

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление: 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль: Технический сервис в АПК

Кафедра: Технический сервис

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

Тема: Разработка технологического процесса восстановления стакана
первичного вала трактора МТЗ-82 с разработкой гидравлического съемника.

Шифр ВКР 35.03.06.043.17.СГ.00.00.00.ПЗ

Студент _____ Андреев А.В.
подпись Ф.И.О.

Руководитель ст. преподаватель _____ Вагизов Т.Н.
подпись Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол №__ от _____ 2017 г.)

Зав. кафедрой __ профессор _____ Адигамов Н.Р.
ученое звание подпись Ф.И.О.

Казань – 2017 г.

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Андреева А.В. на тему «Разработка технологического процесса восстановления стакана первичного вала трактора МТЗ-82 с разработкой гидравлического съемника».

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 _____ наименований.

В первом разделе даны описание устройства, анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности КПП трактора МТЗ - 82.

Во втором разделе определены закономерность износа и процент восстанавливаемых деталей.

В третьем разделе разработан технологический процесс восстановления стакана первичного вала КПП, подобрано необходимое оборудование и инструмент, предложена технология восстановления стакана первичного вала.

В четвертом разделе разработан гидравлический съемник.

В пятом разделе спроектированы мероприятия по безопасности труда.

В шестом разделе подсчитано экономическое обоснование съемника.

В конце приведены общие выводы по выпускной работе.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЯ	
1.1 Описание устройства, анализ работы и характеристика причин потери работоспособности стакана первичного вала КПП МТЗ-82.....	
2 ИЗУЧЕНИЕ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНОСА СТАКАНА ПЕРВИЧНОГО ВАЛА КПП	
2.1 Задачи микрометража.....	
2.2 Обработка результатов микрометража стакана первичного вала КПП.....	
2.3 Построение таблицы статистического ряда и статистических графиков.....	
2.4 Подбор теоретического закона распределения и построение теоретических графиков	
2.5 Анализ кривых и определение процента стакана КПП подлежащих восстановлению.....	
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТАКАНОВ ПЕРВИЧНОГО ВАЛА КПП МТЗ-82	
3.1 Разработка технологического процесса дефектации и выбор контрольно - измерительных приборов.....	
3.2 Выбор рационального способа восстановления	
3.3 Подготовка поверхности перед нанесением защитного покрытия	
3.4 Расчет и выбор параметров и режимов хромирования детали	
3.5 Техническое нормирование ремонтных работ по восстановлению стаканов первичного вала.....	
4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СЪЕМНИКА	
4.1 Анализ существующих конструкций.....	
4.2 Принцип работы предлагаемого съемника	

4.3 Инженерные расчеты подтверждающие работоспособность конструкции.....	
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	
5.1 Обеспечение безопасности в конструкции	
5.2 Инструкция по безопасности труда для слесаря при работе со съёмником.....	
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
6.1 Техничко-экономическая оценка эффективности разработанной конструкции.....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	
СПЕЦИФИКАЦИИ.....	

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в отрасль сельского хозяйства Республики Татарстан вводятся инновации по переработке, хранению сельскохозяйственных угодий, модернизируется ремонтно-технологическая база, повышается уровень технологического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. Чтобы не отставать от технического прогресса, в хозяйства РТ необходимо внедрить современные технологии, перевооружить уже имеющуюся технику и оборудование. Естественно внедрение инноваций требует немалых капиталовложений, вследствие чего повышается балансовая стоимость сельскохозяйственной техники, что в свою очередь ведет к повышению затрат на обслуживание и ремонт. В связи с этим предлагается ряд мероприятий:

- 1) повышение качества восстановления деталей;
- 2) использование современного диагностического оборудования;
- 3) увеличение производительности труда

Это позволит в дальнейшем сократить расходы на ремонт.

Эффективность ремонта сельскохозяйственной техники определяется ремонтом и восстановлением сломанных и изношенных деталей. И этим решается основной вопрос снабжения эксплуатируемых машин запасными частями, то есть по другому восстановление деталей – крупный резерв для экономии материальных и энергетических ресурсов.

