные размеры деталей, определяемые при дефектации, как правило, выходят за пределы, установленные для новой детали. Несмотря на это, многие детали после разборки машины могут еще использоваться для дальнейшей работы, однако в зависимости от степени изношенности оценка их технического состояния будет различна. Действительный размер детали определяется в местах наибольшего износа поверхности. Т. к. терминам, применяемым в машиностроении (предельные размеры), нельзя придать иное значение, при дефектации используются следующие названия размеров:

1. нормальный - соответствующей новой годной детали (в пределах между наибольшим и наименьшим предельными размерами, установленными по чертежу детали);

2. допустимый - с таким размером деталь может быть оставлена для дальнейшей эксплуатации в течение межремонтного срока (наработки);

3. условно-допустимый - при котором деталь может быть использована для дальнейшей эксплуатации, но только в сопряжении с деталями, имеющими нормальные размеры;

4. недопустимый - деталь не может быть оставлена для дальнейшей эксплуатации, но может быть отремонтирована или восстановлена;

5. выбраковочный - деталь не может быть оставлена для дальнейшей эксплуатации и не подлежит ремонту или восстановлению.

Приведем перечень дефектов рассматриваемой детали:

- повреждение резьбы;
- износ поверхности шеек;
- износ шлица по толщине.

Выбор средств измерения производится следующим образом:

1. По известному номинальному размеру и величине допуска контролируемого размера детали по ГОСТ 8.051-81 определяют допускаемую предельную погрешность измерения;
 2. По литературе выбирают измерительные средства для измерения размера.
- При выборе средства измерения должно соблюдаться следующее условие:

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

где δ – допускаемая погрешность измерения;

Δ_{lim} – предельная погрешность измерительного средства.

Измерение шага шлицев шлицевого вала производят с помощью двух калиброванных роликов и концевых мер длины. Контроль отклонений от прямолинейности и отклонений расположения боковых сторон шлицев выполняют при установке вала на центрах на поверочной плите с помощью измерительной головки. Наконечник измерительной головки вводят в

контакт с боковой поверхностью шлица и фиксируют отклонения на шкале измерительной головки при ее перемещении по поверочной плите вдоль шлица. По показаниям измерительной головки судят о действительных отклонениях формы и расположения шлицев вала. При контроле отдельных элементов шлицевой втулки применяют следующие измерительные средства: предельные калибры, имеющие форму пластины для контроля ширины вала b втулки; гладкий предельный калибр-пробку для контроля внутреннего диаметра d , а наружный диаметр D — предельную неполную калибр-пробку, которая по своей толщине должна быть меньше ширины паза втулки — для контроля наружного диаметра D . Отклонения расположения элементов шлицевых втулок контролируют аналогично тому, как это осуществляется при контроле шлицевых валов, но только измерительные приборы оснащают дополнительными рычажными приспособлениями для возможности контакта с углубленными проверяемыми поверхностями шлицевых втулок. Контроль шлицевых соединений с эвольвентным и треугольным профилями зубьев осуществляют также комплексными шлицевыми калибрами-пробками и кольцами и по элементам с помощью универсальных измерительных средств. Комплексные шлицевые калибры являются проходными; ими контролируют суммарные отклонения размеров толщины зуба, т. е, действительные отклонения самой толщины зуба, погрешности профиля и отклонения в окружном и осевом расположении зубьев и впадин шлицевых деталей. Шлицевые калибры являются прототипом сопрягаемых деталей и, имеют профиль зубьев, соответствующий профилю сопрягаемых деталей (эвольвентный или треугольный)

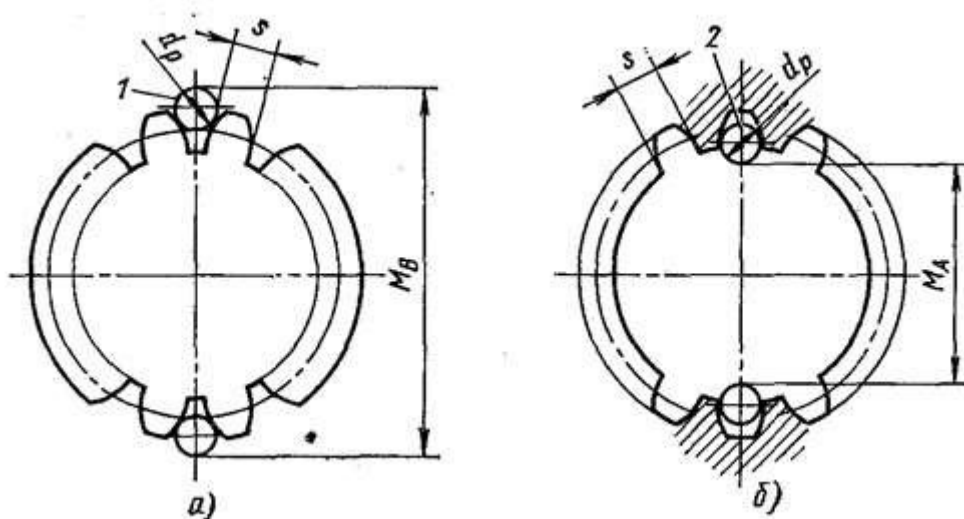


Рисунок 2.1 Схемы контроля толщины зуба и ширины впадины шлицевых деталей с эвольвентным профилем зуба

Контроль толщины зубьев или ширины впадины шлицевых деталей с эвольвентным профилем применяют для шлицевых калибров или шлицевых деталей повышенной точности. Профиль боковых сторон зубьев с эвольвентным профилем контролируют так же, как профиль зубчатых колес (на эвольвенто-мерах). Внутренний диаметр шлицевых втулок контролируют гладкими предельными калибрами-пробками, а наружный диаметр шлицевых валов гладкими предельными калибрами-скобами или кольцами (при нечетном числе зубьев). Наружный диаметр шлицевых втулок и внутренний диаметр шлицевых валов, как правило, не контролируют, так как эти поверхности на работу шлицевого соединения не влияют. Их размеры обеспечиваются при изготовлении шлицевых деталей на протяжных, зубообрабатывающих и шлифовальных станках. Детали со шлицами треугольного профиля проверяют комплексными проходными калибрами-пробками и скобами, а по элементам — универсальными измерительными приборами с помощью проволочек. На комплексных шлицевых калибрах наносят маркировку, определяющую параметры проверяемой шлицевой детали. В связи с введением стандарта СЭВ на шлицевые соединения целесообразно привести пример маркировки комплексного калибра по этому стандарту. Например, маркировка на калибре пробке $d-10X72Я7X82Я12X12D9$ означает следующее: d — это диаметр

центрирования (в данном случае внутренний диаметр); 10 — число зубьев; 72Я7 — номинальный размер внутреннего диаметра втулки и его поле допуска; 82Я12 — номинальный размер наружного диаметра втулки и его поле допуска; 12D9 — номинальный размер ширины паза втулки и его поле допуска.

2.2 Микрометраж первичного вала КПП трактора ДТ - 75М

2.2.1 Предварительные вычисления

В результате замеров первичного вала КПП трактора ДТ - 75М получены следующие значения максимального износа в мм, которые расположены в порядке возрастания: 0,003; 0,004; 0,005; 0,005; 0,007; 0,007; 0,009; 0,01; 0,011; 0,013; 0,016; 0,016; 0,018; 0,019; 0,02; 0,021; 0,025; 0,025; 0,026; 0,03; 0,035; 0,037; 0,039; 0,04; 0,041; 0,042; 0,047; 0,053; 0,055; 0,058; 0,064; 0,066; 0,072; 0,089; 0,09; 0,112. Всего 36 замеров.

Определяем зоны рассеивания (размах ряда) S по формуле:

$$S = t_{\max} - t_{\min} . \quad (2.2)$$

$$S = 0,112 - 0,003 = 0,109 \text{ мм.}$$

Определяем число разрядов (интервалов) K по формуле:

$$K = \sqrt{n} . \quad (2.3)$$

$$K = \sqrt{36} = 6.$$

Определяем длину разряда l формуле:

$$l = \frac{S}{K} \quad (2.4)$$

$$l = \frac{0,109}{6} = 0,0182.$$

Определяем величину сдвига C из условия:

$$t_{\min} \geq C \geq t_{\min} - \frac{l}{2}. \quad (2.5)$$

$$0,003 \geq C \geq 0,003 - \frac{0,0182}{2} .$$

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

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

$$a_i = C.$$

Значение b_k принимаем из условия:

$$t_{\max} + \frac{1}{2} \cdot l \geq b_k \geq t_{\max}. \quad (2.6)$$

$$0,112 + \frac{1}{2} \cdot 0,0182 \geq C \geq 0,112.$$

В нашем случае имеет смысл принять $b_k=0,12$ мм. Тогда окончательно длина разряда определится из выражения:

$$l = \frac{b_k - a_i}{K}. \quad (2.7)$$

$$l = \frac{0,12 - 0}{6} = 0,02 \text{ мм.}$$

2.2.2 Построение таблицы статистического ряда и статистических графиков

Таблица 2.1 – Статистический ряд износа первичного вала

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	0,02	0,01	0,02	15	0,417	20,85	0,417
2	0,02	0,04	0,03	0,02	9	0,25	12,5	0,667
3	0,04	0,06	0,05	0,02	6	0,1667	8,335	0,834
4	0,06	0,08	0,07	0,02	3	0,0833	4,165	0,917
5	0,08	0,1	0,09	0,02	2	0,0556	2,78	0,973
6	0,1	0,12	0,11	0,02	1	0,0278	1,39	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.

Результаты расчетов представлены в виде расчетов на листе 1 графической части выпускной квалификационной работы.

