

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление: 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль: Технический сервис в АПК

Кафедра: Общеинженерные дисциплины

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: Проект организации ремонта сельскохозяйственной техники с разработкой стенда для разборки ведущего вала

Шифр ВКР 35.03.06.153.20 СРВ.00.00.00.ПЗ

Студент группы Б261-02


подпись

Маликов И.Н.

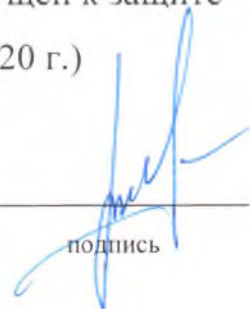
Руководитель д.т.н., профессор


подпись

Яхин С.М.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 13 от 16.06 2020 г.)

Зав. кафедрой к.т.н., доцент


подпись

Пикмуллин Г.В.

Казань – 2020 г.

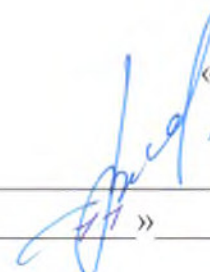
ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление: 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль: Технический сервис в АПК

Кафедра: Общеинженерные дисциплины

 «УТВЕРЖДАЮ»
Зав. кафедрой
_____/ Пикмуллин Г.В./
« 21 » 05 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Маликову И.Н.

Тема ВКР: Проект организации ремонта сельскохозяйственной техники с разработкой стенда для разборки ведущего вала

утверждена приказом по вузу от « 22 » 05 2020 г. № 128

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 15.06.2020

3. Исходные данные: Нормативно справочная литература, технологические карты.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов: 1. Анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности КПП трактора К-700; 2. Разработать производственный процесс ремонта автотракторной техники. Разработать технологический процесс восстановления раздаточного вала коробки передач; 3. Разработать установку для разборки ведущего вала; 4. Разработать мероприятия по безопасности жизнедеятельности; 5. Произвести технико-экономическую оценку конструкции.

5. Перечень графических материалов: Лист 1 – Планировка проектируемой мастерской. Лист 2 – Ремонтный чертеж раздаточного вала коробки передач трактора К-700. Лист 3 – Технологические карты на восстановление. Лист 4 – Сборочный чертеж установки для разборки ведущего вала. Лист 5,6 – Рабочие чертежи деталей.

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Безопасность жизнедеятельности	к.т.н., доц. Гаязиев И.Н.
Конструктивная часть	к.т.н., доц. Марданов Р.Х.

7. Дата выдачи задания 11.05.2020

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	1 раздел выпускной работы	16.05.2020	
2	2 раздел выпускной работы	28.05.2020	
3	3 раздел выпускной работы	12.05.2020	

Студент Маликов И.Н. (Маликов И.Н.)

Руководитель ВКР Яхин С.М. (Яхин С.М.)

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Маликова И.Н. тему «Проект организации ремонта сельскохозяйственной техники с разработкой стенда для разборки ведущего вала».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на листах машинописного текста и графической части на 6 листах формата А1.

Записка состоит из введения, трех разделов, заключения и включает 7 рисунков и 9 таблиц. Список использованной литературы содержит 30 наименований.

В первом разделе даны описание устройства, анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности КПП трактора К-700.

Во втором разделе разработан производственный процесс ремонта автотракторной техники. Разработан технологический процесс восстановления раздаточного вала коробки передач трактора К-700, подобрано необходимое оборудование и инструмент, предложена технология восстановления раздаточного вала. Спроектированы мероприятия по безопасности труда.

В третьем разделе разработана установка для разборки ведущего вала. Подсчитано экономическое обоснование стенда для разборки ведущего вала.

В конце приведены общие выводы по выпускной работе.

ABSTRACT

For the final qualifying work Malikova I. N. topic "Project of organization of repair of agricultural machinery with the development of a stand for disassembly of the drive shaft".

The final qualifying work consists of an explanatory note on sheets of typewritten text and a graphic part on 6 sheets of A1 format.

The note consists of an introduction, three sections, a conclusion, and includes 7 figures and 9 tables. The list of references contains 30 titles.

In the first section, a description of the device, an analysis of the operation and characteristics of the causes of loss of performance of the K-700 tractor gearbox are given.

In the second section, the production process for repairing automotive equipment is developed. The technological process of restoring the transfer shaft of the K-700 tractor transmission was developed, the necessary equipment and tools were selected, and the technology of restoring the transfer shaft was proposed. The event is designed for occupational safety.

In the third section, the installation for disassembling the drive shaft is developed. Calculated the economic justification of the stand for disassembly of the drive shaft.

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЯ	
1.1 Описание устройства, анализ работы и характеристика причин потери работоспособности КПП трактора К-700	
1.2 Неисправности и ремонт КПП трактора К-700	
1.3 Обзор существующих конструкций и обоснование выбранной конструкции.....	
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ.....	
2.1 Определение годовой производственной программы	
2.2 Определение годовой трудоемкости ремонтно-обслуживающих работ	
2.3 Распределение годового объема работ по видам и определение состава участков РМ	
2.4 Расчет основных параметров РМ.....	
2.5 Компонировка производственных помещений РМ.....	
2.6 Разработка технологического процесса восстановления раздаточного вала коробки передач трактора К-700.....	
2.7 Обеспечение безопасности труда.....	
2.8 Физическая культура на производстве	
3 РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ РАЗБОРКИ ВЕДУЩЕГО ВАЛА	
3.1 Обоснование необходимости разработки и привода конструкции	
3.2 Описание разрабатываемой конструкции	
3.3 Конструктивные расчеты	
3.4 Разработка мероприятий по безопасной эксплуатации, проектируемого стенда.....	
3.5 Экономическое обоснование конструкции	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	
СПЕЦИФИКАЦИИ.....	
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в отрасли сельского хозяйства Республики Татарстан внедряются инновации по переработке, хранению и реализации сельскохозяйственных угодий, модернизируется ремонтно-технологическая база, повышается уровень технологического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. Чтобы не отставать от технического прогресса, необходимо внедрить в РТХ современные технологии, перевооружить имеющуюся технику и оборудование. Конечно, внедрение инноваций требует значительных капиталовложений, в результате чего повышается балансовая стоимость сельскохозяйственной техники, что в свою очередь приводит к увеличению расходов на обслуживание и ремонт. В связи с этим предлагается ряд мероприятий:

- 1) повышение качества восстановления деталей;
- 2) Использование современного диагностического оборудования;
- 3) Повышение производительности труда

Это позволит в будущем сократить расходы на ремонт.

Эффективность ремонта сельскохозяйственной техники определяется ремонтом и восстановлением сломанных и изношенных деталей. При этом решается основная проблема оснащения эксплуатируемых машин запасными частями, т. е. детальная реконструкция – огромный резерв материальных и энергетических ресурсов.

1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЯ, ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

1.1 Описание устройства, анализ работы и характеристика причин потери работоспособности КПП трактора К-700

Трактор К-700 - Кировский вариант мощного универсала. Разработанный конструкторами Кировского тракторного завода мощный колесный трактор 5-го тягового класса успешно прошел ходовые испытания в середине 1962 года. Удачная во многих отношениях машина пошла в серию, причем отдельные конструктивно-производственные недостатки устранялись в процессе производства.

Универсальный по многим параметрам трактор общего назначения марки «Кировец» К-700 с одинаковым успехом может агрегатироваться с производительными, прицепными, полунавесными и навесными сельхозмашинами, ковшовыми погрузчиками, дорожно-строительными, мелиоративными и транспортными агрегатами.

- Накопленный в процессе эксплуатации базовой машины опыт стал основой для разработки более совершенных тракторов К-700А и К-701. Эти модели отличаются разной мощностью силовых установок, существенными изменениями в конструкции ходовой части.
- Заложенные в концепцию этих тракторов передовые для своего времени технические решения оказались удачными, поэтому обе модели с минимальной модернизацией большими сериями производились до 2000-го года.
- На конвейер была поставлена более современная по эксплуатационным характеристикам машина марки К-744, которая успешно производится до настоящего времени.

Стабильный спрос на трактор К-700 и последующие разработки конструкторов Кировского завода базируется на удачной конструкции рабочих узлов и агрегатов, а также всего трактора в целом.



Рисунок 1.1 - Трактор «Кировец» К-700.

На отечественном и зарубежном тракторных рынках высоко ценится продолжительный ресурс, тяговые характеристики и экономичность дизельных силовых установок, возможность полноценного применения машин в сложных и экстремальных климатических условиях.

Особого внимания заслуживает трансмиссия Кировца. В коробках передач тракторов К-700 не устанавливается муфта сцепления. Вместо этого используется педаль слива, с помощью которой снижается давление в гидросистеме КПП.

Схематический разрез коробки передач показан на рисунке 1.1.

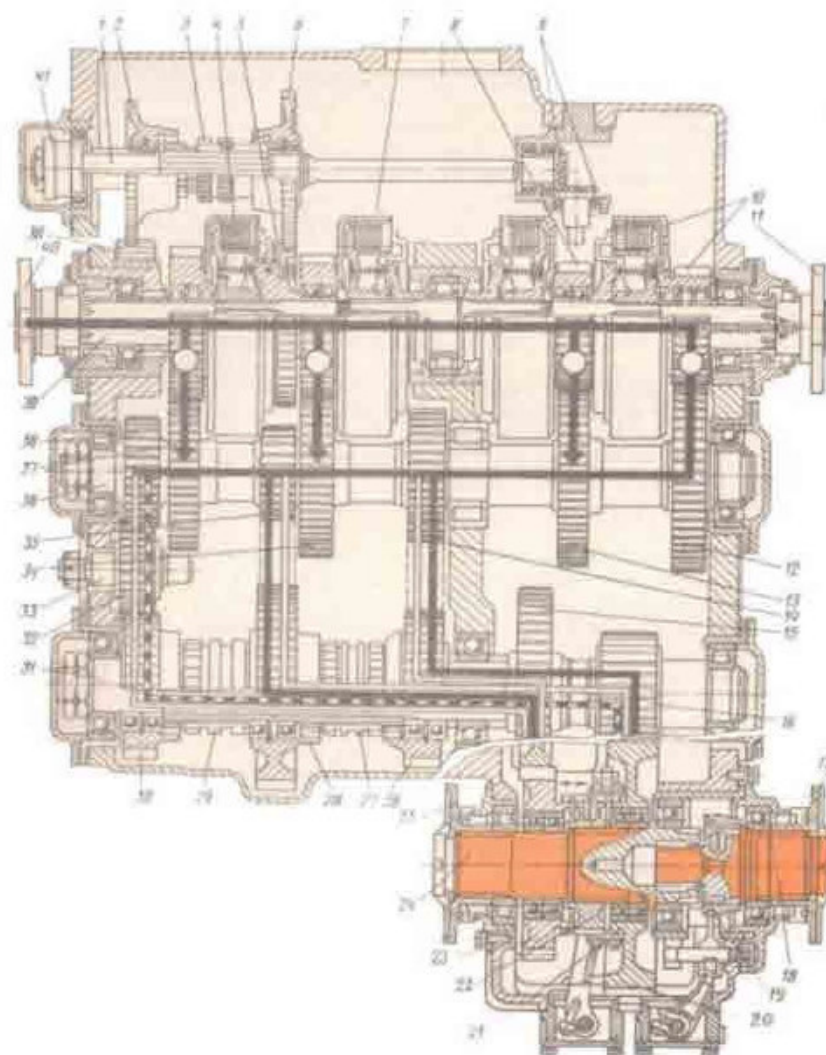


Рисунок 1.2 - Схематический разрез коробки передач трактора К-700.

В коробке передач четыре основных вала. Первичный (ведущий) вал 39 приводится во вращение фланцем 40 передней карданной передачи. Ниже расположены промежуточный 36 и грузовой 31 валы. В нижнем приливе установлен раздаточный 24 с фланцем 25 привода переднего ведущего моста и 18 заднего ведущего моста.

Ремонт и регулировка коробки переключения передач трактора К-700.

Для выполнения технического задания – ремонт и регулировка КПП К-700 – выполняют следующее:

- разборка коробки передач;
- мойка узлов и деталей;
- дефектовка;
- комплектация взамен вышедших деталей из строя;

- ремонт деталей пригодных к восстановлению;
- сборка ;
- обкатка, испытание (ведущий вал, коробка передач).

1.2 Неисправности и ремонт КПП трактора К-700

Таблица 1.1 - Неисправности и ремонт КПП трактора К-700.

Неисправность	Ремонт
1. Затруднение переключения передач трактора К-700: - неполное выключение сцепления (сцепление «ведет»); - изношенный или поврежденный синхронизатор; - повреждены зубья зубчатых муфт.	Регулировка свободного хода педали сцепления К-700, или если есть поврежденные детали – их меняют, Заменить синхронизатор. Заменить непригодные детали.
2. Повышенный шум коробки передач трактора К-700: - недостаточно масла в коробке передач; - изношенность подшипников валов коробки передач; - повышенный износ зубьев шестерен.	Заливают масло до уровня контрольного отверстия. Замена неисправных подшипников. Замена неисправных шестерен.
3. Самопроизвольное выключение передач во время движения трактора К-700: - неравномерность износа зубьев зубчатых муфт; - повышенная изношенность подшипников валов коробки передач; - неисправные фиксаторы штоков механизма переключения коробки передач.	Замена неисправных деталей и подшипников.
4. Самопроизвольное выключение диапазонов в демультипликаторе трактора К-700: - поступает сжатый воздух в полость цилиндра, которая противоположная включенной передаче; - большая изношенность сухарей вилки.	Замена неисправных уплотнительных колец и впускного клапана воздухораспределителя. Меняют сухари, регулируют ход штока.