1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЯ

1.1 Описание устройства, анализ работы и характеристика причин потери работоспособности стакана первичного вала КПП МТЗ-82

Трактора МТЗ-82 используются в широком спектре сельскохозяйственных и строительных работ, и такая универсальность этих тракторов достигается, в том числе благодаря динамическим характеристикам трансмиссии, которая обеспечивает 18 передних передач и 4 задних.

Такие возможности КПП МТЗ-80 обуславливают достаточно сложную конструкцию коробки передач, включающую 5 валов, 15 шестерен, более 20 подшипников (и это без учета валов и шестерен раздаточной коробки).

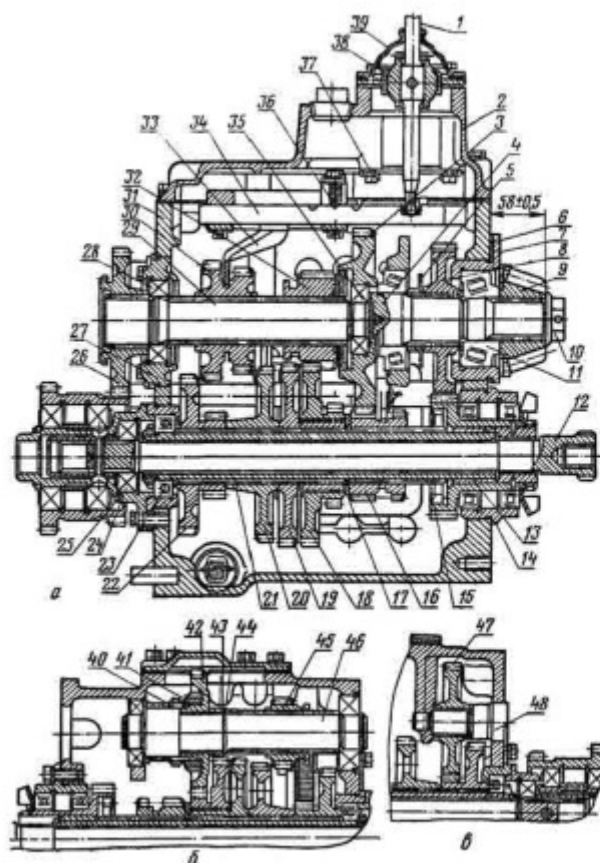
Передний подшипник первичного вала размещен в стакане, вставленном в расточку передней стенки коробки передач; задний — установлен в расточке переднего конца вторичного вала. На шлицах первичного вала перемещаются две подвижные каретки и ведущих шестерен. При перемещении каретки вперед по ходу трактора включают V или VIII передачу. На шлицах вала заднего хода находится подвижная каретка, которая при передвижении вперед включает передачи заднего хода, а назад — I или II передачу переднего хода. Промежуточный вал выполнен пустотелым. Внутри него проходит вал независимого привода ВОМ. Передняя часть вала вращается в подшипнике, который установлен в стакане, вставленном в расточку передней стенки коробки передач. Задняя опора вала — бронзовая втулка, запрессованная в расточку ступицы ведущей шестерни второй ступени редуктора.

На шлицы промежуточного вала надеты шестерни, первая из которых — двухвенцовая. Большой венец — ведомая шестерня заднего хода: Вторая и третья шестерни — ведомые соответственно IV и III передач. Четвертая шестерня 19 также, выполнена двух - венцовой и свободно вращается на ступице третьей шестерни. Каретка шестерен перемещается на шлицах вала. При перемещении вперед она включает первую ступень редуктора, а назад —

вторую. Во второй ступени редуктора используется шестерня с внутренними и наружными зубьями, а на ее торце, выступающем из коробки, предусмотрены зубья для синхронного привода ВОМ. Эта шестерня вращается в двух шарикоподшипниках, которые установлены в стакане, вставленном в расточку задней стенки корпуса коробки. Передний подшипник вторичного вала размещен в расточке перегородки корпуса коробки, задний — в стакане, вставленном в расточку задней стенки коробки. Вторичный вал выполнен как одно целое с ведомой шестерней первой ступени редуктора.