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:

$$\hat{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k h_i \cdot m_i; \quad (2.8)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k h_i \cdot m_i^2 - \hat{m}^2}. \quad (2.9)$$

Расчеты сведем в таблицу.

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

i	h_i	m_i	$h_i m_i$	$(h_i - \hat{m})^2 \cdot m_i$
1	0,01	15	0,15	0,0086
2	0,03	9	0,27	0,0001
3	0,05	6	0,3	0,0015
4	0,07	3	0,21	0,0039
5	0,09	2	0,18	0,0063
6	0,11	1	0,11	0,0058
			$\Sigma=1,22$	$\Sigma=0,0262$

$$\hat{m} = \frac{1}{36} \cdot 1,22 = 0,034 \text{ мм.}$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{0,0262}{36-1}} = 0,027 \text{ мм.}$$

Определяем коэффициент вариации по формуле:

$$V = \frac{\hat{\sigma}}{\hat{m} - c}. \quad (2.10)$$

$$V = \frac{0,027}{0,034 - 0} = 0,794.$$

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:

$$f(h) = \frac{b}{a} \left(\frac{h-c}{a} \right)^{b-1} \cdot e^{-\left(\frac{h-c}{a} \right)^b}; \quad (2.11)$$

$$F(h) = 1 - e^{-\left(\frac{h-c}{a} \right)^b}, \quad (2.12)$$

где h – величина износа детали, мм;

a, b, c – параметры закона распределения.

Параметр сдвига $c = 0$ – определен ранее.

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

При $V=0,794$ $b=1,22$, $c_b=0,74$.

Определяем параметр a по формуле:

$$a = \frac{\sigma}{c_b}. \quad (2.13)$$

$$a = \frac{0,027}{0,74} = 0,04.$$

При $a = 0,04$, $b = 1,22$, $c = 0$ предполагаемый теоретический закон примет вид:

$$f(h) = \frac{1,22}{0,04} \left(\frac{h-0}{0,04} \right)^{0,22} \cdot e^{-\left(\frac{h-0}{0,04} \right)^{1,22}}; \quad (2.14)$$

$$F(h) = 1 - e^{-\left(\frac{h-0}{0,04} \right)^{1,22}}. \quad (2.15)$$

2.2.5 Построение теоретических графиков функции распределения износа

Для построения теоретических графиков произведем расчеты по формулам:

$$\hat{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k h_i \cdot m_i; \quad (2.16)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k h_i^2 \cdot m_i - \bar{m}^2}. \quad (2.17)$$

Расчеты сведем в таблицу 2.3

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

h	0	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12
$F(h)$	0	0,076	0,168	0,349	0,505	0,632	0,806	0,903	0,953	0,978
$f(h)$	0	17,835	18,699	17,047	14,16	11,22	6,469	3,458	1,752	0,851

Теоретические кривые для наглядности наложим на статистические графики (лист графической части выпускной квалификационной работы 2).

2.2.6 Проверка соответствия принятого теоретического закона статистическим данным

Определяем меру расхождения χ^2 по формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{m_i - nq_i}{nq_i}, \quad (2.18)$$

Расчеты сведем в таблицу 2.4.

Значение q_i вычисляем по формуле (2.18), а значения $F(b_i)$ и $F(a_i)$ берем из таблицы 2.3.

Таблица 2.4 – К расчету χ^2

i	m_i	q_i	nq_i	$(m_i - nq_i)^2 / nq_i$
1	15	0,349	12,564	0,472
2	9	0,283	10,188	0,139
3	6	0,174	6,264	0,011
4	3	0,097	3,492	0,069
5	2	0,05	1,8	0,022
6	1	0,025	0,9	0,011
				$\Sigma=0,724$

Итак, $\chi^2 = 0,724$.

Определяем число степеней свободы по формуле:

$$r = k - (\varphi + 1) \quad (2.19)$$

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

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

Зная χ^2 и r по таблице 1п [] находим $p = 0,801$. Так как $0,801 > 0,1$, приходим к заключению, что принятый закон распределения Вейбулла не противоречит статистическим данным. Следовательно, износ вилок-фланцев подчиняется закону распределения Вейбулла с параметрами: $a = 0,04$, $b = 1,22$, $c = 0$.

2.2.7 Анализ кривых и определение процента первичного вала, подлежащих восстановлению виброугловой наплавкой

Знание закона распределения износа деталей позволяет решать целый ряд задач:

- определять процент деталей, годных к дальнейшему употреблению;
- обоснованно подходить к выбору способа восстановления детали;
- определять процент деталей подлежащих восстановлению;
- прогнозировать потребность в запасных частях.

Определим процент первичного вала, подлежащих восстановлению. Для этого нужно найти максимально допустимый диаметр изношенной шейки осей ступиц, максимальный допустимый износ шейки:

$$D_{max} = D_n + n - t, \text{ мм}, \quad (2.20)$$

где D_n – номинальный размер шейки, $D_n = 40,02$ мм;

n – максимальная целесообразная толщина наращиваемого слоя, $n = 0,6$ мм;

t – припуск на механическую обработку, $t = 0,15$ мм.

Максимально допустимый износ оси ступицы при этом составит:

$$h_{max} = D_{max} - D_n, \text{ мм}. \quad (2.21)$$

Вероятность того, что величина износа не превысит значения h_{max} , и есть не что иное, как доля осей ступиц, подлежащих восстановлению:

$$P(h < h_{max}) = F(h_{max}) = 1 - e^{-\left(\frac{h_{max}}{a}\right)^b}. \quad (2.22)$$

$$D_{max} = 40,02 - 0,6 = 39,42 \text{ мм};$$

$$h_{don} = 39,42 - 39,34 = 0,08 \text{ мм};$$

$$F(0,43) = 1 - e^{-\left(\frac{0,43}{0,04}\right)^{1,22}} = 0,71.$$

Таким образом, 92 % первичных валов данной партии можно восстановить вибродуговой наплавкой, так как их износ не превышает 0,08 мм.

3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО ВАЛА ТРАКТОРА ДТ - 75М

3.1 Выбор рационального способа восстановления дефекта детали

Ремонт валов и осей. В тракторах и автомобилях применяют различные по конструкции, материалу и термической обработке валы и оси.

Для получения большей износостойкости валы, оси, полуоси другие детали подвергаются термической или термохимической работе.

Некоторые детали цементируют на глубину 1,0—1,5 мм, закаливают в еле и отпускают до получения твердости поверхностей HRC 40—62.

Детали, изготовленные из углеродистой стали с содержанием углерода 0,4% и более, закаливают с нагревом ТВЧ и отпускают.

Валы, изготовленные из стали 40Х, цианируют глубину 0,2—0,3 мм до получения твердости HRC 48—53.

Основные дефекты валов: износ шпоночных (деформация и износ шпонок, канавок) и шлицевых соединений (износ боковой поверхности шлицев), посадочных мест, повреждение центровых отверстий и резьбы, а также изгиб.

Устранение дефектов. Изношенные валы восстанавливают разнообразными способами. Применение того или другого способа обуславливается наличием оборудования, технико-экономическими соображениями и ожидаемыми результатами при восстановлении деталей.

Изношенные по ширине шлицы наплавляют электродуговой плавкой, вибродуговой наплавкой, наплавкой под слоем флюса; в среде защитных газов. При электродуговой наплавке шлицы наплавляют электродами ЦН-250, ОЗН-300, ОЗН-350 и др.

При восстановлении валов диаметром 45—50 мм со шлицами шириной до 5—6 мм часто заваривают канавку шлица. У валов больших размеров наплавляют неизношенную сторону шлица. После наплавки деталь медленно охлаждают в песке или термостате, чтобы не допустить коробления. Валики накладывают поочередно с диаметрально противоположных сторон. Валик

начинают наплавлять, в точке *a* (рис. 1), отступив от конца на 10—15 мм, и заканчивают в точке *б*. Наложение валиков в 3—4 слоя предупреждает образование закалочной зоны на границе с расплавленным металлом.

После наплавки шлицы обрабатывают на станках. Деталь на станке закрепляют по меткам, нанесенным на ее торцовой поверхности перед наплавкой. Это необходимо для того, чтобы снимать только наплавленный металл.

Шлицевые соединения восстанавливают постановкой дополнительной втулки. Для этого стачивают внутренние шлицы детали и растачивают на токарном станке так, чтобы диаметр отверстий был больше на 0,5—1,5 мм высоты шлицев вала. Затем вытачивают втулку по размерам сопрягаемой детали, нагревают и осаживают ее по валу.

Протачивают втулку на токарном станке до получения наружного диаметра, равного диаметру расточки в отверстии восстанавливаемой детали с учетом натяга; снимают фаски и приваривают в нескольких местах электросваркой. При обработке на станке в качестве оправки используют шлицевой вал.

Изношенные посадочные места под подшипники качения, шестерни, сальники и другие детали восстанавливают наплавкой, осталиванием, электронатиранием, хромированием, никелированием, металлизацией, с применением полимеров и электрохимической обработки и в редких случаях кузнечной осадкой или раздачей.

Для каждого выбранного способа дают комплексную качественную оценку по значению коэффициента долговечности (K_D), которое определяют по формуле:

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

где K_i , K_B , K_C — коэффициенты износостойкости, выносливости и сцепляемости покрытий соответственно;

K_{Π} – поправочный коэффициент, учитывающий фактическую работоспособность восстановленной детали в условиях эксплуатации, $K_{\Pi} = 0,8 \dots 0,9$.

По физическому смыслу коэффициент долговечности пропорционален сроку службы деталей в эксплуатацию и, следовательно, рациональным по этому критерию будет способ, у которого $K_D \rightarrow \max$.