5. «Невключение» или замедленное включение диапазонов в демультипликаторе при нейтральном положении рычага. Лампа долго не гаснет, воздух выходит через сапун верхней крышки: - повреждена мембрана воздухораспределителя; - износились или затвердели уплотнительные кольца рабочего цилиндра в отверстии под шток вилки переключения.	Замена поврежденной мембраны. Замена уплотнительных колец.
6. Пропуск воздуха через сапун воздухораспределителя при включенной передаче в основной коробке: - изношенность резины впускного клапана; - неплотное прилегание толкателя к впускному клапану.	Замена клапана. Замена неисправных деталей.

Регулировка коробки переключения передач трактора К-700.

1. Испытание и регулировку КПП после сборки выполняют на стенде.
2. В картер коробки передач К-700 залить моторное масло М108 до отметки верхнего контрольного отверстия.
3. Чтобы масло заполнило масляные магистрали, прокрутить ведущий вал коробки передач К-700 ($900+70 \text{ мин}^{-1}$ на протяжении 1 минуты). При необходимости масло долить.
4. Обкатка при нейтральном положении рычагов управления ($900+70 \text{ об/мин}$, 5 мин.).
При обкатке сделать:
 - регулировку редукционного клапана на предварительное давление 0,85 МПа;
 - проверка течи из уплотнений и наружных соединений маслопроводов;

- проверка давления масла, которое поступает на смазку, его величина должна быть не меньше 0,05 МПа;

- проверка давления масла, что поступает к механизму отбора мощности и тормозу-синхронизатору, показатель этого параметра должен составлять 0,85 МПа;

5. Выполнив обкатку на нейтральной передаче, нужно сделать обкатку на 1-, 2-, 3-, 4-й передачах на протяжении 2 минуты для каждой (рычаг кулисы – в нейтральном положении, давления масла – 0,85 МПа.

6. Обкатка коробки передач на частоте вращения $1700 \pm 70 \text{ мин}^{-1}$ коленчатого вала (6 минут на всех передачах I и IV режимов, и 3 минуты на всех передачах I и II режимов заднего хода). Внутри диапазона каждого из режимов переключение передач выполняется последовательно – от низшей к высшей. Переход с режима на режим осуществляется на нейтральной передаче, частота вращения – не превышает 900 мин^{-1} . Температура масла не больше 90°C .

- Утечки масла из наружных соединений маслопроводов и уплотнений – не должно быть.

- Функционирование шестерен – плавное, при равномерном шуме.

- Дробных перекатов и отдельных ударов – не должно быть.

- Окончив испытание и регулировку – концы всех отверстий закрываются технологическими пробками.

- Сделать проверку, как осуществлена затяжка крепления верхней половины картера к нижней.

1.3 Обзор существующих конструкций и обоснование выбранной конструкции

При текущем ремонте агрегатов трансмиссии энергонасыщенных тракторов в условиях хозяйств устраняют неисправности методом восстановления регулировок и замены изношенных или поломанных деталей. В сложных случаях (переборка ведущего вала коробки передач с заменой

дисков трения фрикционов, подшипников, шестерен, ремонт ведущих мостов с заменой шестерен, подшипников и др.) агрегаты ремонтируют в специализированных мастерских с использованием оригинальной оснастки. Необходимость использования оснастки возникает из-за сложности выпрессовки подшипников с ведущего вала.

В случае отсутствия оснастки, ведущий вал разбирают вручную, в основном с использованием тисков, подвески и кувалды. Выполняемые таким образом разборочно-сборочные работы ведут к разрушению, а иногда и поломке рабочих поверхностей фрикционов, дисков и других деталей.

В связи с вышеприведенными аргументами возникает необходимость разработки конструкции приспособления или станда для выполнения разборочных работ ведущего вала КПП тракторов К-700, К-701 «Кировец».

При разработке конструкции станда выбирались доступные технологические схемы и материалы.

Для выпрессовки подшипников с вала предлагается использовать гидравлический привод. Основными свойствами и преимуществами таких приводов являются:

- высокое давление рабочей жидкости в цилиндрах позволяет получить большое усилие на штоке;
- выпрессовка происходит плавно, без ударов и толчков, благодаря практической несжимаемости масла;
- сокращение габаритов приспособлений приводит к уменьшению их массы, облегчает их эксплуатацию (транспортирование, смену и установку) и уменьшению занимаемой площади;
- бесшумность работы в отличие от пневматических систем.

В целях уменьшения себестоимости ремонта тракторов и автомобилей, их КПП лучше ремонтировать на участке ремонта трансмиссии. В проектированной мастерской, а в частности на участке по ремонту трансмиссии имеется все необходимое оборудование.

В целях уменьшения себестоимости ремонта тракторов и автомобилей, их КПП лучше ремонтировать на участке ремонта трансмиссии. В проектированной мастерской, а в частности на участке по ремонту трансмиссии имеется все необходимое оборудование.

Разборку машин и агрегатов необходимо выполнять в строгой последовательности, предусмотренной технической документацией. Технологические карты на разборку машин разработаны ГОСНИТИ для каждой марки. В них указаны порядок выполнения операций, применяемое оборудование, инструмент и технические условия на выполняемые работы.

Из вышеуказанного возникает необходимость конструирования стенда для выполнения разборочных работ, отвечающего следующим требованиям.

1. Простота конструкции.
2. Небольшая трудоемкость в изготовлении.
3. Удобство в работе и обслуживании.
4. Небольшая стоимость.
5. Универсальность.

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

2.1 Определение годовой производственной программы

2.1.1 Определение количества ремонтно-обслуживающих воздействий

Количество РОВ для тракторов.

Расчет количества капитальных, текущих ремонтов и периодических технических обслуживаний по каждой марки тракторов для реального хозяйства ведется по формулам:

$$K_{кр}^T = \frac{B_{факт}^T + B_n}{B_k^T}, \quad (2.1)$$

$$K_T^T = \left(\frac{B_{факт}^T + B_n}{B_T^T} \right) + K_K^T, \quad (2.2)$$

$$K_{то3}^T = \left(\frac{B_{факт}^{то3} + B_n}{B_{то3}^T} \right) - K_{кр}^T - K_T^T, \quad (2.3)$$

$$K_{то2}^T = \left(\frac{B_{факт}^{то2} + B_n}{B_{то2}^T} \right) - K_{кр}^T - K_T^T - K_{то3}^T, \quad (2.4)$$

$$K_{то1}^T = \left(\frac{B_{факт}^{то1} + B_n}{B_{то1}^T} \right) - K_K^T - K_T^T - K_{то3}^T - K_{то2}^T, \quad (2.5)$$

где – $B_{факт}^T$ – фактическая наработка от начала эксплуатации или после очередного капитального ремонта, мото-ч;

B_n – планируемая годовая наработка, мото-ч;

B_k^T – периодичность проведения капитального ремонта, мото-ч;

B_T^T – периодичность проведения текущего ремонта, мото-ч;

$B_{то3}^T$ – периодичность проведения ТО-3, мото-ч;

$B_{то2}^T$ – периодичность проведения ТО-2, мото-ч;

$B_{то1}^T$ – периодичность проведения ТО-1, мото-ч.

Рассчитаем количество РОВ для трактора К – 700 :

$$K_{кр}^T = \frac{16832 + 1052}{5541,3} = 0$$

$$K_T^T = \left(\frac{208,1 + 1052}{1847,1} \right) - 0 = 1 \text{ шт.},$$

$$K_{\text{то3}}^{\text{т}} = \left(\frac{1190,4 + 1052}{1203,2} \right) - 0 - 1 = 1 \text{ шт.},$$

$$K_{\text{то2}}^{\text{т}} = \left(\frac{277 + 1052}{301} \right) - 0 - 1 - 1 = 2 \text{ шт.},$$

$$K_{\text{то1}}^{\text{т}} = \left(\frac{62,4 + 1052}{75,2} \right) - 0 - 1 - 1 - 2 = 11 \text{ шт.}$$

Так как расчеты для остальных тракторов аналогичны, их можно опустить.

Расчет количества капитальных, текущих ремонтов и периодических технических обслуживаний по каждой марке автомобиля ведется по формулам:

$$K_{\text{кр}}^{\text{а}} = N_{\text{а}} \cdot O_{\text{кр}} \cdot P_{\text{ду}} \cdot P_{\text{к}}, \quad (2.6)$$

$$K_{\text{то-2}}^{\text{а}} = \frac{N_{\text{а}} \cdot B_{\text{а}}^{\text{т}}}{M_{\text{то-2}}^{\text{а}}} \cdot P_{\text{ду}} \cdot P_{\text{к}} - K_{\text{кр}}^{\text{а}}, \quad (2.7)$$

$$K_{\text{то-1}}^{\text{а}} = \frac{3}{4} \cdot \frac{N_{\text{а}} \cdot B_{\text{а}}^{\text{т}}}{M_{\text{то-1}}^{\text{а}}} \cdot P_{\text{ду}} \cdot P_{\text{к}}, \quad (2.8)$$

$$K_{\text{сто}} = 2 \cdot N_{\text{а}}. \quad (2.8)$$

где $B_{\text{а}}^{\text{т}}$ – планируемый пробег автомобиля, тыс. км.;

$O_{\text{кр}}$ – коэффициент охвата капитальным ремонтом автомобилей;

$P_{\text{ду}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий категорию дорожных условий;

$P_{\text{к}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия эксплуатации;

$q_{\text{т}}$ – суммарная удельная трудоемкость на текущий ремонт (чел-ч);

$N_{\text{а}}$ – количество автомобилей одной марки, шт;

$M_{\text{то-2}}^{\text{а}}; M_{\text{то-1}}^{\text{а}}$ – периодичность проведения ТО-2 и ТО-1 для автомобилей данной марки, тыс. км. пробега ;

Рассчитаем количество РОВ для автомобиля ЗИЛ:

$$K_{\text{кр}}^{\text{а}} = 18 \cdot 0,11 \cdot 0,75 \cdot 1 = 1 \text{ шт.},$$

$$K_{\text{то-2}}^{\text{а}} = \frac{18 \cdot 20000}{10000} \cdot 0,75 \cdot 1 - 1 = 26 \text{ шт.},$$

$$K_{\text{то-1}}^{\text{а}} = \frac{3}{4} \cdot \frac{18 \cdot 20000}{2500} \cdot 0,75 \cdot 1 = 81 \text{ шт.},$$

$$K_{\text{сто}} = 2 \cdot 18 = 36 \text{ шт.}.$$

Аналогично проводим расчеты для остальных автомобилей. Полученные данные сводим в таблицу 2.2.

Расчет количества капитальных ремонтов и периодических технических обслуживаний по каждой марке комбайна ведется по формулам:

$$K_{кр}^k = \frac{N_k}{t_a};$$

$$K_{то2}^k = \frac{N_k \cdot B_r}{M_{то2}^k} - K_{кр}^k;$$

$$K_{то1}^k = \frac{3}{4} \cdot \frac{N_k \cdot B_r}{M_{то1}^k};$$

где: N_k – количество комбайнов, шт.

t_a - срок службы комбайна, лет.

$M_{то1}^k, M_{то2}^k$ – периодичность проведения очередного ТО.

Количество РОВ для комбайна ДОН 1500:

$$K_{кр}^k = \frac{10}{7} = 1 \text{ шт.};$$

$$K_{то2}^k = \frac{10 \cdot 116}{240} - 1 = 4 \text{ шт.};$$

$$K_{то1}^k = \frac{3}{4} \cdot \frac{10 \cdot 116}{60} = 15 \text{ шт.}.$$

Количество РОВ для комбайна Нива СК – 5:

$$K_{кр}^k = \frac{4}{7} = 0,57 \approx 1 \text{ шт.};$$

$$K_{то2}^k = \frac{4 \cdot 127}{240} - 1 = 1 \text{ шт.};$$

$$K_{то1}^k = \frac{3}{4} \cdot \frac{4 \cdot 127}{60} = 6 \text{ шт.}.$$

Годовой объем ремонтно-обслуживающих работ по сельскохозяйственным машинам одной марки можно определить по следующим формулам:

$$T_{тр}^Г = h_{тр}^С \cdot N_{СП} \quad (2.9)$$

где $T_{тр}^Г$ - годовая трудоемкость текущего ремонта всех сельхозмашин данной марки, (чел.-ч);

$h_{\text{тр}}^{\text{с}}$ - суммарная годовая трудоемкость текущего ремонта машины данной марки, (чел.-ч);

$N_{\text{сп}}$ - списочное число машин данной марки, шт.

$$T_{\text{ТО}}^{\Gamma} = h_{\text{ТО}}^{\text{с}} \cdot N_{\text{сп}} \quad (2.10)$$

$T_{\text{ТО}}^{\Gamma}$ - годовая трудоемкость периодического технического обслуживания всех сельхозмашин данной марки, (чел.-ч);

$h_{\text{ТО}}^{\text{с}}$ - суммарная годовая трудоемкость периодических технических обслуживании одной машины данной марки, (чел.-ч);

$$T_{\text{ХР}}^{\Gamma} = h_{\text{ХР}}^{\text{с}} \cdot N_{\text{СП}} \cdot \mu_{\text{ХР}} \quad (2.11)$$

$T_{\text{ХР}}^{\Gamma}$ - годовая трудоемкость технического обслуживания, связанная с хранением сельхозмашин, (чел.-ч);

$h_{\text{ХР}}^{\text{с}}$ - суммарная годовая трудоемкость технического обслуживания, связанная с хранением одной машины данной марки при условии постановки машины на длительное хранение один раз в течение года, (чел.-ч);

$\mu_{\text{ХР}}$ - коэффициент охвата хранением машин данной марки.