Внутренние зубья этой шестерни предназначены для включения IX передачи. На шлицах вторичного вала установлена ведомая шестерня второй ступени редуктора и ведущая коническая шестерня главной передачи. Под ведущей конической шестерней установлена шайба, с помощью которой добиваются необходимого положения шестерни относительно задней плоскости корпуса коробки передач. С помощью прокладок регулируют необходимый осевой зазор в конических подшипниках.

Механизм переключения передач состоит из рычага переключения, ползунов с вилками, замковых пластин и фиксаторов. Ступени редуктора переключаются ползуном, к которому приварен поводок, соединенный с валиком, имеющим вилку, для перемещения шестерни. Остальные вилки переключения приварены непосредственно к ползунам. Шариковые фиксаторы удерживают ползуны и каретки в определенном положении. С помощью замковых пластин добиваются того, что рычаг переключения не может передвигать одновременно два ползуна и включать две передачи.



1 – рычаг переключения передач; 2 – крышка; 3 – ведомая шестерня первой ступени редуктора; 4 – вторичный вал; 5 – пластинчатая пружина; 6 – регулировочные прокладки; 7, 14, 25 и 27 – стаканы; 8 – ведомая шестерня второй ступени редуктора; 9 – ведущая шестерня главной передачи; 10 – гайка; 11 – конические роликовые подшипники; 12 – вал привода ВОМ, 13 – втулка; 15 – ведущая шестерня второй ступени редуктора; 16 – ведущая шестерня первой ступени редуктора; 17 – упорное кольцо; 18 – промежуточная шестерня; 19 и 20 – ведомые шестерни третьей и четвертой передач; 23 – промежуточный вал; 22 – ведомая шестерня пятой передачи и заднего хода; 23, 24, 28 и 35 – шариковые подшипники; 26 – шестерня понижающего редуктора; 29 – первичный вал; 30 – ведущие шестерни четвертой и пятой передач; 31 – корпус; 32 – ведущая шестерня третьей передачи; 33 – вилка; 34 – ползун; 36 – шариковый фиксатор; 37 – кулиса; 38 – шаровая опора; 39 – чехол; 40 – пружинное кольцо; 41 – шестерня включения ходоуменьшителя; 42 – ведомая шестерня первой передачи и заднего хода; 43 – упорная шайба; 44 – стопорное кольцо; 45 – скользящая шестерня первой передачи и заднего хода; 46 – вал пониженных передач и заднего хода; 47 – промежуточная шестерня заднего хода; 48 – ось.

Рисунок 1.1 - КПП МТЗ-82 с подвижными шестернями.

Высокие нагрузки, которым поддается трактор в работе, а так же сложная конструкция коробки передач требует особого внимания при эксплуатации трактора для того что бы вовремя выявить и предотвратить основные неисправности КПП МТЗ-80.

К таким неисправностям относятся:

Затрудненное включение и выключение передач. Данная неисправность может свидетельствовать о неправильной работе сцепления. В данном случае необходимо проверить степень износа диска сцепления, работоспособность корзины и отводки, а так же отрегулировать сцепление.

Удары при работе трансмиссии на определенных передачах говорят о возможном разрушении шестерен КПП. Поврежденные шестерни и прочие узлы коробки необходимо заменить.

Если наблюдается «выбивание» передач на ходу, повышенный ход рычага переключения передач, затруднения с выключением передач (шестерни не выходят из зацепления при нормальном ходе рычага) – то все эти симптомы свидетельствуют об износе вилок , либо механизма привода переключения передач (кулисы). Если изношены все вилки – лучше заменить корпус вилок МТЗ в сборе, если какая-то из вилок сломалась – допускается ее отдельная замена.

Повышение температуры коробки передач, специфические «подшипниковые» шумы подскажут о том, что один или несколько подшипников разрушаются или уже разрушены. В такой ситуации следует незамедлительно заменить пострадавшие подшипники, в противном случае, их обломки: части сепаратора, выпавшие ролики либо шарики могут критически повредить дорогостоящие валы и шестерни, а на синхронизированных коробках – к тому же еще очень дорогие синхронизаторы.