Технико-экономический критерий связывает стоимость восстановления детали с ее долговечностью после устранения дефектов. Условие технико-экономической характеристики эффективности способа восстановления детали предложено профессором Казарцевым В. И.:

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

где C_B – стоимость восстановления детали, руб.;

C_H – стоимость новой детали, руб.

Если известна стоимость новой детали, критерий оценивают по формуле профессора В. А. Шадричева:

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

где K_T – коэффициент технико-экономической эффективности;

C_B – себестоимость восстановления 1 м^2 изношенной поверхности детали, руб/ м^2 .

Примем для дефекта 4 в качестве возможных способов восстановления детали наплавку в среде CO_2 и ручную электродуговую наплавку и рассчитаем для каждого из способов технический и технико-экономический критерии. Значения коэффициентов при расчете определяем из таблицы 1 литературы [], значение коэффициента K_{Π} примем равным 0,8.

1. Наплавка в среде CO_2

$$K_i = 0,72; K_B = 0,9; K_C = 1;$$

$$K_D = 0,72 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,51.$$

2. Ручная электродуговая сварка

$$K_i = 0,7; K_B = 0,6; K_C = 1;$$

$$K_D = 0,7 * 0,6 * 1 * 0,85 = 0,36$$

Исходя из условия $K_D \rightarrow \max$, наиболее эффективным способом является наплавка в среде CO_2 .

Рассмотрим технико-экономические критерии способов восстановления, используя формулу (3.3). Значения C_B также принимаем из таблицы 1 литературы [].

1. Наплавка в среде CO_2

$$C_B = 910 \text{ руб/м}^2;$$

$$K_T = 910/0,51 = 1784,3$$

2. Ручная электродуговая сварка

$$C_B = 1950 \text{ руб/м}^2;$$

$$K_T = 1950/0,36 = 5416,6$$

Исходя из условия $K_T \rightarrow \min$, наиболее эффективным способом является ручная электродуговая сварка.

Таким образом, на основе анализа технологического, технического и технико-экономического критериев, делаем вывод, что наиболее рациональным способом восстановления детали является наплавка в среде CO_2 , которая обеспечивает наибольшую долговечность изделия. Допустимым методом восстановления детали – ручная электродуговая сварка.

3.2 Разработка ремонтного чертежа заданной детали

Ремонтный чертеж выполняется перед разработкой технического процесса восстановления детали. Задачей ремонтного чертежа является передача информации по дефектам, возникающим в процессе эксплуатации. На ремонтном чертеже указывается общий вид детали в тонких линиях согласно выбранному масштабу (с учетом полноты заполнения листа).

1 Ремонтными считаются чертежи, предназначенные для:

- а) ремонта и контроля после ремонта деталей и сборочных единиц;
- б) изготовления дополнительных ремонтных деталей;

в) изготовления деталей с ремонтными размерами в тех случаях, когда они не выпускаются промышленностью.

Ремонтными называются размеры, установленные при ремонте деталей и сборочных единиц и отличающиеся от аналогичных размеров по рабочим чертежам.

Ремонтные размеры делятся на категорийные и пригоночные.

Категорийными называются ремонтные окончательные размеры детали, установленные для определенной категории ремонта.

Пригоночными называются ремонтные размеры детали, установленные с учетом припуска на пригонку детали «по месту».

Комплект ремонтных чертежей может быть разработан как на автомобиль в целом, так и на его составные части (в дальнейшем – изделия).

Ремонтные чертежи в общем случае разрабатываются на основе:

- а) рабочей конструкторской документации на изделие;
- б) руководства по капитальному ремонту изделия;
- в) технологической документации;
- г) опыта ремонта изделия на авторемонтных предприятиях

Ремонтные чертежи разрабатывают в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Комплект ремонтных чертежей может быть сброшюрован или переплетен в один или несколько альбомов в зависимости от объема.

Ремонтные чертежи выполняют на форматах по ГОСТ 2.301-68.

Вынесение изменений в ремонтные чертежи производят в соответствии с требованиями ГОСТ 2.603-68

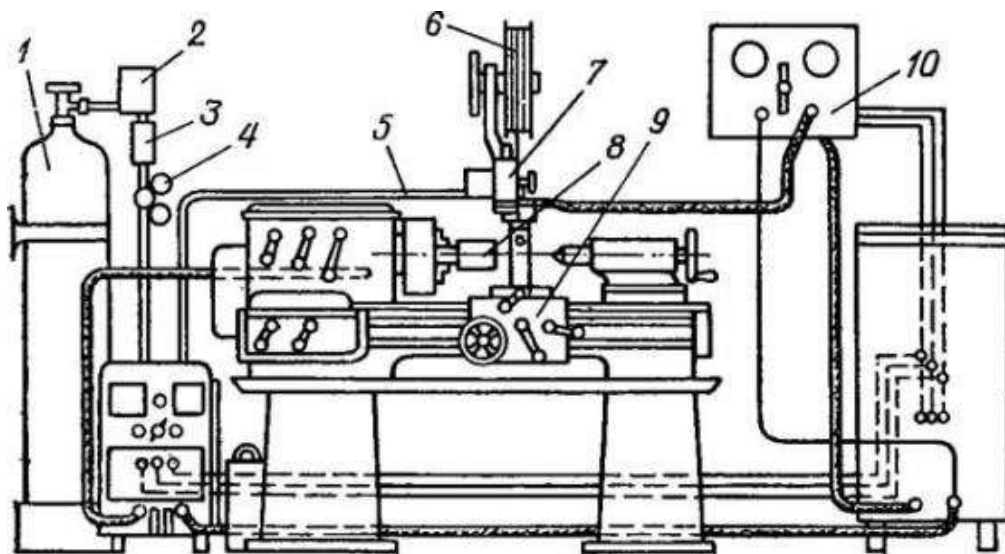
На ремонтном чертеже первичного вала представлены следующие дефекты:

- повреждение резьбы;
- износ поверхности шеек;
- износ шлица по толщине;

3.3 Расчёт и выбор параметров и режимов нанесения покрытия на деталь

Сварка и наплавка деталей в среде углекислого газа используется в тех случаях, когда сварка или наплавка под слоем флюса неприменима или затруднительна. Процесс, происходящий в среде углекислого газа, универсален, производителен и обеспечивает хорошее сварное соединение.

Защитный газ (углекислый), предохраняющий расплавленный металл от вредного воздействия азота и кислорода воздуха при сварке (наплавке) по этому способу, получается из сжиженной пищевой или твердой углекислоты. Пищевая углекислота содержит некоторое количество влаги, что ухудшает процесс сварки, так как влага увеличивает разбрызгивание металла при сварке, снижает пластические свойства наплавленного металла и вызывает в нем образование пор и трещин. Для удаления влаги из углекислого газа применяют осушители, наполненные порошкообразным медным купоросом или силикагелем.



1 - баллон с углекислым газом; 2 - подогреватель; 3 - осушитель; 4- редуктор; 5 - шланг для подачи газа; 6 - барабак с электродной проволокой; 7 - механизм подачи проволоки; 8 - деталь; 9 - суппорт; 10 - распределительная электропанель.

Рисунок 3.1 - Токарный станок, переоборудованный для наплавки деталей в среде углекислого газа.

Углекислый газ подается к зоне сварки (наплавки) по шлангу из баллона, наполненного жидкой углекислотой, через редуктор. Чтобы

избежать возможного замерзания углекислоты в редукторе и газовой магистрали, установка снабжается электрическим подогревателем. Электроды для работы в среде углекислого газа используются с большим содержанием марганца и кремния (углерода - 0,06-0,15%; кремния - 0,6-1,0%, марганца - 1,4-2,49%) при диаметре электродной проволоки от 0,8 до 2,0 мм. Наплавку при ведении процесса производят на постоянном токе при обратной полярности. Отрицательная клемма источника тока соединяется с деталью, а положительная - с токопроводящим держателем.

Сварка в углекислом газе проводится со скоростью 18-30 м/ч. Она более качественна, чем обычная ручная дуговая и газовая сварка.

Для наплавки в среде углекислого газа деталей, имеющих форму тел вращения, может быть использован переоборудованный токарный станок (рис. 3.1).

Достоинства и недостатки наплавки в углекислом газе

Востребованность описываемой технологии наплавки обусловлена следующими факторами:

- малая чувствительность основного металла к любым видам загрязнений, в том числе и к тем, которые вызываются коррозионными явлениями;
- малая область структурных модификаций металла при сохранении высокой плотности тока и уровня концентрации электродуги;
- возможность автоматизации и качественной механизации наплавочной операции;
- высокий уровень производительности процесса;
- практически полная защищенность ванны от негативных влияний окружающей среды;
- возможность выполнения наплавки в разных положениях электрода в пространстве.

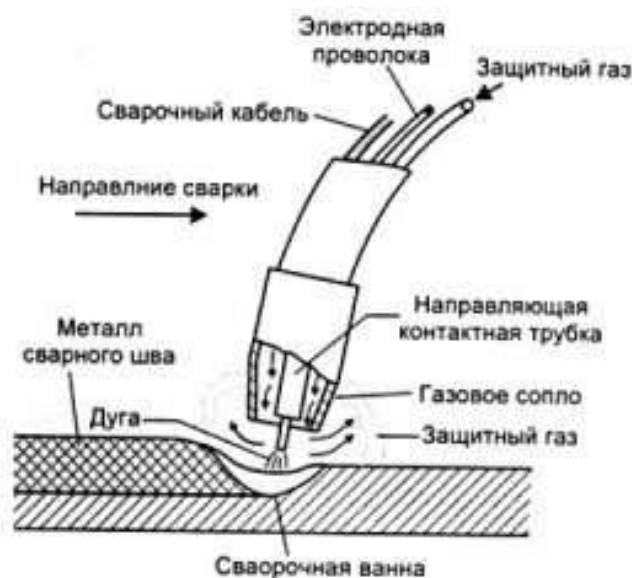


Рисунок 3.2 - Наплавочная головка.