Количество РОВ для сеялок СЗУ – 3,6:

$$T_{\text{ТР}}^{\Gamma} = 63 \cdot 30 = 1890 \text{ чел} - \text{ч};$$

$$T_{\text{ТО}}^{\Gamma} = 3 \cdot 30 = 90 \text{ чел} - \text{ч};$$

$$T_{\text{ХР}}^{\Gamma} = 5 \cdot 30 \cdot 1,5 = 225 \text{ чел} - \text{ч}.$$

Для остальной техники расчёт РОВ проводим аналогично.

2.2 Определение годовой трудоемкости ремонтно-обслуживающих работ

Общую трудоемкость капитальных ремонтов и технических обслуживаний для тракторов можно определить по формулам :

Трудоемкость капитального ремонта трактора:

$$T_{\text{КР}}^{\text{Т}} = K_{\text{КР}}^{\text{Т}} \cdot t_{\text{КР}}; \quad (2.12)$$

где: $K_{\text{КР}}^{\text{Т}}$ - количество капитальных ремонтов, шт.;

$t_{\text{КР}}$ - трудоемкость одного капитального ремонта, чел.-ч.

Трудоемкость текущего ремонта трактора:

$$T_{TP}^T = \frac{B_2}{1000} \cdot q_{TP}; \quad (2.13)$$

где: q_{TP} - суммарная удельная трудоемкость текущего ремонта трактора, чел.-ч/1000у.э.га

Трудоемкость ТО-3:

$$T_{TO3}^T = K_{TO3}^T \cdot t_{TO3}; \quad (2.14)$$

где: K_{TO3}^T - количество ТО-3, шт.;

t_{TO3} - трудоемкость одного ТО-3, чел.-ч.

Трудоемкость ТО-2:

$$T_{TO2}^T = K_{TO2}^T \cdot t_{TO2}; \quad (2.15)$$

где: K_{TO2}^T - количество ТО-2, шт.;

t_{TO2} - трудоемкость одного ТО-2, чел.-ч.

Трудоемкость ТО-1:

$$T_{TO1}^T = K_{TO1}^T \cdot t_{TO1}; \quad (2.16)$$

где: K_{TO1}^T - количество ТО-1, шт.;

t_{TO1} - трудоемкость одного ТО-1, чел.-ч.).

Трудоемкость сезонного обслуживания:

$$T_{СТО}^T = K_{СТО}^T \cdot t_{СТО}^T; \quad (2.17)$$

где: $K_{СТО}^T$ - количество сезонных обслуживании, шт.;

$t_{СТО}^T$ - трудоемкость одного сезонного обслуживания, чел.-ч.

Рассчитаем общую трудоемкость РОВ для трактора К – 700:

$$T_{KP}^T = 2 \cdot 660 = 1320 \text{ чел.-ч.};$$

$$T_{TP}^T = \frac{1105}{1000} \cdot 54 \cdot 3 = 179 \text{ чел.-ч.};$$

$$T_{TO3}^T = 3 \cdot 43,2 = 129,6 \text{ чел.-ч.};$$

$$T_{TO2}^T = 7 \cdot 10,6 = 74,2 \text{ чел.-ч.};$$

$$T_{TO1}^T = 33 \cdot 2,5 = 82,5 \text{ чел.-ч.};$$

$$T_{СТО}^T = 6 \cdot 29,3 = 175,8 \text{ чел.-ч.}$$

Расчёты для остальных марок тракторов делаем аналогично. Полученные результаты вносим в таблицу 2.1.

Общую трудоемкость капитальных ремонтов и технических обслуживаний для автомобилей можно определить по формулам:

$$T_{кр}^a = K_{кр}^a \cdot t_{кр}^a, \quad (2.18)$$

$$T_T^a = \left(\frac{N_a \cdot B_a \cdot q_T}{1000} \right) \cdot \Pi_{ду} \cdot \Pi_k, \quad (2.19)$$

$$T_{то-2}^a = K_{то-2}^a \cdot t_{то-2}^a, \quad (2.20)$$

$$T_{то-1}^a = K_{то-1}^a \cdot t_{то-1}^a, \quad (2.21)$$

$$T_{сто}^a = K_{сто}^a \cdot t_{сто}^a, \quad (2.22)$$

где $T_{кр}^a, T_{то-2}^a, T_{то-1}^a, T_{сто}^a$ – общая трудоёмкость определенного вида РОВ для всех автомобилей данной марки, чел-ч;

$K_{кр}^a, K_{то-2}^a, K_{то-1}^a, K_{сто}^a$ – годовое число РОВ;

t – трудоемкость хранения;

$t_{кр}^a, t_{то-2}^a, t_{то-1}^a, t_{сто}^a$ – трудоемкость КР, ТО-2, ТО-1 и сезонного технического обслуживания, чел-ч;

Рассчитаем общую трудоемкость РОВ для автомобиля ЗИЛ:

$$T_{кр}^a = 1 \cdot 302 = 302 \text{ чел-ч};$$

$$T_T^a = \left(\frac{18 \cdot 20000 \cdot 5,3}{1000} \right) \cdot 0,75 \cdot 1 = 1431 \text{ чел-ч};$$

$$T_{то-2}^a = 26 \cdot 10,8 = 280,8 \text{ чел-ч};$$

$$T_{то-1}^a = 81 \cdot 3,5 = 283,5 \text{ чел-ч};$$

$$T_{сто}^a = 36 \cdot 14 = 504 \text{ чел-ч};$$

Расчёты для остальных марок автомобилей выполняем аналогично. Полученные данные заносим в таблицу 2.1.

Общую трудоемкость капитальных ремонтов и технических обслуживаний для комбайнов можно определить по формулам:

$$T_{кр}^K = K_{кр}^K \cdot t_{кр}^K; \quad (2.23)$$

$$T_{тр}^K = N_K \cdot q_{тр}^K \cdot \Pi_3^K; \quad (2.24)$$

$$T_{то2}^K = K_{то2}^K \cdot t_{то2}^K; \quad (2.25)$$

$$T_{TO1}^K = K_{TO1}^K \cdot t_{TO1}^K; \quad (2.26)$$

где t_{KP}^K - трудоёмкость капитального ремонта комбайна;

N_K – количество комбайнов, шт;

q_{TP}^K - суммарная удельная трудоёмкость на текущий ремонт комбайна в год (чел-час/комбайн);

Π_3^K - поправочный коэффициент, учитывающий зону эксплуатации;

t_{TO2}^K - трудоёмкость ТО – 2 комбайна;

t_{TO1}^K - трудоёмкость ТО – 1 комбайна.

Общая трудоемкость капитальных ремонтов и технических обслуживаний для комбайна ДОН 1500 :

$$T_{KP}^K = 1 \cdot 60 = 60 \text{ чел} - \text{ч};$$

$$T_{TP}^K = 10 \cdot 230 \cdot 1,13 = 2599 \text{ чел} - \text{ч};$$

$$T_{TO2}^K = 4 \cdot 7,4 = 29,6 \text{ чел} - \text{ч};$$

$$T_{TO1}^K = 15 \cdot 5,6 = 84 \text{ чел} - \text{ч}.$$

Общая трудоемкость капитальных ремонтов и технических обслуживаний для комбайна Нива СК-5:

$$T_{KP}^K = 1 \cdot 46 = 46 \text{ чел} - \text{ч};$$

$$T_{TP}^K = 10 \cdot 180 \cdot 1,13 = 813,6 \text{ чел} - \text{ч};$$

$$T_{TO2}^K = 1 \cdot 6,6 = 6,6 \text{ чел} - \text{ч};$$

$$T_{TO1}^K = 16 \cdot 5,1 = 30,6 \text{ чел} - \text{ч}.$$

Результаты расчетов трудоёмкости РОВ сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Общая трудоёмкость ремонтно-обслуживающих воздействий.

Марка машины	Кол-во машин	Трудоемкость РОВ, чел-ч						
		КР	ТР	ТО-3	ТО-2	ТО-1	СТО	Хране ние
К – 700	3	1320	179	129,6	74,2	82,5	175,8	3
К – 701	5	3630	181,7	75,6	150,8	125,4	183	3
К – 744	2	0	76,4	50,4	69,6	52,8	73,2	1,2
Т – 150	3	1160	189,4	42,3	68	81,7	31,8	0,6
ДТ – 175	2	580	149,5	84,6	61,2	64,6	21,2	0,4
ВТ – 100	1	580	78,2	42,3	27,2	34,2	10,6	0,2
ДТ – 75	7	963	287,6	21,4	64	124,2	239,4	3,5
Т – 70	5	0	51,84	14	6,9	23	68	1
МТЗ – 1221	1	0	31,6	0	6,8	15,2	10,6	0,2
МТЗ – 82	2	0	294	19,8	69	97,2	14	0,8
МТЗ – 80	3	906	253,9	39,6	41,4	81	21	1,2
ЮМЗ – 6АЛ	2	816	321	0	43,8	62,5	59,6	0,8
ЗИЛ	18	302	-	-	280,8	283,5	504	10,62
КамАЗ	3	0	-	-	82,5	61,4	129	2,94
ГАЗ	6	249	-	-	72,8	78,3	637,2	3,3
ДОН 1500	10	60	2599	-	29,6	84	-	9
Нива СК-5	4	46	813,6	-	6,6	30,6	-	2,8
УАЗ	7	241	-	-	51	44	154	3,64
ГАЗ – 3102	2	0	-	-	17	13,2	44	1,04
Всего	86	10853	5506,7	519,6	1223,2	1439,3	2376,4	49,24

2.3 Распределение годового объёма работ по видам и определение состава участков РМ

Распределение годового объёма ремонтно-обслуживающих работ представлено в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Распределение работ и трудоемкости по предприятиям ремонтно-обслуживающей базы, чел.-ч.

Вид РОВ, наименование машин	Ремонтно-обслуживающая база и распределение трудоемкости					
	РМ	СТОТ	СТОА	СТОЖ	РТП	Заводы
1	2	3	4	5	6	7
Капитальный ремонт						
Трактора	-	-	-	-	9955	-
Комбайны зерноуборочные	-	-	-	-	106	-
Автомобили	-	-	-	-	-	792
Сельхозмашины	-	-	-	-	-	-
Текущий ремонт						
Тракторы	2094	-	-	-	-	-
Комбайны зерноуборочные	1365,6	-	-	-	-	2047,6
Автомобили	3477,3	-	-	-	-	-
Сельхозмашины	-	-	-	-	-	-
ТО-3						
Тракторы	519,6	-	-	-	-	-
Комбайны зерноуборочные	-	-	-	-	-	-
Автомобили	-	-	-	-	-	-
Сельхозмашины	-	-	-	-	-	-
ТО-2						
Тракторы	638,9	-	-	-	-	-
Комбайны зерноуборочные	36,2	-	-	-	-	-
Автомобили	504,1	-	-	-	-	-
Сельхозмашины	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2.2

ТО-1						
Тракторы	884,3	-	-	-	-	-
Комбайны зерноуборочные	114,6	-	-	-	-	-
Автомобили	480,6	-	-	-	-	-
1	2	3	4	5	6	7
Сельхозмашины	-	-	-	-	-	-
СТО						
Тракторы	590,2	-	-	-	-	-
Комбайны зерноуборочные	-	-	-	-	-	-
Автомобили	1468,2	-	-	-	-	-
Сельхозмашины	-	-	-	-	-	-
Хранение						
Тракторы	15,9	-	-	-	-	-
Комбайны зерноуборочные	11,8	-	-	-	-	-
Автомобили	21,54	-	-	-	-	-
Сельхозмашины	810	-	-	-	-	-
Доп. работы	2502	-	-	-	-	-
ВСЕГО	19184	-	-	-	10061	2839,6

Суммарная трудоемкость $T_{\text{сум}}$ равна сумме всех видов обслуживаний и ремонтов, проводимых в планируемой РМ $T_{\text{сум}}=11128,5$ чел.-ч.