Кроме того, дуговая наплавка в защитной атмосфере позволяет работать с металлами разных толщин и в процессе осуществления операции контролировать ее течение, внося требуемые коррективы.



Рисунок 3.3 - Наплавленная деталь.

Недостатком методики признается разбрызгивание металла, которое происходит, если выбранная сила тока более 500 ампер. Данное явление выдвигает необходимость регулярной очистки (а также и специальной защиты) сопла горелки. Кроме того, нужно применять особую проволоку с раскислителями, вести наплавку исключительно на постоянном токе, а при увеличении его значения требуется постоянно охлаждать горелку. "Минусом" технологии можно считать и то, что сварщику необходимо

использовать дорогостоящие защитные средства из-за высокой мощности излучения электродуги.

Основные режимы процесса наплавки в среде углекислого газа рассчитываются по следующим формулам. [1]

Необходимая сила тока I , А:

$$I_{CB}=(100\dots140)d_э$$

где – $d_э$ -диаметр электрода, $d_э=2\text{мм}$ [1].

$$I_{CB}=120*2=240 \text{ А},$$

Напряжение сварочного тока U_{CB} , В:

$$U_{CB}=2(9+d_э^2)$$

$$U_{CB}=2(9+2^2)=26\text{В}.$$

Скорость подачи электродной проволоки V , м/ч:

$$V_э=70+0,5D$$

где D – диаметр детали, мм.

$$V_э=70+0,5*55=97,5 \text{ м/ч}.$$

Вылет электродной проволоки принимается равным 6...20 мм.

Скорость наплавки принимается равной 60-80 м/ч.

Шаг наплавки принимается равным 2/3 ширины наплавляемого шва.

Расход углекислого газа должен составлять 6-10 л/мин при давлении 1,2-1,5 кгс/см². [1]

3.4 Техническое нормирование ремонтных работ

Нормируемое время выражается следующей формулой [1]:

$$T_n = T_{осн} + T_{всп} + T_{доп} + \frac{T_{пз}}{n}$$

где T_n - норма времени (штучно - калькуляционное время);

$T_{осн}$ - основное время, мин.;

$T_{всп}$ - вспомогательное время, мин.;

$T_{доп}$ -дополнительное время, мин;

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

p - количество обрабатываемых деталей в партии, шт. []:

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время []:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{всп}}$$

В технологических картах обычно проставляется штучное время $T_{\text{шт}}$ и подготовительно-заключительное время $T_{\text{пз}}$ []:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{всп}} + T_{\text{доп}}$$

$$T_{\text{н}} = 19 + 10 + 15 + 26/1 = 64 \text{ мин.}$$

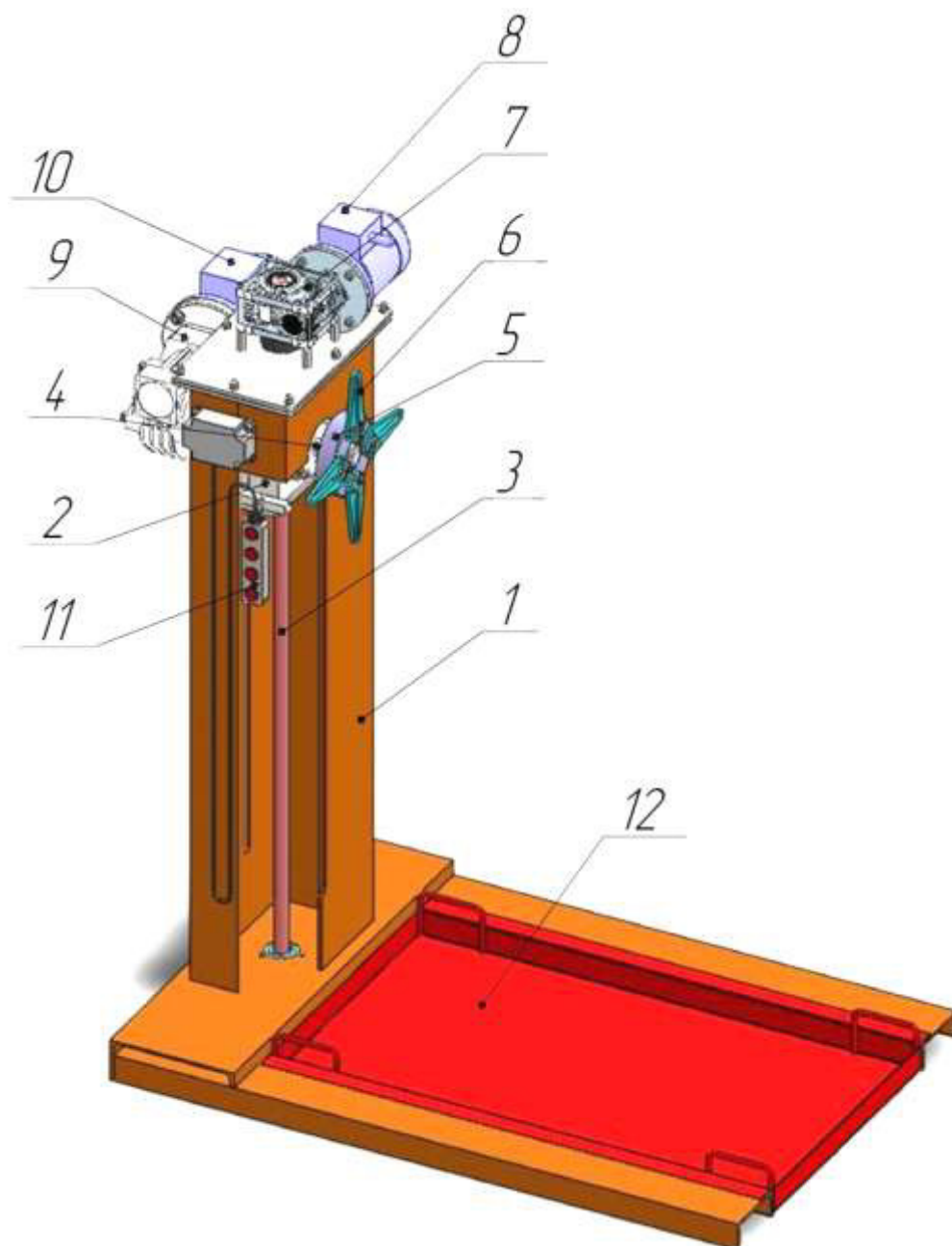
4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Описание и принцип работы кантователя для ремонта КПП

Стенд (рисунок 4.1) состоит из основания 1, в пазах которого при помощи винта 3 перемещается головка 2. Вращение винту 3 передаётся от электродвигателя 8 через червячный редуктор 7. Внутри головки на подшипниках установлен вал 4 на конце которого установлена фланец 5, на которой в свою очередь установлены четыре тяги 6. Вращение валу 4 передаётся от электродвигателя 10 посредством червячного редуктора 9. Ремонтируемый агрегат крепится к тягам 6 в которых имеются пазы. Управление стендом осуществляется при помощи пульта 11. На стенде так же расположен поддон 12 для сбора отработанного масла.

Универсальность стенда заключается в том, что тягу 6 можно подвести к отверстию на ремонтируемом агрегате имеющего фланцевую поверхность, вращая её относительно фланца 5 (может отклоняться в разные стороны относительно оси на угол 50°). Так же для совпадения в нужном положении на тяге 6 имеется паз. Совокупность данных конструктивных решений позволяет применять его с любым ремонтируемым агрегатом весом не более 500 килограмм.

Устройство работает следующим образом. Поворачивая тяги 6 относительно фланца 5 подводят их к отверстиям на фланце в ремонтируемом агрегате и крепят тяги 6 к фланцу при помощи болтов. При помощи пульта управления 11 приводят в действие электродвигатель 8 или 10. Электродвигатель 8 через редуктор 7 вращает винт 3 на котором перемещается головка 2, тем самым устанавливается в удобном положении по высоте ремонтируемый агрегат. Электродвигатель 10 через червячный редуктор 9 передаёт вращение валу 4 который на подшипниках установлен в головке 2. Агрегат надёжно фиксируется в любом положении, благодаря самотормозящему червячному редуктору 9. Внизу стенда установлен съёмный поддон 12 для сбора отработанного масла.



1 основание, 2 головка, 3 винт, 4 вал, 5 фланец, 6 тяга, 7 червячный редуктор, 8 электродвигатель, 9 червячный редуктор, 10 электродвигатель, 11 пульт управления, 12 поддон.

Рисунок 4.1 – Устройство стенда.

На стенде можно ремонтировать двигатели и КПП тракторов: МТЗ–80, –82 (марка двигателя Д–240, масса 430 кг), Т–40 (марка двигателя Д–37М, масса 390 кг), ЮМЗ–6Л (марка двигателя Д–65 и все его модификации, масса до 500 кг), Т–25 (марка двигателя Д–21, масса 290 кг).

Двигатели и КПП автомобилей: ГАЗ–53 (двигатель ЗМЗ всех модификаций, масса до 262 кг), ЗИЛ–130 (марка двигателя ЗИЛ–130, масса

425 кг), УАЗ всех модификаций (двигатель УМЗ всех модификаций, масса до 175 кг). А так же коробки перемены передач всех тракторов и автомобилей имеющих в хозяйстве, мостов автомобилей, пусковые двигатели тракторов и комбайнов, а так же все агрегаты сельскохозяйственных машин имеющих плоскую фланцевую поверхность и массой не превышающей 500 кг. В том случае если отсутствует плоская фланцевая поверхность то агрегат можно закрепить на кантователе путём замены тяги 6 на сменный кронштейн, который изготавливается для каждого агрегата индивидуально.

Стенд разборки–сборки двигателей устанавливается в помещениях, защищенных от атмосферных воздействий, на ровный бетонный пол без дополнительного крепления, при необходимости под упорную раму установить металлические пластины необходимой толщины для исключения смещения.

4.2 Расчёт стенда

4.2.1 Энергокинематический расчет привода

На основе исходных данных определяем скорость вращения винта:

$$n_{\text{в}} = \frac{n_{\text{дв}}}{i_{\text{ч.р.}}}, \quad (4.1)$$

где $n_{\text{дв}}$ – асинхронные обороты двигателя, $n_{\text{дв}} = 1000 \text{ мин}^{-1}$;

$i_{\text{ч.р.}}$ – передаточное отношение червячного редуктора, $i_{\text{ч.р.}} = 16$.

$$n_{\text{в}} = \frac{1000}{16} = 62,5 \text{ мин}^{-1}.$$

Скорость подъема:

$$V = \frac{n_{\text{в}}}{60} \cdot S, \quad (4.2)$$

где S – шаг резьбы, $S = 0,01 \text{ м}$.

$$V = \frac{62,5}{60} \cdot 0,01 = 0,01 \text{ м/сек}$$

Время подъема на заданную высоту:

$$t_n = \frac{H}{V}, \quad (4.3)$$

где H – высота подъёма, $H = 1$ м.

$$t_n = \frac{1}{0,01} = 100 \text{ сек}$$

Определяем потребляемую мощность электродвигателя:

$$N = \frac{Q \cdot V}{1000 \cdot \sum \eta}, \quad (4.4)$$

где Q – нагрузка на стойку.

$$Q = P_z + P_{dy},$$

где P_z – масса допустимого груза, $P_z = 5000$ Н;

P_{dy} – масса деталей установки нагруженной на вал, $P_{dy} = 1500$ Н.

$$Q = 5000 + 1500 = 6500 \text{ Н}$$

$$\sum \eta = \eta_{ч.р.} \cdot \eta_n^2 \cdot \eta_{в.н.}, \quad (4.5)$$

где $\eta_{ч.р.}$ – КПД червячного редуктора, $\eta_{ч.р.} = 0,8$ [];

η_n – КПД подшипников, $\eta_n = 0,99$;

$\eta_{в.н.}$ – КПД передачи «Винт– гайка», $\eta_{в.н.} = 0,4$.

$$\sum \eta = 0,8 \cdot 0,99^2 \cdot 0,4 = 0,3;$$

$$N = \frac{6500 \cdot 0,01}{1000 \cdot 0,3} = 0,18 \approx 0,22 \text{ кВт.}$$

Выбираем асинхронный двигатель ТУ16–525.564–84, 4АМУ250S6 мощностью 0,4 кВт, исполнения 2 (фланец). Диаметр выходного вала электродвигателя d_1 составляет 19 мм [].

4.2.2 Расчет грузового винта

Определяем диаметр винта по условию износостойкости:

$$d_2 = \sqrt{\frac{k \cdot Q}{\pi \cdot \sigma_n \cdot d \cdot \sigma_h}}, \quad (4.6)$$

где φ_n – коэффициент высоты гайки, для цельной гайки, $\varphi_n = 1,2 \dots 2,5$ [1];

φ_h – коэффициент высоты резьбы, для упорной, $\varphi_h = 0,75$ [1];

k – коэффициент, учитывающий вид резьбы, для упорной $k = 1,5$ [1];

$\sigma_{изн}$ – допускаемое напряжение износостойкости, для пары сталь–чугун $\sigma_{изн} = 7 \dots 9$ МПа [1].

$$d_2 = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 6500}{3,14 \cdot 1,85 \cdot 7 \cdot 0,75}} = 17,8 \text{ мм.}$$

Из конструктивных соображений, принимаем диаметр $d_2 = 24,5$ мм.

По таблице справочников выбираем упорную резьбу УП 32×10 ГОСТ 100177–82. Характеристики резьбы $d = 32$, $d_1 = 17$ [1].

Определяем износостойкость винтовой пары:

$$\sigma_{изн} - \frac{Q}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot z} \leq \sigma_{изн}, \quad (4.7)$$

где H_1 – рабочая высота профиля резьбы, Н.

$$H_1 = 0,75 \cdot S; \quad (4.8)$$

$$H_1 = 0,75 \cdot 10 = 7,5$$

Z – число витков резьбы в гайке, $Z = \frac{H_e}{p}$;

$$H_e = \varphi_n \cdot d_2; \quad (4.9)$$

$$H_e = 1,85 \cdot 32 = 59,2 \approx 60 \text{ мм.}$$

$$Z = \frac{60}{10} = 6 \text{ полных витков.}$$

$\sigma_{изн}$ – допускаемое напряжение износостойкости, $\sigma_{изн} = 7 \dots 9$ МПа [1].

$$\sigma_{изн} - \frac{6500}{3,14 \cdot 24,5 \cdot 10 \cdot 6} = 1,4 \text{ МПа} \leq \sigma_{изн}.$$

Так как резьба упорная и самотормозящая, должно соблюдаться условие самоторможения:

$$\gamma \leq \varphi, \quad (4.10)$$

где γ – угол подъема винтовой линии:

$$\gamma = \arctg \frac{S}{\pi \cdot d_2} = 3^\circ 36' \quad (4.11)$$

φ – угол трения:

$$\varphi = \arctg \frac{f}{\cos \delta}, \quad (4.12)$$

где f – коэффициент трения для смазанного винта, $f = 0,1$ [];

δ – угол наклона рабочего профиля для упорной резьбы, $\delta = 3^\circ$ [].

$$\varphi = \arctg \frac{0,1}{\cos 3^\circ} = 5^\circ 25'$$

Условие самоторможения выполняется: $3^\circ 36' < 5^\circ 25'$.

Число заходов резьбы:

$$n = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg} \gamma}{S}; \quad (4.13)$$

$$n = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot \operatorname{tg} 3^\circ}{10} = 0,5 \approx 1 \text{ заходная.}$$

Определяем крутящий момент в резьбе:

$$M_k = Q \left(\frac{d_2}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} (\gamma + \varphi); \quad (4.14)$$

$$M_k = 6500 \left(\frac{24,5}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} 8^\circ 61' = 12,64 \text{ Н·м.}$$

4.2.3 Проверка винта на прочность по эквивалентной нагрузке

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_{\text{кр}}^2} = \sqrt{\left(\frac{4Q}{\pi \cdot d_1^2} \right)^2 + 3 \left(\frac{M_k}{0,2 \cdot d_1^3} \right)^2} \leq [\sigma_{\text{сж}}]; \quad (4.15)$$

где d_1 – внутренний диаметр резьбы, $d_1 = 27,5$ мм;

$[\sigma_{\text{сж}}]$ – допускаемое напряжение на сжатие или растяжение.

$$[\sigma_{\text{сж}}] = \frac{\sigma_m}{n}, \quad (4.16)$$

где σ_m – допускаемое значение предела текучести для стали 40Х составляет 750 МПа [1];

n – допускаемый коэффициент запаса, $n = 3 \dots 3,5$.

$$\sigma_{сж} = \frac{750}{3} = 250 \text{ МПа},$$

Тогда,

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6500}{3,14 \cdot 0,017^2}} + \sqrt{3 \cdot \left(\frac{12,64}{0,2 \cdot 0,017^3} \right)^2} = 22,3 \text{ МПа} < \sigma_{сж}.$$

4.2.4 Проверка винта на устойчивость

Находим гибкость винта по формуле:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{i}, \quad (4.17)$$

где μ – коэффициент приведения длины, учитывающий способ закрепления винта, $\mu = 1$ для шарнирно закрепленных обоих концов вала [1];

L – расчетная длина вала, $L = 1485$ мм;

i – радиус инерции поперечного сечения винта:

$$i = \sqrt{\frac{I_{np}}{\pi d^2 / 4}}, \quad (4.19)$$

где I_{np} – приведенный момент инерции:

$$I_{np} = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \left(0,4 + 0,6 \frac{d}{d_1} \right); \quad (4.20)$$

$$I_{np} = \frac{3,14 \cdot 32^4}{64} \left(0,4 + 0,6 \frac{32}{17} \right) = 78681,8 \text{ мм}^4;$$

$$i = \sqrt{\frac{78681,8}{3,14 \cdot 32^2 / 4}} = 9,9 \text{ мм}$$

Тогда гибкость винта составляет:

$$\lambda = \frac{1 \cdot 1706}{9,9} = 172,3.$$

Так как гибкость винта $\mu > 100$, то определяем критическую нагрузку по формуле Эйлера:

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{np}}{\mu^2 \cdot l^2}, \quad (4.21)$$

где E – модуль продольной упругости $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа. [1].

$$F_{кр} = \frac{3,14 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 78681,8}{1 + 1706^2} = 15795,6 \text{ Н}$$

Условие $Q < F_{кр}$ выполняется.

Достаточная продольная устойчивость грузового винта возможна, если выполняется условие:

$$n_y = \frac{F_{кр}}{Q} \leq n_y, \quad (4.22)$$

где n_y – расчетный коэффициент запаса устойчивости винта, $n_y = 2,5 \dots 4$.

$$n_y = \frac{15795,6}{6500} = 2,4 \leq 2,5, \text{ условие выполняется.}$$

4.2.5 Расчет гайки

Наружный диаметр гайки определяется из условия прочности на растяжение:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot \sigma_p}} + d^2, \quad (4.23)$$

где σ_p – допускаемое напряжение на растяжение для стали 40Х и составляет в пределах 20...25 МПа. [1].