В РМ выполняют дополнительные работы, они составят:

$$T_{\text{общ}}^r = T_{\text{сум}} \cdot k, [\text{чел.-ч}] \quad (2.27)$$

$$T_{\text{общ}}^r = 16682 \cdot 1,15 = 19184 \text{ чел.} - \text{ч}$$

где k – коэффициент, учитывающий дополнительные работы (принимается равным 1,15...1,20).

Годовая программа, выраженная в условных ремонтах при $T_{\text{услрем}} = 300$ чел.-ч:

$$W_y = \frac{T_{\text{общ}}^r}{300}, [\text{усл. рем.}] \quad (2.28)$$

$$W_y = \frac{19184}{300} = 63.95 \approx 64$$

2.3.1 Распределение годового объема работ по видам работ

В большинстве случаев общую трудоемкость ремонта определяют по укрупненным показателям и для распределения ее по видам работ применяют приближенные расчеты. При этом используют рекомендации отраслевых научно – исследовательских институтов, в которых даны процентные отношения отдельных видов работ от общей трудоемкости по конкретному объекту ремонта [].

Результаты распределения трудоемкости сводим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 - Распределение годового объёма трудоемкости по видам работ

Виды работ	Годовой объем трудоемкости, чел-ч	
	принимаемый процент	трудоемкость
ТО и диагностика	20	3836,8
Ремонт ДВС	20	3836,8
Мех. участок	5	959,2
Ремонт электрооборудования	2	383,68
Ремонт топливной аппаратуры	3	575,52
Кузнечно-термические	4	767,36
Сварочные	5	959,2
Шиноремонтные	3	575,52
ТО и зарядка аккумуляторов	1,5	287,76
Моечные	1,5	287,76
Сборочно-разборочные	35	6714,42
Итого:	100	19184

2.4 Расчет основных параметров РМ

2.4.1 Назначение режима работы и определение фондов времени рабочих и оборудования

Исходя из принятого режима работы ЦРМ, можно определить годовые и месячные фонды времени предприятия в целом, цеха, отделения, оборудования или рабочего на 2020 г.

Номинальный фонд времени рабочего :

$$\Phi_{н.р.} = (d_k - d_v - d_{п}) \cdot t_{см} - d_{пп} \cdot t_c, \quad (2.27)$$

где $d_k, d_v, d_{п}$ – соответственно число календарных, выходных и праздничных дней,

$t_{см}$ – продолжительность смены, ч.;

$d_{пп}$ – число предпраздничных дней.

Тогда:

$$\Phi_{н.р.} = (365 - 104 - 12) \cdot 8 - 5 \cdot 1 = 1987 \text{ ч.}$$

Действительный фонд времени рабочего:

$$\Phi_{д.р.} = [(d_k - d_v - d_{п} - d_o) \cdot t_{см} - d_{пп}] \cdot \eta_p, \quad (2.28)$$

где d_o – число отпускных дней в планируемом периоде;

η_p – коэффициент, учитывающий пропуски работы по уважительным причинам ($\eta_p = 0,96$).

Для электро- и газосварщиков, аккумуляторщиков $d_o = 28$, тогда:

$$\Phi_{д.р.1} = [(365 - 104 - 12 - 28) \cdot 8 - 5 \cdot 1] \cdot 0,96 = 1693,7 \text{ ч.}$$

Для вулканизаторщиков, мойщиков $d_o = 26$, тогда:

$$\Phi_{д.р.2} = [(365 - 104 - 12 - 26) \cdot 8 - 5 \cdot 1] \cdot 0,96 = 1709 \text{ ч.}$$

И для рабочих ремонтников других специальностей $d_o = 25$, тогда:

$$\Phi_{д.р.3} = [(365 - 104 - 12 - 25) \cdot 8 - 5 \cdot 1] \cdot 0,96 = 1716,7 \text{ ч.}$$

Таблица 2.4 – Годовые фонды времени рабочих.

Специальность рабочего	Продолжит ельность рабочей недели, ч	Продол- жительность отпуска	Номина- льный фонд времени	Потери номиналь- ного фонда времени	Действите- льный фонд времени
Ремонтники	40	25	1987	270,3	1716,7
Сварщик, аккумуляторщик	40	28	1987	293,3	1693,7
Шиномонтажник, мойщик	40	26	1987	278	1709

Номинальный фонд времени оборудования:

$$\Phi_{\text{н.о.}} = [(d_{\text{к}} - d_{\text{в}} - d_{\text{п}}) \cdot t_{\text{см}} - d_{\text{пп}}] \cdot n_{\text{с}}, \quad (2.29)$$

где $n_{\text{с}}$ – число смен работы оборудования в сутки.

Тогда:

$$\Phi_{\text{н.о.}} = [(365 - 104 - 12) \cdot 8 - 5 \cdot 1] \cdot 1 = 1987 \text{ ч.}$$

Действительный годовой фонд времени работы оборудования представляет собой время, в течение которого оно может быть полностью загружено, т.е.

$$\Phi_{\text{д.о.}} = \Phi_{\text{н.о.}} \cdot \eta_{\text{о}}, \quad (2.30)$$

где $\eta_{\text{о}}$ – коэффициент использования оборудования, учитывающий простои в ремонте и техническом обслуживании ($\eta = 0,95 \dots 0,98$).

$$\Phi_{\text{д.о.1.}} = 1987 \cdot 0,95 = 1887,5 \text{ ч.}$$

$$\Phi_{\text{д.о.2.}} = 1987 \cdot 0,96 = 1907,5 \text{ ч.}$$

$$\Phi_{\text{д.о.3.}} = 1987 \cdot 0,98 = 1947,2 \text{ ч.}$$

Таблица 2.5 - Годовые фонды времени оборудования.

Тип оборудования	При одной смене		
	Номинальный годовой фонд времени оборудования, ч	Потери номинального годового фонда времени оборудования, ч	Действительный годовой фонд времени оборудования, ч
1	2	3	4
Моечный	1987	79,5	1907,5
Тех. обслуживания	1987	39,8	1947,2
Сварочный	1987	99,4	1887,6
Шиномонтажный	1987	79,5	1907,5
Кузнечно-термический	1987	39,8	1947,2
Слесарно-механический	1987	39,8	1947,2
Тех. обслуживания и зарядки аккумуляторов	1987	99,4	1887,6
Электроремонтный	1987	39,8	1947,2
Ремонта ДВС	1987	39,8	1947,2
Ремонта топливной аппаратуры	1987	39,8	1947,2
Сборочно-разборочный	1987	39,8	1947,2

2.4.2 Определение количества рабочих и служащих

Явочное и списочное числа рабочих определяют соответственно по формулам [3]:

$$P_{\text{яв}} = T_r / \Phi_n \quad (2.31)$$

$$P_{\text{сп}} = T_r / \Phi_d \quad (2.32)$$

где T_r – годовая трудоемкость работ по участкам, чел-ч;

Φ_d, Φ_n – соответственно годовые действительный и номинальный фонды времени рабочего, ч;

Явочное и списочное числа рабочих для проведения моечных работ равны:

$$P_{\text{яв}} = 287,76 / 1987 = 0,15 \text{ чел};$$

$$P_{\text{сп}} = 287,76 / 1709 = 0,16 \text{ чел};$$

Для нахождения числа рабочих по остальным специальностям проводим аналогичные расчёты, результаты сводим в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Количество производственных рабочих.

Наименование участка	Годовая трудоёмкость $T_{\text{г}}$, чел-ч	Действительный годовой фонд времени $\Phi_{\text{д}}$, ч	Номинальный годовой фонд времени $\Phi_{\text{н}}$, ч	Списочное число рабочих, чел		Явочное число рабочих, чел
				Расчётное	Принятое	
1	2	3	4	5	6	7
ТО и диагностики	3836,8	1716,7	1987	2,23	3	1,93
Слесарно – механический	959,2	1716,7	1987	0,56		0,48
Ремонта ДВС	3836,8	1716,7	1987	2,23	3	1,93
Ремонта топливной аппаратуры	575,52	1716,7	1987	0,34		0,3
Ремонта электро-оборудования	383,68	1716,7	1987	0,22	1	0,19

Продолжение таблицы 2.6

ТО и зарядки аккумулятор	287,76	1693,7	1987	0,2		0,14
Кузнечно-термический	767,36	1716,7	1987	0,45	1	0,39
Сварочный	959,2	1693,7	1987	0,57		0,48
Шино-ремонтный	575,52	1709	1987	0,34	1	0,3
Моечный	287,76	1709	1987	0,17		0,14
Сборочно-разборочный	6714,42	1716,7	1987	3,9	4	3,4
Всего	19184	-	-	11,21	13	9,68

Число вспомогательных рабочих $P_{всп}$ определяют в процентном отношении от списочного числа производственных рабочих:

$$P_{всп} 14 \dots 17\% \text{ от } P_{сп} \quad (2.33)$$

Расчет числа младшего обслуживающего персонала, счетно-конторского персонала, инженерно-технических работников и аппарата управления выполняем укрупнено в процентах к общему числу рабочих.

$$P_{итр} = 8 \dots 10\% \text{ от } (P_{сп} + P_{всп}); \quad (2.34)$$

$$P_{сп} = 2 \dots 3\% \text{ от } (P_{сп} + P_{всп}); \quad (2.35)$$

$$P_{моп} = 2 \dots 4\% \text{ от } (P_{сп} + P_{всп}); \quad (2.36)$$

Штат РМ приводим в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Штат РМ.

Категория работающих	Количество работающих	
	расчетное	принятое
1. Производственные рабочие	11,21	13
2. Вспомогательные рабочие	1,68	2
3. ИТР	1,03	1
4. Счетно-конторский персонал	0,39	1
5. Младший обслуживающий персонал	0,39	1
ИТОГО:	14,7	18

2.4.3 Определение количества необходимого оборудования

Расчет количества моечных машин:

$$N_{\text{м.м.}} = \frac{T_{\text{г}}}{\Phi_{\text{д.о.}} \cdot \eta_{\text{м}}}; \quad (2.37)$$

где $T_{\text{г}}$ – годовая трудоемкость работ на данном участке;

$\Phi_{\text{д.о.}}$ – действительный фонд времени оборудования;

$\eta_{\text{м}}$ – коэффициент использования машины или ванны ($\eta_{\text{м}} = 0,5 \dots 0,6$).

Тогда:

$$N_{\text{м.м.}} = \frac{287,76}{1709 \cdot 0,5} \cdot 0,34.$$

Принимаем 1 моечную машину М – 125.

Расчет количества оборудования для сварочных работ.

Общее число единиц сварочного оборудования рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{с.н}} = T_{\text{с.н}} / \Phi_{\text{д}}; \quad (2.38)$$

где: $T_{\text{с.н}}$ – годовая трудоемкость работ на участке сварки, наплавки, чел.-ч.

Количество электросварочных агрегатов:

$$N = \frac{959,2}{1693,7} = 0,57.$$

Принимаем 1 пост электродуговой сварки.

Количество шиномонтажных установок:

$$N_{\text{ш}} = \frac{575,52}{1709} = 0,34$$

Принимаем 1 шиномонтажную установку.

Количество металлорежущих станков:

$$C_{\text{ст}} = \frac{T_{\text{тех}}}{\Phi_{\text{д}}};$$

где $T_{\text{тех}}$ - годовая трудоёмкость работ на слесарно-механическом участке.

$$C_{\text{ст}} = \frac{959,2}{1716,7} = 0,56;$$

Принимаем 1 станок.

Количество кузнечного оборудования:

Годовой объём кузнечных работ рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{(T_r \cdot R_K)}{\Phi_{\text{д}}}; \quad (2.39)$$

где: T_r - годовая трудоёмкость кузнечных работ, чел-ч;

R_K - масса деталей, обрабатываемых одним кузнецом в течении года,
(принимается 60-65 т);

$\Phi_{\text{д}}$ - годовой действительный фонд рабочего времени кузнечного участка, ч.

Количество молотов:

$$C_{\text{м}} = 0,5 \cdot \frac{Q}{(q_{\text{м}} \cdot \Phi_{\text{д}})}; \quad (2.40)$$

где: Q – годовой объём кузнечных работ;

$q_{\text{м}}$ - часовая производительность молота ($q_{\text{м}}=25 \dots 40$ кг/ч).

Число горнов ручнойковки:

$$C_{\text{г}} = 0,5 \cdot Q / (g_p \cdot \Phi_{\text{д}}); \quad (2.41)$$

где: g_p - часовая производительность горна (принимается 6 кг/ч).

$$Q = \frac{(767,36 \cdot 60)}{1716,7} = 27 ;$$

$$C_{\text{м}} = 0,5 \cdot \frac{27}{(25 \cdot 1987)} = 0,0003;$$

Примем 1 молот.

$$C_r = 0,5 \cdot 27 / (6 \cdot 1987) = 0,001.$$

Примем 1 горн.

Рассчитанное и подобранное оборудование заносится в ведомость оборудования РМ по форме представленной в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Ведомость оборудования РМ.