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6500}{3,14 \cdot 20}} + 32^2 = 38 \text{ мм.}$$

Из конструктивных соображений, наружный диаметр гайки D , примем равным 44 мм.

Удельное давление в резьбе определяется по формуле:

$$p = \frac{2Q}{\pi \cdot d_2 \cdot H_z}; \quad (4.24)$$

$$p - \frac{2 \cdot 6500}{3,14 \cdot 0,0245 \cdot 0,06} - 2,8 \text{ МПа} < p_{\text{пр}} = 12 \text{ МПа}.$$

4.2.6 Определение реакций опор

Сумма моментов вокруг точки А (рисунок 4.2):

$$\sum M_a = 0; R_b \cdot 165 - G_m \cdot 645;$$

$$R_b = \frac{G_m \cdot 645}{165};$$

$$R_b = \frac{5000 \cdot 645}{165} = 19545,5 \text{ Н}$$

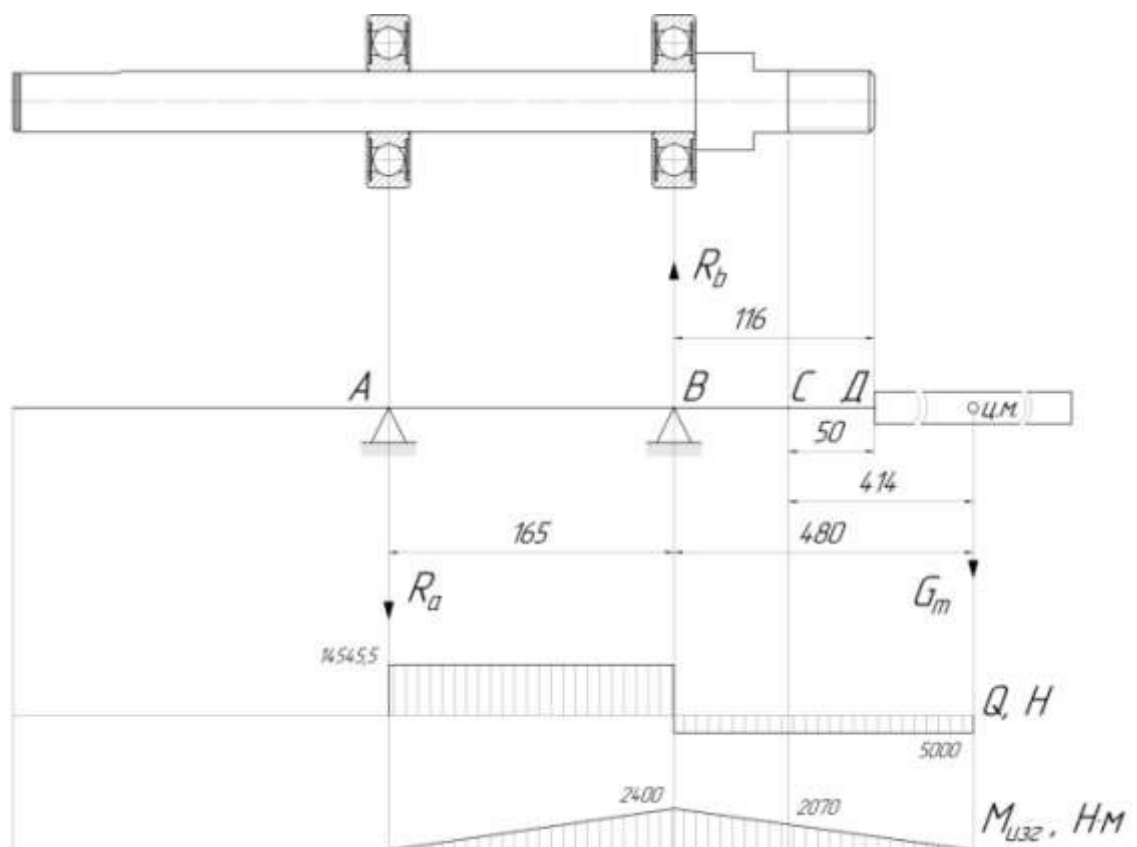


Рисунок 4.2 – Расчётная схема.

Сумма моментов относительно точки В:

$$\sum M_b = 0; R_a \cdot 165 - G_m \cdot 480,$$

$$R_a = \frac{G_m \cdot 480}{165};$$

$$R_a = \frac{5000 \cdot 480}{165} = 14545,5 \text{ Н}.$$

Для проверки спроецируем все силы на ось Y:

$$\sum F_y = 0; -R_a + R_b - G_m,$$

$$-14545,5 + 19545,5 - 5000 = 0$$

Реакции найдены верно.

4.2.7 Проектный расчет вала

Максимальный изгибающий момент будет в точке В,

$$M_B = R_A \cdot 0,164$$

$$M_B = 14545,5 \cdot 0,165 = 2400 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Допускаемое нормальное напряжение:

$$\sigma_m = \frac{M_B}{W}, \quad (4.25)$$

где σ_m – предел текучести для стали 40Х $\sigma_m = 570 \text{ МПа}$ [];

$$W - \text{момент сопротивления круга } W = \frac{\pi d^3}{32} = 0,1 d^3.$$

Диаметр вала:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{M_B}{0,1 \sigma_m}},$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{2400}{0,1 \cdot 570 \cdot 10^6}} = 0,0347 \text{ м.} \approx 35 \text{ мм.}$$

Так же необходимо найти сечение вала в точке С, т.к. в этой точке идёт ослабление вала за счёт резьбы (рисунок 4.3).

Максимальный изгибающий момент будет в точке С,

$$M_C = G_m \cdot 364;$$

$$M_C = 5000 \cdot 0,414 = 2070 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Допускаемое нормальное напряжение:

$$\sigma_m = \frac{M_C}{W}. \quad (4.26)$$

Диаметр вала:

$$d_C = \sqrt[3]{\frac{M_C}{0,1 \sigma_m}}; \quad (4.27)$$

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{2070}{0,1 \cdot 570 \cdot 10^6}} = 0,03172 \text{ м}$$

Диаметр впадин резьбы $d_0 = 0,03312$ [1]. Т.к. $d_0 > d_c$, то условие прочности выполняется.

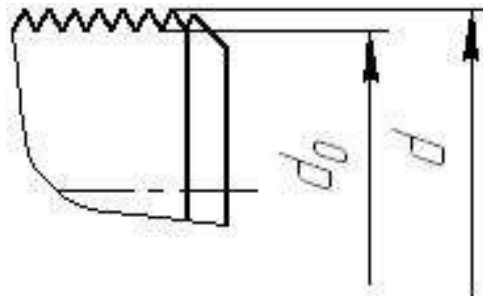


Рисунок 4.3 – Параметры резьбы.

4.2.8 Выбор подшипников

Подшипники выбираются по статистической грузоподъемности при частоте вращения $n \leq 10 \text{ мин}^{-1}$ в нашем случае [12] $n_g = 6 \text{ мин}^{-1} < 10 \text{ мин}^{-1}$ – условие выполняется.

Эквивалентная статистическая радиальная нагрузка:

$$P_{0r} = X_0 \cdot F_r, \quad (4.28)$$

где X_0 – коэффициент статистической радиальной нагрузки, $X_0 = 0,6$ [1];

F_r – радиальная нагрузка, $F_r = R_b = 19545,5 \text{ Н}$

$$P_{0r} = 0,6 \cdot 19545,5 = 11727,3 \text{ Н}$$

Так как $P_{0r} = 11727,3 \text{ Н} < 19545,5 \text{ Н} = F_r$, то далее в расчете учитываем радиальную нагрузку $F_r = 19545,5 \text{ Н}$.

Тогда с учетом плавности хода статистическая эквивалентная радиальная нагрузка:

$$P'_0 = K_c \cdot F_r, \quad (4.29)$$

где K_c – коэффициент запаса, $K_c = 2$.

$$P'_0 = 2 \cdot 19545,5 = 39091 \text{ Н}$$

Выбираем шарикоподшипник радиальный, однорядный со статистической грузоподъемностью, $C_0 = 53,3 \text{ кН} > P_0^r = 39,1$ и диаметром внутреннего кольца $d = 40 \text{ мм}$, наружного кольца $D = 80 \text{ мм}$ (Подшипник 407 ГОСТ 8338 – 78) [].

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Инструкция по охране труда при работе с кантователем

Общие положения.

К работе допускаются лица в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие специальное обучение, медицинское освидетельствование и инструктаж по охране труда на данном рабочем месте.

Периодическое медицинское освидетельствование рабочие проходят 1 раз в три года, а лица моложе 21 года – ежегодно.

Собственник обеспечивает рабочих одеждой и СИЗ. Обязанность рабочего аккуратно их использовать в установленные сроки.

В цехе находится укомплектованная медицинская аптечка.

Для рабочего выделяется шкаф для хранения рабочей одежды и СИЗ.

Рабочий обязан постоянно контролировать и поддерживать техническое состояние станда, инструментов и приспособлений.

На рабочем месте имеются следующие опасные места:

1. Электродвигатель
2. Пульт управления.
3. Заземление.

Требования безопасности перед началом работы

Рабочий обязан получить задание у руководителя производственного участка. Твердо уяснить технологию его выполнения и режим работы.

Одеть, проверить и подогнать рабочую одежду, СИЗ.

Проверить техническое состояние установки, инструментов и приспособлений (исправность включателей, электрической проводки, гидропроводов, заземления, приборов контроля заданного режима работы, средств безопасности).

При обнаружении неисправностей принять меры для их устранения. Если рабочий не в состоянии самостоятельно устранить неисправность, необходимо об этом информировать руководителя производственного участка.