[illegible]

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	Верстак слесарный	ОРГ-1468-01-060А	1200*800*805	1	-	-	0,96	0,96
10	Настольно-сверлильная установка	Р-175	410*390*980	1	0,75	0,75	0,16	0,16
11	Настольный точильно-шлиф. станок	ЗЕ-631	400*315*360	1	0,75	0,75	0,13	0,13
12	Стелаж для деталей	ОРГ-1468-05-230А	1400*500*2000	1	-	-	0,7	0,7
13	Набор инструмента слесаря-электрика	ПИМ-1424	200*506*105	1	-	-	0,112	0,112
14	Универсальный стенд для испытания и регулировки автотракторного оборуд.	КИ 968	848*815*1490	1	3,3	3,3	0,7	0,7
-	Участок тех. обслуживания и зарядки аккумуляторов							
15	Переносное устройство для зарядки аккумуляторов	ЗУ-1	320*220*460	1	1,5	1,5	0,07	0,07
16	Дистиллятор	АТУ-13506	1100*120	1	3,5	3,5	0,132	0,132
17	Верстак аккумуляторщика	ОРГ-5106А	1208*836*750	1	-	-	1	1
18	Стелаж для аккумуляторов	ОРГ-5132	2215*515*1600	1	-	-	1,14	1,14
-	Кузнечно-термический участок							
19	Горн кузнечный	ГО-3336	2280*1200*915	1	-	-	2,7	2,7

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
32	Система отсоса выхлопных газов	КИ- 8627.08.00 0А	-	1	-	-	-	-
33	Шкаф для хранения приборов и приспособлений	ОРГ-1468- 07-040	860*360* 1900	1	-	-	0,3	0,3
34	Установка для сбора отработанных масел	С-608	720*540* 1057	1	-	-	0,39	0,39
35	Нагнетатель смазки	С-321М	595*420* 825	1	0,55	0,55	0,252	0,252
36	Прибор для проверки электрооборуд.	КИ-11400	350*140* 420	1	-	-	0,05	0,05
37	Комплект оборудования	КИ-28058	-	1	-	-	1,5	1,5
-	Участок ремонта трансмиссии							
38	Верстак слесарный на одно рабочее место	ОРГ- 1468-01- 060А	1200*800 *805	1	-	-	0,96	0,96
39	Стенд для разборки и сборки коробок передач	Р-201	830*580* 720	1	-	-	0,48	0,48
40	Стенд для разборки и сборки редукторов	Р-620	850*700* 985	1	-	-	0,6	0,6

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
48	Стеллаж для деталей	ОРГ-1468-05-230А	1400*500*2000	1	-	-	0,7	0,7
49	Верстак слесарный на одно место	ОРГ-1468-01-060А	1200*800*805	1	-	-	0,96	0,96
50	Прибор для регулировки и испытания форсунок	КИ-15706	730*316*330	1	-	-	0,23	0,23
51	Комплект инструментов для очистки распылителей форсунок от нагара и смолистых отложений	ПИМ-5319	210*110*30	1	-	-	0,02	0,02
52	Стенд для испытания дизельной топливной аппаратуры	КИ-15711М-01	1930*890*1970	1	12,5	12,5	1,72	1,72
53	Комплект приспособлений для обслуживания и ремонта диз. топливной аппаратуры типа 4ТН, 6ТН.	ОР-15727	1400*1000*400	1	-	-	1,4	1,4

Продолжение таблицы 2.8

-	Участок ремонта двигателей							
54	Монорельс с электроталью	ТЭ-200П-5211	1180-325*955	1	1,86	1,86	0,38	0,38
55	Стенд для разборки и сборки двигателей типа ЯМЗ с ручным приводом	Р-776	1840*1000*1020	1	-	-	1,84	1,84
56	Верстак слесарный на два рабочих места	ОРГ-1468-01-070А	2400*800*805	1	-	-	1,92	1,92
57	Приспособление для разборки, сборки и регулировки муфт сцепления	Р-724	580*490*470	1	-	-	0,28	0,28
58	Ванна моечная передвижная	ОМ-1316	1210*1820*1000	1	-	-	2,2	2,2
59	Пресс с ручным приводом	ПР	1340*396*900	1	-	-	0,54	0,54
60	Настольно-сверлильная установка	Р-175	410*390*980	1	0,75	0,75	0,16	0,16
61	Установка для шлифования клапанов	Р-186	870*575*430	1	0,25	0,25	0,5	0,5

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
62	Устройство для притирки клапанов	P-177	360*80*180	1	0,18	0,18	0,02	0,02
63	Приспособление для монтажа и демонтажа пружин клапанов двигателя	ОР-9913	600*250*46	1	-	-	0,15	0,15
64	Ларь для обтирочных материалов	ОРГ-5133	1000*500*500	1	-	-	0,5	0,5
-	Всего	-	-	-	-	94,74	-	50,42

2.4.4 Определение производственных площадей

При разработке плана РМ необходимо руководствоваться требованиями и действующими нормативами строительного, противопожарного, санитарно – технического и энергетического проектирования.

Расчет площадей производственных участков выполняют произведением площади пола, занятого оборудованием, на коэффициент учитывающий переходы и зоны, необходимые для работы и обслуживания оборудования []:

$$F_{\Pi} = (F_{OE} + F_M) \cdot K; \quad (2.42)$$

где - F_{OE} – площадь, занимаемая оборудованием, m^2 ; K – переходной коэффициент, учитывающий проходы, проезды и зоны обслуживания,

F_M – площадь машины, если она занимает площадь самостоятельно, m^2 .

Площадь участка наружной мойки :

$$F_{НМ} = (1,42 + 21,56) \cdot 4 = 91,9 \, m^2;$$

Площадь механического участка:

$$F_{MEK} = 9,11 \cdot 3 = 27,33 \text{ м}^2.$$

Площадь участка технического обслуживания:

$$F_{TO} = (2,49 + 21,56) \cdot 1,9 = 45,7 \text{ м}^2;$$

Площадь электроремонтного участка :

$$F_{y.э.} = 2,76 \cdot 4 = 11 \text{ м}^2.$$

Площадь участка аккумуляторных батарей:

$$F_{y.AB.} = 2,34 \cdot 3 = 7 \text{ м}^2.$$

Площадь сварочного участка:

$$F_C = 1,9 \cdot 5,5 = 10,45 \text{ м}^2.$$

Площадь кузнечного участка:

$$F_K = 2,34 \cdot 5 = 11,7 \text{ м}^2.$$

Площадь шиномонтажного участка:

$$F_{ш} = 6,63 \cdot 4 = 26,5 \text{ м}^2.$$

Площадь административного участка:

$$F_A = 2 \cdot 5 = 10 \text{ м}^2.$$

Площадь санитарно-бытовых помещений:

— площадь под умывальники принимается из расчета 1 умывальник с площадью $0,5 \text{ м}^2$ на 10 человек, т.е. $S_y = 1,5 \text{ м}^2$;

— площадь туалета принимаем $S_T = 3 \text{ м}^2$;

Итого площадь санитарно-бытовых помещений принимаем $4,5 \text{ м}^2$

Результаты вычислений площадей производственных и вспомогательных помещений сводим в таблицу 2.9.

Таблица 2.9 – Площадь участков РМ

№ п.п.	Наименование участка	Площадь оборудования, м ²	Коэффициент перехода	Принятая площадь, м ²
1	Участок наружной мойки	1,42	4	91,9
2	Участок ТО и диагностики	2,49	1,9	45,7
3	Участок механический	9,11	3	27,33
4	Участок электроремонтный	2,76	4	11
5	Участок ТО и зарядки аккумуляторных батарей	2,34	3	7
6	Участок сварочный	1,9	5,5	10,45
7	Участок кузнечный	2,34	5	11,7
8	Участок шиномонтажный	6,63	4	26,5
9	Участок административный	10	-	10
10	Участок санитарно бытовых помещений	4,5	-	4,5
-	Всего:	43,5	-	246

2.5 Компонировка производственных помещений РМ

Минимально необходимая ширина пролёта здания определится по формуле:

$$L=L_1+L_2+l_1; \quad (2.43)$$

Где L_1 =длина ремонтируемой машины; $L_2=1,5 \dots 2,0$; $l_1=1000 \dots 1500$ мм.

Тогда:

$$L=4935+(4935*1,7)+1000=14324,5 \text{ м.}$$

Примем ширину корпуса равную 18 м.

Для большинства предприятий соотношение длины и ширины берут $1,5 \dots 2,0$.

Примем длину корпуса равную 36 м.

Тогда площадь корпуса равна

$$F_{\text{пр}} = L \cdot B_3 = 18 \cdot 36 = 648 \text{ м}^2. \quad (2.44)$$

Для контроля вводят понятие коэффициента целесообразности плана здания ремонтного предприятия [2]:

$$\eta_{ц} = \frac{\sqrt{F_{пп}}}{L_{п} \cdot 0,282} ; \quad (2.45)$$

где $F_{пп}$ – производственная площадь, $м^2$;

$L_{п}$ – периметр здания по наружным стенам, $м$;

0,282 – коэффициент пропорциональности, численно равный квадратному корню из отношения площади круга к длине его окружности.

$$\eta_{о} = \frac{\sqrt{648}}{2 \cdot (18 + 36) \cdot 0,282} = 0,84.$$

На практике необходимо, чтобы коэффициент целесообразности плана здания был равен 0,8 и более.

Принимаем шаг наружных колонн – 6 м, внутренних – 18 м, высота пролета 7,2 м.

2.6 Разработка технологического процесса восстановления раздаточного вала коробки передач трактора К-700

2.6.1 Технологический процесс разборки коробки передач трактора К-700

Разборку осуществляем в следующей последовательности:

1. Установить коробку передач на стенд для разборки.

Кран подвесной 5 кН, стенд для разборки и сборки коробки передач.

2. Вывернуть пробку заливного отверстия и пробку магнитную сливного отверстия. Ключ гаечный 22 мм.

3. Вывернуть и снять болты 1 с пружинными шайбами 2. Снять поддон 3 с уплотнительной прокладкой 4. Ключ гаечный 17 мм.

4. Вывернуть и снять болты 20 с пружинными шайбами 19. Снять шайбу 18 с уплотнительным кольцом 17. Съёмником снять фланец 16 с раздаточного вала 23. Ключ гаечный 19 мм. Съёмник винтовой механический СВ 33.

5. Вывернуть и снять болты 15 с пружинными шайбами 14. Съёмником СВ 33 снять крышку 22. Ключ гаечный 19 мм. Съёмник винтовой механический СВ 33.

6. Вывернуть и снять болты 36 с пружинными шайбами 35. Снять крышку 27 в сборе с фланцем 28 и валом 25. Ключ гаечный 19 мм.

7. Выбить раздаточный вал 23 выколоткой из мягкого металла из корпуса коробки передач. Извлечь шестерню 11, зубчатую муфту 10, шестерню 6. Выколотка из мягкого металла. Молоток.

8. Снять съёмником СВ 33 подшипник 5 с раздаточного вала 23. Промыть детали и продуть сжатым воздухом. Ванна моечная, щетка волосяная, пистолет для обдува деталей сжатым воздухом С-4П7, съёмник винтовой механический СВ 33. Продефектовать раздаточный вал коробки передач.

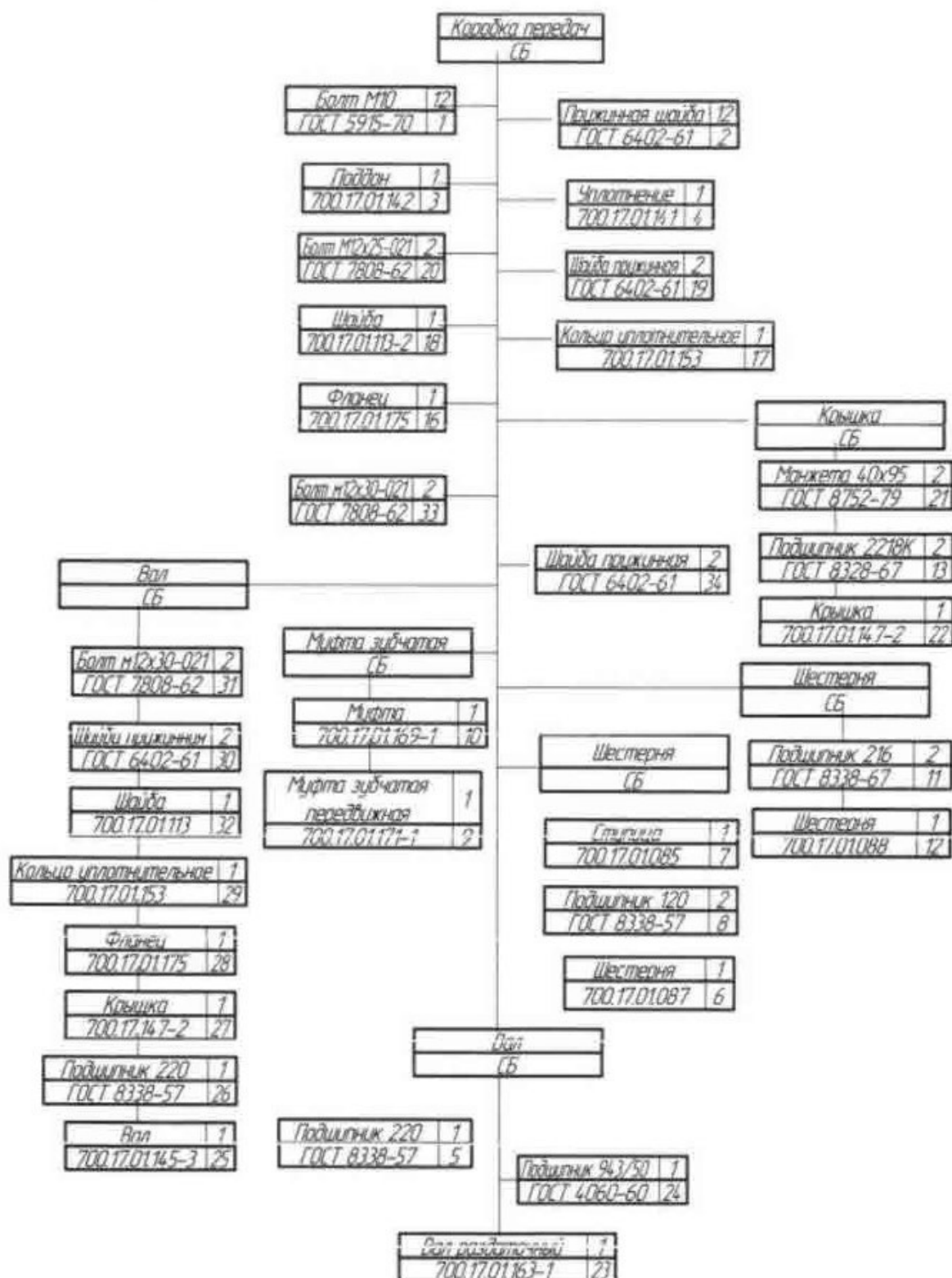


Рисунок 2.1 – Структурная схема разборки коробки передач трактора К-

2.6.2 Проектирование технологии восстановления детали

Технологический процесс дефектации.