Требования безопасности во время работы

Рабочий обязан выполнять только ту работу, которая ему поручена руководителем.

Постоянно контролировать и поддерживать заданный режим работы стенда.

Работать только на исправной стенде, инструментом и приспособлениями.

Отдыхать, принимать пищу только в специально отведенных местах, поддерживая в них санитарный порядок.

Требования безопасности по окончании работы

По окончании работы отключить стенд от электропитания, принять меры против случайного его включения.

Убрать рабочее место, сдать на хранение рабочий инструмент, приспособления.

Стенд очистить и сдать на хранение рабочую одежду, СИЗ.

Помыть лицо, руки теплой водой, надеть чистую одежду.

Информировать руководителя производственного участка о выполненном задании и всех замечаниях, связанных с обеспечением охраны труда на данном рабочем месте.

Требования безопасности в опасных и аварийных ситуациях

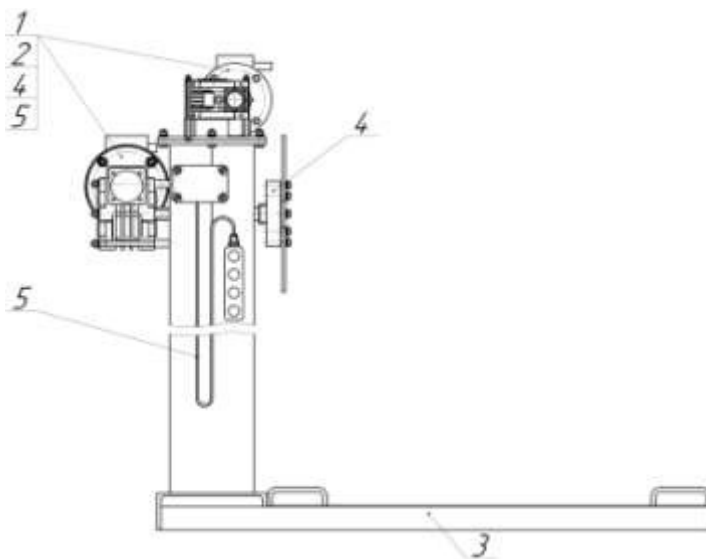
В период работы на стенде могут возникнуть простые и сложные опасные и аварийные ситуации.

При возникновении простых опасных и аварийных ситуаций для их ликвидации требуется одно действие рабочего (разрыв гидравлического трубопровода). В этих случаях обесточить установку, принять меры против случайного ее включения и заменить гидравлический трубопровод.

При возникновении сложных опасных и аварийных ситуаций, для ликвидации которых требуется более двух действий рабочего. В этом случае действовать в соответствии с программой изученной в период курсового обучения.

Рабочий должен уметь оказывать себе и другим первую доврачебную медицинскую помощь при несчастных случаях. В случае возникновения опасных и аварийных ситуаций и несчастных случаев необходимо немедленно сообщить о них руководителю производственного участка.

При работе установки имеются опасные и вредные производственные факторы (см. рисунок 5.1), такие как: шум, вибрация, вредные пары, подвижный механизм, высокое напряжение.



1 – шум, 2 – вибрация, 3 – вредные пары, 4 – подвижный механизм, 5 – высокое напряжение.

Рисунок 5.1 – Опасные и вредные факторы.

5.2 Экологическая безопасность

Развитие промышленности и сельского хозяйства, совершенствование технологических процессов с целью повышения эффективности труда, как и освоение природных богатств, связано с воздействием на окружающую среду.

В этих условиях одним из важнейших принципов рационального влияния на окружающую среду, производственную обстановку и условия быта, является комплекс профилактических мероприятий экологического характера. Цель подобных мероприятий состоит в совершенствовании всех форм производственной деятельности человека, способствующих

уменьшению влияния вредных факторов, улучшению как человеческого здоровья, так и состояния окружающей среды в целом. Вредными факторами, влияющими на здоровье человека при организации технического обслуживания и ремонта в зоне обслуживания являются:

- вибрация, которая может приводить к нарушению физиологических процессов, а при длительном воздействии к развитию вибрационной болезни, в результате чего часто страдает вистибюлярная система, возникает головные боли и головокружения;

- шум, который увеличивает рост нервных, сердечно – сосудистых заболеваний, язвенных болезней, развитие тугоухости у рабочих некоторых профессий связанных с особенностями производства, прежде всего шум травмирует органы слуха, а также снижает как физическую, так и умственную работоспособность человека;

- пары дизельного топлива с едким запахом; признаками отравления соляной кислотой являются – головная боль и головокружение (затем потеря сознания), а также общая интоксикация организма;

ПДК свидетельствует о допуске какого-либо загрязнения в количествах, которые не оказывают практически никакого влияния на здоровье человека за время его трудовой деятельности.

Совершенствование технологических процессов производства, очистка вентиляции – основные направления по защите окружающей среды, которые должны проводиться на ремонтном предприятии.

Для соблюдения обязательных норм по охране атмосферного воздуха от загрязнения парами дизельного топлива необходимо проводить комплекс специальных мероприятий. Целью данных мероприятий является максимальное уменьшение выбросов паров дизельного топлива, а также уменьшение концентрации загрязнений в стоках.

Для этого необходимы:

- поставить соответствующие фильтры для улавливания вредных частиц;

- очистные сооружения производственных сточных вод;
- отстойные колодцы с маслоуловителями.

Предусматриваются следующие мероприятия по защите атмосферного воздуха:

- контроль содержания вредных веществ;
- очистка выбрасываемых вредных веществ из топливного цеха через вентиляцию;
- местные отсосы оборудованные отделительным устройством;
- устройства, удаляющие из вытяжных систем особо вредные вещества (пары дизельного топлива);
- осуществление озеленения территории хозяйства.

Проблема экологии уже сейчас выдвигает много сложных вопросов, требующих от работников предприятия специальных знаний, поэтому наряду с созданием технической базы в области охраны окружающей среды расширяется профессиональная подготовка кадров специалистов.

Совершенствуя техническое обслуживание и ремонт в ремонтной мастерской, влечёт за собой улучшение экологии в районе её расположения. Разработанный кантователь полностью соответствует экологическим нормам. Основным источником загрязнения при работе станда является слив отработанного масла. Для этого на станде имеется специальный поддон для сбора отработанного масла. В нем собирается масло, после чего сливается в специальный резервуар для хранения.

5.3 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью

используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

6 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КАНТОВАТЕЛЯ ДЛЯ РЕМОНТА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

Затраты на изготовление и модернизацию кантователя для ремонта коробки передач, определяют по формуле:

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

где $C_{\text{к}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, руб.;

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

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

$C_{\text{сб.п}}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке кантователя для ремонта коробки передач, руб.;

$C_{\text{оп}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление кантователя для ремонта коробки передач, руб.;

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

$K_{\text{нац}}$ – коэффициент, учитывающий разницу между прейскурантной ценой и балансовой стоимостью кантователя для ремонта коробки передач ($K_{\text{нац}}=1,4 \dots 1,5$).

Стоимость изготовления корпусных деталей определяют по формуле:

$$C_{\text{к}} = Q_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_{\text{к.д}}, \quad (6.2)$$

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

$\text{Ц}_{\text{к.д}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, руб.

$$C_{\text{к}} = 50 \times 100 = 5000 \text{ руб.}$$

Затраты на изготовление оригинальных деталей определяют по формуле:

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

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

$C_{\text{м}}$ – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, руб.

Заработную плату производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей определяют по формуле:

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

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

$C_{\text{д}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

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

Основную заработную плату определяют по формуле:

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

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, ($K_t=1,025\dots1,03$).

$$C_{\text{пр}} = 10 \times 56 \times 1,03 = 6345 \text{ руб.}$$

Дополнительную заработную плату определяют по формуле:

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

Начисления по социальному страхованию определяют по формуле:

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

$$C_{\text{зп}} = 6345 + 634 + 307 = 7286 \text{ руб.}$$

Стоимость материала заготовок определяют по формуле:

$$C_{\text{м}} = \Pi \cdot Q_3, \quad (6.8)$$

где Π – цена 1 кг материала заготовок, руб.;

Q_3 – масса заготовки, кг.

Массу заготовки определяют из выражения:

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

где Q_d – масса детали, кг;

$$C_m = 24 \times 466 = 11184 \text{ руб.}$$

$$C_{од} = 7286 + 11184 = 18470 \text{ руб.}$$

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

Зарботную плату производственных рабочих, занятых на сборке кантователя для ремонта коробки передач определяют по формуле:

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

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

Основную заработную плату рабочих, занятых на сборке кантователя для ремонта коробки передач определяют по формуле:

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{\eta} \cdot K_t, \quad (6.11)$$

где $T_{сб}$ – трудоемкость на сборку кантователя для ремонта коробки передач, чел.×час.

$$C_{сб} = 12 \times 110 \times 1,03 = 1360 \text{ руб.}$$

Дополнительную заработную плату определяют по формуле:

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

Начисления по социальному страхованию определяют по формуле:

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

$$C_{зп.сб.п} = 1360 + 136 + 66 = 1562 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные накладные расходы на изготовление кантователя для ремонта коробки передач определяют по формуле:

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

где $C_{\text{пр}}^1$ – основная заработная плата рабочих, участвующих в изготовлении кантователя для ремонта коробки передач, руб.;

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

$$C_{\text{констр}} = 5000 + 18470 + 10000 \times 1,5 + 1562 + 4410 = 44442 \text{ руб.}$$

Таблица 6.1 - Исходные данные для расчета технико-экономических показателей кантователя для ремонта коробки передач.

№ п/п	Наименование	Ед.измерения	Знач. показателя	
			исходный	проектир.
1	Масса кантователя	кг	340	474
2	Балансовая стоимость	руб.	38400	44442
3	Количество обслуживающего персонала	Чел.	1	1
4	Разряд работы	разряд	4	4
5	Тарифная ставка	руб./чел.ч	110	11090
6	Норма амортизации	%	13	13
7	Норма затрат на ремонт и техническое обслуживание	%	8	8
8	Годовая загрузка кантователя	ч	250	250
9	Время 1 цикла	ч	12	8

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:

$$W_q = \frac{60 \cdot q \cdot \gamma \cdot \tau}{T_{ц}}, \quad (6.15)$$

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

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

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \cdot$$

Металлоемкость процесса определяют по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_z \cdot T_{год} \cdot T_{сл}}, \quad (6.16)$$

где G – масса кантователя для ремонта коробки передач, кг;

$T_{год}$ – годовая загрузка кантователя для ремонта коробки передач, час;

$T_{сл}$ – срок службы кантователя для ремонта коробки передач, лет.

$$\frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Фондоемкость процесса определяют по формуле:

$$F_e = \frac{C_б}{W_z \cdot T_{год}}, \quad (6.17)$$

где $C_б$ – балансовая стоимость кантователя для ремонта коробки передач, руб.

$$\frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Трудоемкость процесса находят из выражения:

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

где n_p – количество рабочих, чел.

Энергоемкость процесса находят из выражения:

$$\text{—} \quad (6.19)$$

где N_e – мощность потребляемая установкой.

$$\text{—} \quad \text{кВт/ед.}$$

$$\text{—} \quad 13 \text{ кВт/ед.}$$

Себестоимость работы определяют по формуле:

$$S = C_{\text{зп}} + C_{\text{э}} + C_{\text{рто}} + A \quad (6.20)$$

Затраты на заработную плату определяют по формуле:

$$C_{\text{зп}} = Z \cdot T_e, \quad (6.21)$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле:

$$C_{\text{э}} = C_{\text{э}} \cdot \text{Э}_e, \quad (6.22)$$

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

$$C_{\text{э1}} = 2,57 \cdot 20 = 11,4 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{э2}} = 2,57 \times 13 = 33,4 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяют по формуле:

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

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

Амортизационные отчисления определяют по формуле:

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

где a – норма амортизации %.



Приведенные затраты определяют по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_n \cdot F_e = S + E_n \cdot k, \quad (6.25)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15;

F_e – фондоемкость процесса, руб./ед;

k – удельные капитальные вложения, руб./ед.

Годовую экономию определяют по формуле:

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

Годовой экономический эффект определяют по формуле:

$$E_{\text{год}} = C_{\text{прив}}^0 - C_{\text{прив}}^1 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}.$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяют по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{61}}{\mathcal{E}_{\text{год}}}, \quad (6.27)$$

где C_{61} – балансовая стоимость спроектированного кантователя для ремонта коробки передач, руб.

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяют по формуле:

$$E_{\text{эф}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{C_6}. \quad (6.28)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{17500}{44442} = 0,4.$$

Таблица 6.2 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций.

№ п/п	Наименование показателей	Базовый	Проект
1	Часовая производительность, ед./ч.	0,075	0,112
2	Фондоемкость процесса, руб./ед.	2048	1587
3	Энергоемкость процесса, кВт/ед.	20	13
4	Металлоемкость процесса, кг./ед.	3,6	3,4
5	Трудоемкость процесса, чел*ч./ед.	13	8
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./ед.	1871	1246
7	Уровень приведенных затрат, руб./ед.	2187	1484
8	Годовая экономия, руб.	-	17500
9	Годовой экономический эффект, руб.	-	19432
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	-	2,5
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	-	0,4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработанные мероприятия в выпускной работе по восстановлению первичного вала позволят значительно увеличить послеремонтный ресурс детали по сравнению с другими технологиями восстановления.

2. Разработанный кантователь на сегодняшний день обеспечивает безопасность работ, высокую производительность, качество и удобство выполнения операций.

3. Применение кантователя в условиях ремонтных предприятий позволит получить годовую экономию 17500 рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адигамов Н.Р. Методическое пособие к курсовой работе по дисциплине «Ремонт машин» [Текст] / Н.Р. Адигамов, Т.Н. Вагизов, И.Х. Гималтдинов - Казань «Казанский ГАУ», 2013. – С 40.
2. Адигамов Н.Р. Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работе бакалавров. [Текст] / Н.Р. Адигамов, Г.И. Кондратьев, Г.Р. Муртазин, Р.Р. Шайхутдинов., Т.Н. Вагизов., И.Х. Гималтдинов, Р.Р. Ахметзянов // метод. Указания – Казань «Казанский ГАУ», 2015.-60с.
3. Булгариев Г.Г., Методические указания по выполнению экономической части дипломного проекта для студентов-очников специальности 110304 – «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» [Текст] / Г.Г. Булгариев, Р.К. Абдрахманов, А.Р. Валиев // - Казань «Казанский ГАУ», 2006.
4. Кондратьев Г.И., Методические указания для практических и самостоятельных работ по дисциплине «Методы расчета надежности технических систем» [Текст] / Г.И. Кондратьев, Р.Р. Шайхутдинов // метод. Указания – Казань «Казанский ГАУ», 2015.-44с.
5. Киямов И.М., Расчет сварных и резьбовых соединений [Текст] / И.М. Киямов, Яхин С.М. // методические указания для выполнения домашнего задания по деталям машин и основам конструирования - Казань, КГСХА, 2004
6. Шамсутдинов Ф.А. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине “Детали машин и основы конструирования” [Текст] / Ф.А. Шамсутдинов, Г.В. Пикмуллин // - Казань: КГАУ, 2015. С 142
7. Мудров А.Г. Методические указания к разработке сборочного чертежа курсового проекта по Деталям машин и основам конструирования [Текст] / А.Г. Мудров // - Казань, КГАУ, 2010. С 80.

8. Мудров А.Г. Методические указания к выполнению рабочих чертежей по курсовому проектированию “Детали машин и основы конструирования” [Текст] / А.Г. Мудров // - Казань, КГАУ, 2011. С 68.
9. Гулиа Н.В. Детали машин [Текст] / Н.В.Гулиа, В.Г.Клоков, С.А.Юрьев // 2010 (ЭБС «Лань» ISBN-978-5-8114-1091-0), 2-е изд.-416 с.
10. Чернилевский Д.В. Детали машин и основы конструирования [Текст] / Чернилевский Д.В. // М.: Машиностроение, 2006. С 656.
11. Берлинов М.В. Расчет оснований и фундаментов [Текст] / М.В. Берлинов, Б.А.Ягупов. // (ЭБС «Лань», 2011, 1-е изд.-288 с.).
12. Маталин, А.А. Технология машиностроения [Текст] / А.А. Маталин // (ЭБС «Лань», 2010, 512 с).
13. Курмаз Л.В., Детали машин. Проектирование [Текст] / Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда // Справочное учебно-методическое пособие. - М.: Высшая школа, 2005. С309.
14. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин [Текст] / Дунаев П.Ф. Леликов О.П. - М.: Высшая школа, 2005. С 447.
15. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. [Текст] / В.В. Шелофаст – М.: Изд-во АПМ, 2005.-472 С.
16. Сигаев Е.А. Соппротивление материалов. [Текст] / Е.А. Сигаев - Кемерово: Кузбассвузиздат, 2002. С 227.
17. Леонов О. А. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] / О. А. Леонов, В. В. Карпузов, Н. Ж. Шкаруба // - М.: Колос, 2009. –С 568.
18. Богатырев А.В. Тракторы и автомобили [Текст] / А.В Богатырев, В.Р. Лехтер // Учебник - М. Колос, 2008. С392.
19. Пучин Е.А. Технология ремонта машин [Текст] / Е.А. Пучин, О.Н. Дидманидзе, В.С. Новиков // учебник для вузов – Москва УМЦ «ТРИАДА».- Т.1, 2006.- С 348.
20. Черноиванов В.И. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве. [Текст] / В.И. Черноиванов В.В. Бледных, А.Э. Северный

и др. // Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ – изд. 2-ое перераб. и доп. – М.:, 2003 г. – С 992.

21. Яговкин А.И. Организация производства технического обслуживания и ремонта машин [Текст] / А.И. Яговкин. // учебн. пособие для студ. высш. учебн. заведений 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - С 400.

22. Варнаков В.В. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения. [Текст] / В.В. Варнаков, В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков. // М.: Колос, 2000. С 256.

23. Курчаткин В.В. Оборудование ремонтных предприятий. [Текст] / В.В. Курчаткин, К.А. Ачкасов, Н.Ф. Тельнов, и др.; Под редакцией В.В. Курчаткина // М.: Колос, 1999. С 232.

24. Алексеев, В.П. Основы научных исследований и патентование [Электронный ресурс]: учебник / В.П. Алексеев, Д.В. Озеркин. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники), 2012. — 172 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4938.

25. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности [Текст] / С.В.Белов, В.А.Девисилов, А.В.Ильницкая и др. // Учебник для вузов. Под общей ред. С.В.Белова. -8-е издание – М.: Высшая школа, 2009. С 616.

26. Девисилов В.А. Охрана труда: учебник [Текст] / В.А. Девясилов - 4-е издание перераб. и доп. // – М.: Форум, 2009. С 496.

27. Курдюмов В.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности [Текст] / В.И. Курдюмов, Б.И. Зотов. // М. Колос, 2005. С 216.

28. Кукин П.П. Безопасность жизнедеятельности. [Текст] / П.П.Кукин, В.Л.Лапин, Н.Л.Пономарев. // Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2007. – С 335.