Дефектация – оценка технического состояния объекта (машина, узел, деталь) по результатам измерений и контроля структурных параметров. После дефектации детали делят на три категории: годные, требующие восстановления и утильные.

Исходными данными для разработки технологического процесса дефектации являются технические требования на капитальный ремонт машины, в которых приводят эскиз рассматриваемой детали, перечень дефектов, средства контроля и рекомендации по ремонту.

При проектировании технологического процесса дефектации разрабатывают карту эскизов детали и карту технологического процесса дефектации.

Дефектацию резьбы А производим с помощью визуального осмотра.

Дефектацию поверхности Б производим с помощью микрометра МК 75-100 ГОСТ 6507 – 90 . В результате измерения получено, что износ составляет $I_2=0,15$ мм.

Дефектацию поверхности В производим с помощью микрометра МК 100 – 125 ГОСТ 6507 – 90. В результате измерения получено, что износ составляет $I_3=0,3$ мм.

Дефектацию поверхности Г производим с помощью нутромера 8144-06005Д ОСТ 70.0001.024-74. В результате измерения получено, что износ составляет $I_4=0,2$ мм.

Выбор рационального способа восстановления.

Выбор рационального способа восстановления зависит от конструктивно-технологических особенностей деталей (формы и размера, материала и термообработки, поверхностной твёрдости и шероховатости), от условий её работы (характер нагрузки, род и вид трения) и величины износа, а также стоимости восстановления.

Для учёта всех этих факторов рекомендуется последовательно пользоваться тремя критериями:

- технологическим критерием или критерием применимости;
- критерием долговечности;
- технико-экономическим критерием (отношение себестоимости восстановления к коэффициенту долговечности).

На основании технологических характеристик способов восстановления, устанавливаются возможные способы восстановления различных поверхностей детали по технологическому критерию.

Все поверхности раздаточного вала могут быть восстановлены следующими способами:

Отверстие А (Повреждение резьбы):

- нарезка резьбы большего диаметра;
- установка спиральной вставки;
- установка втулки усилителя.

Поверхность Б (Износ наружной поверхности вала под подшипники):

- электроконтактная приварка ленты;
- хромирование;
- осталивание.

Поверхность В (Износ поверхности вала под подшипники):

- вибродуговая наплавка;
- электроконтактная приварка ленты;
- хромирование.

Поверхность Г (Износ поверхности под роликоподшипник):

- хромирование;
- осталивание;
- электроконтактная приварка ленты.

Технический критерий оценивает каждый способ, выбранный по технологическому критерию, с точки зрения восстановления (или улучшения) свойств поверхностей детали. Выбранному способу дается комплексная оценка

по коэффициенту долговечности K_d (учитываются износостойкость $K_{из}$, выносливость K_{σ} , сцепляемость $K_{сц}$ и фактическая работоспособность K_n покрытия восстановленной детали).

$$K_d = K_{из} \cdot K_{\sigma} \cdot K_{сц} \cdot K_n, \quad (2.46)$$

где $K_{из}$, K_{σ} , $K_{сц}$ – коэффициенты износостойкости, выносливости и сцепляемости покрытий [10];

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

Определим значения коэффициентов долговечности восстановленной детали по каждому варианту:

- при контактной приварке ленты:

$$K_d = 1,30 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,85 = 0,90$$

- при вибродуговой наплавке;

$$K_d = 1,0 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,53$$

- при хромировании;

$$K_d = 1,67 \cdot 0,97 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 1,24$$

- при остаивании;

$$K_d = 0,91 \cdot 0,82 \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 0,48$$

Площади поверхностей восстановления

$$S_B = 3,14 \cdot 80 \cdot 60 = 15072 \text{ мм}^2 = 1,5 \text{ дм}^2.$$

$$S_B = 3,14 \cdot 100 \cdot 40 = 12560 \text{ мм}^2 = 1,26 \text{ дм}^2.$$

$$S_{\Gamma} = 3,14 \cdot 60 \cdot 60 = 11304 \text{ мм}^2 = 1,13 \text{ дм}^2.$$

Для изношенных поверхностей раздаточного вала были определены оптимальные способы восстановления:

- для поверхности А – установка спиральной вставки;
- для поверхности Б - электроконтактная приварка ленты;
- для поверхности В – электроконтактная приварка ленты;
- для поверхности Г - электроконтактная приварка ленты.

Маршруты восстановления раздаточного вала.

Рассмотрим применение трех вариантов сочетаний способов восстановления раздаточного вала в целом:

I вариант - контактная приварка ленты поверхностей Б, В, Г, установка спиральной вставки А.

II вариант - контактная приварка ленты поверхностей Б и Г, вибродуговая наплавка поверхности В, нарезка резьбы большего диаметра А.

III вариант – хромирование поверхности В и Г, осталивание поверхности Б, установка втулки усилителя.

Определим значения коэффициентов долговечности восстановления детали по каждому варианту

$$K_{ДВj} = \frac{\sum K_i \cdot K_{Дij}}{\sum K_i}, \quad (2.47)$$

где K_i – коэффициент повторяемости i -го дефекта;

$K_{Дij}$ – коэффициент долговечности i -й поверхности, восстановленной ремонтным способом.

$$K_{ДВ_I} = \frac{0.4 \cdot 1 + 0.75 \cdot 0.9 + 0.8 \cdot 0.9 + 0.7 \cdot 0.9}{2.65} = 0.92$$

$$K_{ДВ_{II}} = \frac{0.4 \cdot 1 + 0.75 \cdot 0.9 + 0.8 \cdot 0.53 + 0.7 \cdot 0.9}{2.65} = 0.8$$

$$K_{ДВ_{III}} = \frac{0.4 \cdot 1 + 0.75 \cdot 0.48 + 0.8 \cdot 1.24 + 0.7 \cdot 1.24}{2.65} = 0.99$$

Определяем отношение себестоимостей восстановления к коэффициенту долговечности для каждого варианта

$$\frac{C_{ВДj}}{K_{ДВj}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{VIP} \cdot P}{K_{ДВj}} \rightarrow \min, \quad (2.48)$$

где $C_{ВДj}$ – себестоимость восстановления изношенных поверхностей детали j -м сочетанием способов, руб.;

C_{VIP} – удельная себестоимость восстановления i -й восстанавливаемой поверхности ремонтным способом, руб/дм²;

S_i – площадь i -й восстанавливаемой поверхности, дм²;

$K_{двj}$ – коэффициент долговечности детали, восстановленной j-м сочетанием способов;

n – количество изнашиваемых поверхностей (дефектов).

$$\frac{C_{вдI}}{K_{вдI}} = \frac{8 \cdot (0,75 + 0,8 + 0,7)}{0,92} = 19,57$$

$$\frac{C_{вдII}}{K_{вдII}} = \frac{8 \cdot (0,75 + 0,7) + 10 \cdot 0,8}{0,8} = 24,5$$

$$\frac{C_{вдIII}}{K_{вдIII}} = \frac{12 \cdot (0,8 + 0,7) + 6 \cdot 0,75}{0,99} = 22,7$$

Как следует из расчетов, наиболее целесообразным является первый вариант – восстановление поверхностей Б, В, Г электроконтактной приваркой стальной ленты, поверхности А – установкой спиральной вставки. Данный способ закладываем в основу разработки технологии восстановления детали и дальнейшего анализа эффективности ее восстановления.

2.6.3 Расчет режимов основных технологических операций, выбор ремонтных материалов и оборудования

Расчет режимов нанесения покрытий.

Контактное электроимпульсное наращивание поверхности лентой
(025 Наплавочная)

Для восстановления детали приваркой стальной ленты принимаем установку 011-1-10 «Ремдеталь», предназначенную для восстановления как наружных, так и внутренних поверхностей.

Режим приварки стальной ленты толщиной до 1 мм:

- 1) сила тока 16,1 – 18,1 кА;
- 2) усилие прижатия ролика 1,4 – 1,6 кН;
- 3) скорость приварки 42 – 72 м /ч;
- 4) продольная подача 3 – 4 мм /об;
- 5) длительность сварочного цикла 0,04 – 0,08 с;
- 6) длительность паузы 0,1 – 0,12 с;

7) ширина рабочей части сварочных роликов 4 мм;

8) расход охлаждающей жидкости 90 – 180 л/ч.

Производительность процесса, W , составляет 70 – 100 см²/мин. Скорость наплавки V_n , частоту вращения n , основное T_o и штучное время $T_{шт}$ определяют по формулам (2.21, (2.11), (2.22) и (2.23). Коэффициент использования наплавочной установки $\varphi = 0,4 – 0,5$.

Скорость наплавки рассчитывают по формуле:

$$V_n = 0,6 W / S, \quad (2.49)$$

где V_n - скорость наплавки, м/ч;

W - производительность процесса ($W = 70 – 100$ см²/мин);

S – шаг наплавки, $S = 0,4 – 0,5$ см/об.

Основное время наплавки рассчитывают по формуле:

$$T_o = F_n / W, \quad (2.50)$$

где F_n - площадь наплавленной поверхности, см².

Штучное время, затраченное на восстановление одной детали, можно определить по формуле:

$$T_{шт} = T_o / \varphi, \quad (2.51)$$

где φ – коэффициент использования наплавочной установки, $\varphi = 0,5 – 0,6$.

Норма времени определяется по формуле:

$$T_n = T_{шт} + T_{nz} / n. \quad (2.52)$$

Для поверхности Б:

Толщину покрытия определяем по формуле:

$$h = z_0 + И / 2 + z, \quad (2.53)$$

где h – толщина покрытия, мм;

z_0 – толщина слоя поверхности детали, снятого при предварительной мехобработке, ориентировочно 0,1 ... 0,3 мм;

$И$ – диаметральный износ детали, мм;

z – припуск на механическую обработку после нанесения покрытия, мм.

$$h = 0,1 + 0,3/2 + 0,005 = 0,255 \text{ мм.}$$

В качестве материала ленты принимаем сталь 55. Толщину ленты принимаем 0,35 мм, так как она является наименьшей в сортаменте.

Принимаем следующий режим приварки стальной ленты:

- 1) сила тока 16,5 кА;
- 2) усилие прижатия ролика 1,5 кН;
- 3) скорость приварки 50 м/ч;
- 4) продольная подача 4 мм/об;
- 5) длительность сварочного цикла 0,05 с;
- 6) длительность паузы 0,1 с;
- 7) ширина рабочей части сварочных роликов 4 мм;
- 8) расход охлаждающей жидкости 100 л/ч.
- 9) производительность процесса 75 см²/мин.

Скорость наплавки:

$$V_n = 0,6 \cdot 75 / 0,5 = 90 \text{ м/ч.}$$

Частота вращения детали:

$$n = 1000 \cdot 90 / 60 \cdot \pi \cdot 80 = 5.97 \text{ мин}^{-1}.$$

Основное время наплавки:

$$T_o = 226 / 75 = 3 \text{ мин.}$$

Штучное время, затраченное на восстановление одной детали:

$$T_{шт} = 3 / 0,5 = 6 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время принимаем 16 мин.

Норма времени определяется по формуле:

$$T_n = 6 + 16 / 1 = 22 \text{ мин.}$$

Для поверхности В:

Толщина покрытия:

$$h = 0.2 + 0.6/2 + 0.05 = 0.55 \text{ мм.}$$

В качестве материала ленты принимаем сталь 55. Толщину ленты принимаем 0,55 мм.

Принимаем следующий режим приварки стальной ленты:

- 1) сила тока 16,5 кА;
- 2) усилие прижатия ролика 1,5 кН;
- 3) скорость приварки 50 м/ч;
- 4) продольная подача 4 мм/об;
- 5) длительность сварочного цикла 0,05 с;
- 6) длительность паузы 0,1 с;
- 7) ширина рабочей части сварочных роликов 4 мм;
- 8) расход охлаждающей жидкости 100 л/ч.
- 9) производительность процесса 75 см²/мин.

Скорость наплавки:

$$V_n = 0,6 \cdot 75 / 0,5 = 90 \text{ м/ч.}$$

Частота вращения детали:

$$n = 1000 \cdot 90 / 60 \cdot \pi \cdot 100 = 4.78 \text{ мин}^{-1}.$$

Основное время наплавки:

$$T_o = 126 / 75 = 1,68 \text{ мин.}$$

Штучное время, затраченное на восстановление одной детали:

$$T_{шт} = 1,68 / 0,5 = 3,36 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время принимаем 16 мин.

Норма времени определяется по формуле:

$$T_n = 3,36 + 16 / 1 = 19,36 \text{ мин.}$$

Для поверхности Г:

Толщина покрытия:

$$h = 0.15 + 0.4/2 + 0.05 = 0.4 \text{ мм.}$$

В качестве материала ленты принимаем сталь 55. Толщину ленты принимаем 0,4 мм.

Принимаем следующий режим приварки стальной ленты:

- 1) сила тока 16,5 кА;
- 2) усилие прижатия ролика 1,5 кН;
- 3) скорость приварки 50 м/ч;
- 4) продольная подача 4 мм/об;

- 5) длительность сварочного цикла 0,05 с;
- 6) длительность паузы 0,1 с;
- 7) ширина рабочей части сварочных роликов 4 мм;
- 8) расход охлаждающей жидкости 100 л/ч.
- 9) производительность процесса 75 см²/мин.

Скорость наплавки:

$$V_n = 0,6 \cdot 75 / 0,5 = 90 \text{ м/ч.}$$

Частота вращения детали:

$$n = 1000 \cdot 90 / 60 \cdot \pi \cdot 60 = 7,96 \text{ мин}^{-1}.$$

Основное время наплавки:

$$T_o = 113 / 75 = 1,5 \text{ мин.}$$

Штучное время, затраченное на восстановление одной детали:

$$T_{шт} = 1,5 / 0,5 = 3 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время принимаем 16 мин.

Норма времени определяется по формуле:

$$T_n = 3 + 16 / 1 = 19 \text{ мин.}$$

2.7 Обеспечение безопасности труда

На территории предприятия ответственность за соблюдением правил и норм по безопасности жизнедеятельности и охране труда возлагается на руководство данного предприятия. В ремонтной мастерской должна иметься программа проведения вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте, журнал учета инструктажа на рабочем месте и вводного инструктажа.

В ремонтной мастерской все рабочие места нужно оборудовать плакатами и стендами по технике безопасности.

О каких-либо нарушениях, недолжном выполнении правил техники безопасности ответственный сразу же необходимо докладывать руководителю хозяйства. И он же в свою очередь обязан принимать необходимые меры по их устранению.

Хотелось бы отметить следующие недостатки и нарушения по выполнению правил безопасности труда которые часто выявляются в ремонтно-обслуживающих предприятиях:

- 1) Должным образом не проводится инструктаж на рабочем месте.
- 2) Рабочий персонал в полной мере не обеспечивается специальной одеждой, обувью, средствами индивидуальной защиты.
- 3) Не выполняется постоянный контроль технического состояния инструмента, машин и оборудования, надежности СИЗ.
- 4) Проведение периодических проверок состояния электрооборудования производится нерегулярно.
- 5) В полной мере не выполняются мероприятия по снижению и ликвидации воздушного загрязнения, имеющаяся вентиляционная система физически устарела и требует реконструкции.

Особенности обеспечения безопасности труда при выполнении планировки, предусмотреть изоляцию помещений, в которых по условиям производства выделяются пары и газы – участки ремонта топливной аппаратуры, сварочно-наплавочный, испытательно-регулирующий.

Планировку оборудования на участке вести согласно Санитарным нормам проектирования предприятия (СН-245-71) и требованиям СН и П I I-97-76 то есть ширина проходов между станками не менее 1м, расстояние между стеной и станком не менее 0,8 м, а при расположении между ними рабочего не менее 1,2 м. Окраска оборудования, трубопроводов, металлоконструкций и поверхности внутри здания должна быть выполнена в соответствии с указаниями СН-181-70.

2.7.1 Расчет вентиляции помещений

Вентиляция в помещениях устанавливается исходя из норм вентилирования на разных видах работ и в зависимости от размера площади помещения.

Объем отсасываемого воздуха определяем по формуле:

$$V_B = K_{BO} \cdot V_{II}, \quad (2.51)$$

где K_{BO} – кратность воздухообмена в помещении;

V_{II} – объём вентилируемого помещения.

Для моечного участка:

$$V_B = 5 \cdot 108 \cdot 5,5 = 2970 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для участка ремонта агрегатов шасси:

$$V_B = 6 \cdot 108 \cdot 5,5 = 3564 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для шиноремонтного участка:

$$V_B = 6 \cdot 36 \cdot 5,5 = 1188 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для аккумуляторного участка:

$$V_B = 7 \cdot 36 \cdot 5,5 = 1386 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для кузнечно-сварочного участка:

$$V_B = 12 \cdot 40 \cdot 5,5 = 2640 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для электроремонтного участка :

$$V_B = 8 \cdot 20 \cdot 5,5 = 880 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для участка по ремонту топливной аппаратуры:

$$V_B = 9 \cdot 15 \cdot 5,5 = 743 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для механического участка:

$$V_B = 8 \cdot 36 \cdot 5,5 = 1584 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для участка по ремонту ДВС:

$$V_B = 8 \cdot 45 \cdot 5,5 = 1980 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для участка ТО:

$$V_B = 8 \cdot 72 \cdot 5,5 = 3168 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Рассчитаем общий объём отсасываемого воздуха за час:

$$V_B = 2970 + 3564 + 1188 + 1386 + 2640 + 880 + 743 + 1584 + +1980 + 3168 = 20103 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Исходными данными для определения поперечных размеров воздуховода являются расходы воздуха (V_B) и допустимые скорости его движения на участке сети (v).

Необходимая площадь воздуховода f (м^2), определяется по формуле:

$$f = G/3600 \cdot V = 0,2 \text{ м}^2; \quad (2.52)$$

Для дальнейших расчетов площадь воздуховода принимается равной ближайшей большей стандартной величине. В промышленных зданиях рекомендуется использовать круглые металлические воздуховоды. Тогда расчет сечения воздуховода заключается в определении диаметра трубы.

Для моечного участка:

$$f = \frac{2970}{3600} \cdot 0,3 = 0,25 \text{ м}^2$$

Для участка ремонта агрегатов шасси:

$$f = \frac{3564}{3600} \cdot 0,3 = 0,3 \text{ м}^2$$

Для шиноремонтного участка:

$$f = \frac{1188}{3600} \cdot 0,3 = 0,1 \text{ м}^2$$

Для аккумуляторного участка:

$$f = \frac{1386}{3600} \cdot 0,3 = 0,12 \text{ м}^2$$

Для кузнечно-сварочного участка:

$$f = \frac{2640}{3600} \cdot 0,3 = 0,22 \text{ м}^2$$

Для электроремонтного участка:

$$f = \frac{880}{3600} \cdot 0,3 = 0,09 \text{ м}^2$$

Для участка по ремонту топливной аппаратуры:

$$f = \frac{743}{3600} \cdot 0,3 = 0,06 \text{ м}^2$$

Для механического участка:

$$f = \frac{1584}{3600} \cdot 0,3 = 0,13 \text{ м}^2$$

Для участка по ремонту ДВС:

$$f = \frac{1980}{3600} \cdot 0,3 = 0,17 \text{ м}^2$$

Для участка ТО:

$$f = \frac{3168}{3600} \cdot 0,3 = 0,26 \text{ м}^2$$

Для очистки загрязненного воздуха предусматривают специальные очистные устройства, которые размещают между технологическим оборудованием и вентиляционными установками.

2.8 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве является важным фактором ускорения научно – технического прогресса и производительности труда. Основным средством физического воспитания являются физические упражнения, направленные на совершенствование наиболее важных сторон личности, способствуя развитию ее двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью для развития физических способностей используются следующие способы и методы:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- разработка вращательного движения пальцев рук;
- развитие статической и динамической устойчивости пальцев и ладоней;
- развитие ручек, кожи и мышечно-мышечной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости мышц спины, живота и шеи;
- развитие точности движений мышц плечевого пояса.

Занятия физической культурой должны включать в себя различные виды спорта, благодаря которым они сохраняются для здоровья человека, его психического благополучия и улучшаются личные способности. В этих условиях творческое использование физкультурно-спортивной деятельности направлено на достижение жизненно важных и профессиональных целей человека.

3 РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ РАЗБОРКИ ВЕДУЩЕГО ВАЛА

3.1 Обоснование необходимости разработки и привода конструкции

При разработке конструкции стенда выбирались доступные технологические схемы и материалы.

Для выпрессовки подшипников с вала предлагается использовать гидравлический привод. Основными свойствами и преимуществами таких приводов являются:

- высокое давление рабочей жидкости в цилиндрах позволяет получить большое усилие на штоке;
- выпрессовка происходит плавно, без ударов и толчков, благодаря практической несжимаемости масла;
- сокращение габаритов приспособлений приводит к уменьшению их массы, облегчает их эксплуатацию (транспортирование, смену и установку) и уменьшению занимаемой площади;
- бесшумность работы в отличие от пневматических систем.

Гидравлический привод (рисунок 3.1) состоит из гидравлической установки, включающей электродвигатель с пусковой аппаратурой, насос, резервуар для масла, аппаратуру управления и регулирования, гидроцилиндр и трубопроводы.

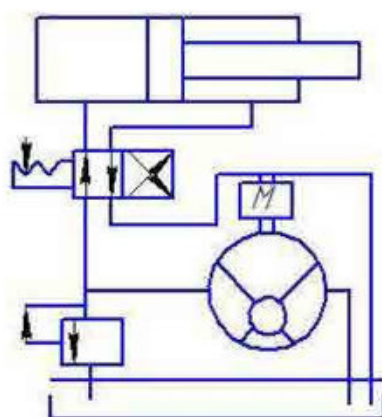


Рисунок 3.1 – Схема гидравлического привода.

При применении гидропривода принимают: давление — в пределах 5... 10 МПа; рабочие скорости — 0,01... 5,0 м/с; длина хода поршня в зависимости от прочности штока — не более 10 диаметров цилиндра; длина цилиндра при

этом с учетом технологии изготовления из отношения $L/D < 20$; отношение диаметра штока к диаметру цилиндра выбирают из отношения $d/D = 0,2...0,7$, причем большее значение обычно выбирается для более нагруженных установок.

К гидроцилиндрам предъявляют технические требования: отсутствие остаточных деформаций после испытаний, течи и потения; давление холостого хода не должно превышать 1,0... 1,5 МПа; давления холостого хода при втягивании штока не должно превышать 0,5 МПа, а при выдвигении — 0,3 МПа.

В качестве жидкостей для гидроприводов, работающих при температуре до 60 °С с легкими нагрузочными режимами, используются промышленные масла общего назначения без присадок: И-12А, И-20А, И-30А, И-40А, И-50А.

В гидравлических приводах используются шестеренчатые, лопастные и поршневые насосы. Шестеренные и лопастные насосы применяются для давлений до 12,0... 16,0 МПа.

3.2 Описание разрабатываемой конструкции

Разрабатываемая конструкция состоит из разборочного приспособления с гидравлическим приводом, который устанавливается на специально изготавливаемом столе. Внутри стола устанавливается электродвигатель, шестеренчатый насос, гидробак и гидрораспределитель.

Разборочное приспособление состоит из основания, сваренного из швеллера №10. На горизонтальных направляющих установлен подвижный стол, с приспособлением для фиксации ведущего вала.

Перед разборкой ведущий вал устанавливается на опоры при помощи электротали. Барабан ведущего вала подводится к упорной пластине, включается электродвигатель, привод гидроцилиндра и подшипники вместе с двумя барабанами спрессовываются из посадочного места. Поочередно спрессовывают каждую пару барабанов. После этого ведущий вал подвешивают средней частью на электротали и снимают детали. Сборку ведут

установив вал вертикально. Разборку вала начинают со стороны I – ой передачи, сборку со стороны IV – передачи.

При работе на стенде необходимо соблюдать требования по технике безопасности и правила грузоподъемных работ.

3.3 Конструктивные расчеты

3.3.1 Определение усилия выпрессовки

Выбора гидроцилиндра производится по максимальному расчетному усилию на штоке. Для этого определим необходимое усилие при выпрессовке подшипников с ведущего вала по формуле:

$$F = f_n P_{\max} \pi \cdot d \cdot l \quad (3.1)$$

где: f_n – коэффициент трения при выпрессовке $f_n = (1,15-1,2)f$;

$f = 0,06 \dots 0,13$ – коэффициент трения стали по стали, [];

d – диаметр сопрягаемых поверхностей, м;

l – длина контакта сопрягаемых поверхностей, м;

$P_{\max}$ – удельное давление при максимальном натяге ($N_{\max}$).

$$P_{\max} = \frac{N_{\max} - \gamma_{\text{ш}}}{d \left(\frac{C_d}{E_d} + \frac{C_D}{E_D} \right)} \quad (3.2)$$

где $\gamma_{\text{ш}}$ – поправка, учитывающая смятие неровностей контактных поверхностей деталей, $\gamma_{\text{ш}} = 5(R_{ad} + R_{aD})$, принимаем $R_{ad} = R_{aD} = 0,8$ мкм;

C_D, C_d – коэффициенты Ламе втулки и вала, определяемые как: $C_D = 1 + \mu_D$, $C_d = 1 - \mu_d$;

μ_D, μ_d – коэффициенты Пуансона для охватываемой и охватывающей детали, для сталей $\mu = 0,3$ [];

E_D, E_d – модуль упругости материалов охватываемой и охватывающей детали, для сталей $E = 2 \cdot 10^5$ МПа [].

Максимальный натяг имеет место в сопряжении ведущего вала с подшипником 2312KM, что составляет 0,038 мм. Подставляем принятые значения и получаем:

$$\gamma_{ш} = 5(0,8 + 0,8) = 8 \text{ мкм};$$

$$P_{max} = \frac{38-8}{60 \cdot 10^{-3} \left(\frac{1-0,3}{2 \cdot 10^5} + \frac{1+0,3}{2 \cdot 10^5} \right)} = 50 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2;$$

$$F = 1,2 \cdot 0,1 \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,06 \cdot 0,02 = 22608 \text{ Н};$$

Так как предстоит выпрессовывать сразу 5 подшипников, то необходимое усилие выпрессовки будет равно:

$$F_{общ} = 22608 \cdot 5 = 113040 \text{ Н}.$$

3.3.2 Расчет основных деталей на прочность

Основным силовым фактором, действующим на конструкцию, является сила давления пресса $P_{пр} = 113 \text{ кН}$, необходимая для распрессовки.

3.3.3 Расчёт толщины упорной пластины

Зная силу давления пресса построим эпюру:

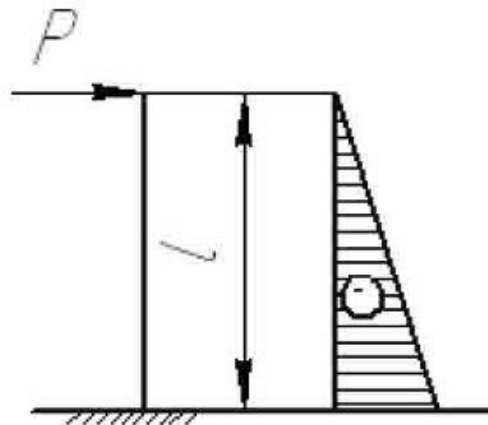


Рисунок 3.2 – Расчётная схема для определения толщины пластины.

Расчётная схема представляет собой консольную балку.

Следовательно:

$$M_{max} = P \cdot l; \quad (3.3)$$

где: M_{max} – максимальный изгибающий момент, $\text{кН} \cdot \text{м}$;

P – сила давления пресса, кН ;

l – плечё, м .

$$M_{max} = 113 \cdot 65 \cdot 10^{-3} = 7,35 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Условие прочности по нормальным напряжениям при изгибе имеет вид:

$$\sigma_{max} = M_{max} / W \leq [\sigma]; \quad (3.4)$$

где σ_{max} – максимальное напряжение, МПа;

W – осевой момент сопротивления поперечного сечения пластины, м³;

σ – предел текучести материала пластины, принимаем Сталь 3 $\sigma = 160$ МПа.

Осевой момент сопротивления поперечного сечения пластины:

$$W = b \cdot h^2 / 6; \quad (3.5)$$

где b – ширина пластины, м;

h – толщина пластины, м.

$$W = (318 \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{(30 \cdot 10^{-3})^3}{6} = 48 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Тогда максимальное напряжение:

$$\sigma_{max} = \frac{7.35}{48 \cdot 10^{-6}} = 153 \text{ МПа}.$$

Так как $\sigma_{max} = 153 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 160 \text{ МПа}$, то условие прочности соблюдается. Принимаем толщину пластины 30 мм.

Так как вторая пластина испытывает аналогичную нагрузку, то для неё так же примем толщину 30 мм.

3.3.4 Расчёт болтов для крепления гидроцилиндра

Крепление гидроцилиндра будет осуществляться с помощью 4 болтовых соединений. Так как гидроцилиндр крепят 4 болта, то усилие, действующее на один болт, равно $P/4$. Определим площадь поперечного сечения болта из условия прочности при растяжении:

$$\sigma_{max} = \frac{P}{4} \cdot F \leq [\sigma], \quad (3.6)$$

где: P – усилие в соединении, МПа;

F – площадь поперечного сечения болта, мм²;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение для материала болта,

для Стали 3 $[\sigma] = 210 \text{ МПа}$;

откуда:

$$F = \frac{P}{4 \cdot [\sigma]}, \quad (3.7)$$

$$F = \frac{113}{4 \cdot 210 \cdot 10^3} = 0.13 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 130 \text{ мм}^2$$

В свою очередь:

$$F = \pi \cdot d_6^2 / 4; \quad (3.8)$$

Следовательно, диаметр болта будет равен:

$$d_6 = \sqrt{4 \cdot 130 / 3,14} = 12,8 \text{ мм.}$$

Принимаем 4 болта М14 по ГОСТ 7798-70.

3.3.5 Расчёт толщины пластины стола

Определим силу тяжести ведущего вала:

$$P = m \cdot g; \quad (3.9)$$

где m – масса вала, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

$$P = 200 \cdot 10 = 2000 \text{ Н} = 2 \text{ кН};$$

Зная силу тяжести вала построим эпюру:

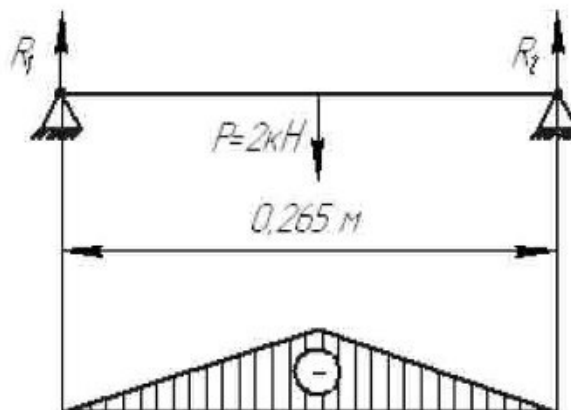


Рисунок 3.3 – Расчетная схема для определения толщины стола

$$W_X = \frac{M_X}{\sigma} = \frac{2}{160} = 13 \text{ см}^2; \quad (3.10)$$

Так как пластина будет выполнена из материала сталь 3, то $\sigma = 160$ мПа.

Толщина определяется по формуле:

$$W_X = \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad (3.11)$$

Где b – ширина пластины, см;

h – толщина пластины, см.

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot W_X}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 13}{26}} = 1,7 \text{ см} = 17 \text{ мм}.$$

Примем листовую горячекатаную сталь толщиной 18 мм по ГОСТ 82-70.

3.3.6 Расчет направляющих стола

Определим силу тяжести ведущего вала вместе со столом:

$$P = (200 + 10) \cdot 10 = 2100 \text{ н} \approx 2,1 \text{ кН};$$

Зная силу тяжести построим эпюру:

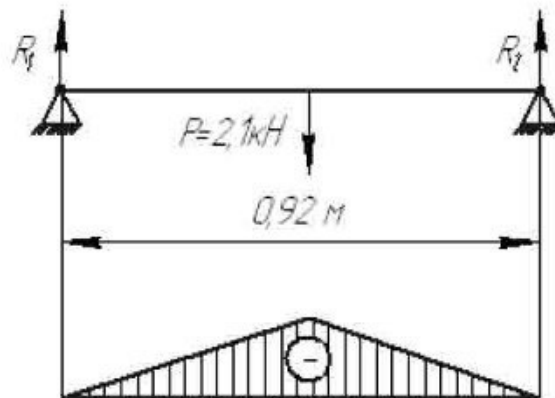


Рисунок 3.4 – Расчетная схема для определения диаметра направляющих.

Определим изгибающий момент по формуле:

$$M_{\text{изг}} = P \cdot l/4; \quad (3.12)$$

где l – длина направляющей стола, см.

$$M_{\text{изг}} = 2,1 \cdot \frac{92}{4} = 48,3 \text{ кН/см}$$

Определим осевой момент сопротивления опоры:

$$W = M_{\text{изг}} / (m \cdot 0,1 \cdot R) = \frac{43,8}{(0,9 \cdot 0,1 \cdot 210)} = 2,32 \text{ см}^3; \quad (3.13)$$

Определим диаметр направляющих по формуле:

$$d = \sqrt[3]{10 \cdot W} = \sqrt[3]{10 \cdot 2.32} = 2.9 \text{ см} = 29 \text{ мм};$$

(3.14)

Примем калиброванную круглую сталь диаметром 29 мм по ГОСТ 7417-75.

3.4 Разработка мероприятий по безопасной эксплуатации, проектируемого стенда

Особенности обеспечения безопасности труда при работе на стенде, опасными факторами, являются вращающиеся механизмы конструкции (шкивы, ременная передача) и электрический ток, воздействующий на работников в случае замыкания фазы электродвигателя на корпус. Для вращающейся деталей установки предусмотрен защитный кожух с толщиной стенки 2 мм. Работнику, работающему с приспособлением, в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами необходимо выдавать: комбинезон хлопчатобумажный (срок носки 12 месяцев), перчатки (срок носки 1 месяц), очки защитные (срок носки – до износа).

Инструкция по безопасности труда для слесаря при работе на стенде для разборки ведущего вала приведена в приложении.

3.5 Экономическое обоснование конструкции

Экономическое обоснование разрабатываемого стенда для разборки ведущего вала приведена в приложении 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из важнейших факторов, определяющих эффективную работу сельскохозяйственного предприятия, является уровень готовности автотракторной техники.

Поэтому в данной выпускной квалификационной работе была поставлена задача повышения уровня готовности машинно-тракторного парка путем восстановления изношенных деталей, с предложением технологии ремонта.

В процессе выпускной работы были проанализированы литературные источники, выбран метод восстановления раздаточного вала коробки передач.

Главной целью любого производства является получение прибыли. Поэтому при оценке эффективности внедрения новых проектов и конструкций, используют прибыль. В приложении выпускной работы приведены необходимые расчеты и экономическое обоснование разрабатываемого стенда. При сравнении с показателями исходной конструкции, проектируемый является предпочтительнее, поэтому рекомендуется использовать проектируемые мероприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Богатырев А.В. Тракторы и автомобили [Текст] / А.В. Богатырев, В.Р. Лехтер // Учебник - М. Колос, 2008. - С 392.
6. 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.
7. Власов В.М. и другие. Учебник. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. М.; издательский центр «Академия»; 2013.-321с.
8. 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.
9. Девисилов В.А. Охрана труда: учебник [Текст] / В.А. Девясилов -4-е издание перераб. и доп.// – М.: Форум, 2009. - С 496.
10. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин [Текст] / Дунаев П.Ф. Леликов О.П. - М.: Высшая школа, 2005. С 447.

11. Епифанов Л.И., Епифанова Е.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. - М.: ФОРУМ: ИНФРА - М, 2009. - С 280.
12. 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.
13. Курдюмов В.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности [Текст] / В.И. Курдюмов, Б.И. Зотов. // М. Колос, 2005. - С 216.
14. 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.
15. Курмаз Л.В., Детали машин. Проектирование [Текст] / Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда // Справочное учебно-методическое пособие. - М.: Высшая школа, 2005. - С 309.
16. 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.- С 44.
17. 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.
18. Леонов О. А. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] / О. А. Леонов, В. В. Карпузов, Н. Ж. Шкаруба // - М.: Колос, 2009. –С 568.
19. Маталин, А.А. Технология машиностроения [Текст] / А.А. Маталин // (ЭБС «Лань», 2010, 512 с).
20. 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.

21. 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.
22. Паспорт универсального обкаточного станда ОР-6877-ГОСНИТИ - М.: ГОСНИТИ, 1993.
23. 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.
24. Роговцев В.Л., Пузанков А.Г., Олдфильд В.Д., Устройство и эксплуатация автотранспортных средств, Учебник. - М.: “Транспорт” 2011. - С 430.
25. Сигаев Е.А. Сопротивление материалов. [Текст] / Е.А. Сигаев - Кемерово: Кузбассвузиздат, 2002. - С 227.
26. Чернилевский Д.В. Детали машин и основы конструирования [Текст] / Чернилевский Д.В. // М.: Машиностроение, 2006. С 656.
27. 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.
28. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. [Текст] / В.В. Шелофаст – М.: Изд-во АПМ, 2005. - С 472.
29. 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
30. 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.