Следует отметить, что большинство ремонтных операций с коробкой передач тракторов МТЗ очень трудоемки. Что бы заменить валы, шестерни, большинство подшипников коробку необходимо снять с трактора. Поскольку

КПП является силовым элементом рамы трактора, то для того что бы ее снять трактор «раскатывают», то есть отделяют коробку от моста и двигателя, что требует применения специального стенда в идеале, либо надежных домкратов и опор. Поэтому такие запасные части как валы, шестерни, подшипники должны быть безупречного качества, и желательно оригинальными. Работоспособные детали, имеющие следы износа так же желательно заменить или восстановить, что бы вскоре не возвращаться к ремонту КПП.

Рекомендации по эксплуатации трансмиссии тракторов МТЗ, для длительной эксплуатации трактора без поломок:

Заливать в коробку качественное трансмиссионное масло ТАП-15В. Объем масла 40 литров, периодичность замены – раз в год. Между заменами следить за уровнем масла и за отсутствием потеков на корпусе КПП.

Эксплуатировать трактор корректно. Использовать навесные и прицепные агрегаты только соответствующие тяговому классу трактора - 1,4. При затруднении при переключении передач не следует включать их «на силу». В этом случае необходимо проверить работу сцепления.

В случае ремонта использовать запасные части коробки передач МТЗ -82 только высокого качества, желательно оригинальные, заводские.

Техническое обслуживание коробки передач заключается в периодической проверке и подтягивания крепления коробки передач к корпусам сцепления и заднего моста, проверке уровня масла и замене его в соответствии с таблицей смазки.

2 ИЗУЧЕНИЕ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНОСА СТАКАНА ПЕРВИЧНОГО ВАЛА КПП

Большинство деталей сельскохозяйственных машин подвергаются воздействию различных видов изнашивания. Преобладающим является механическое изнашивание, которое подчиняется определенной закономерности. Закономерности процесса изнашивания деталей зависят от большого числа факторов. Для описания этого процесса можно использовать прямую зависимость величины износа деталей от времени работы машины. На кривой износа $I=f(t)$ можно выделить три характерных участка: первый OA – соответствует периоду приработки, второй AB – периоду нормальной работы и третий BC – периоду форсированного (или аварийного) износа.

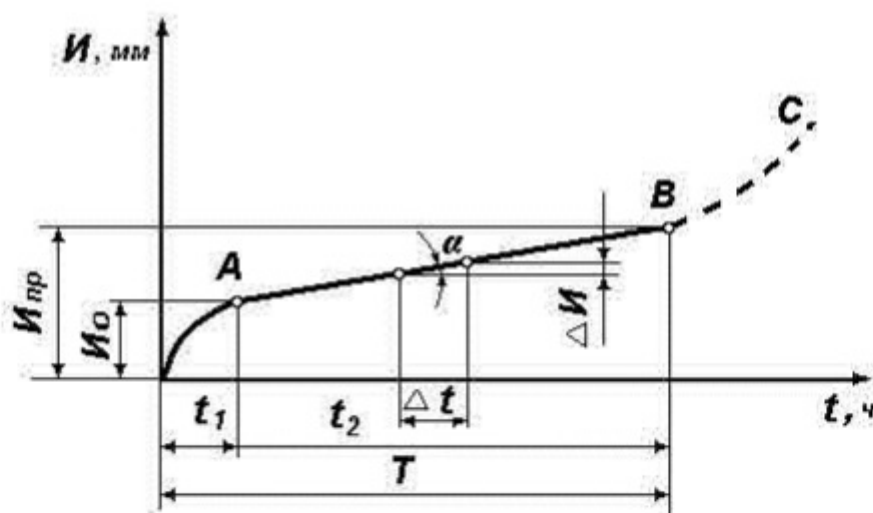


Рисунок 2.1 - Кривая износа.

Приработка – процесс изменения формы и размеров поверхностей трения и физико-механических свойств поверхностных слоев материала в начальный период трения, обычно проявляющийся при постоянных внешних условиях в уменьшении работы трения, температуры и интенсивности изнашивания.

Повышенная изнашиваемость I_0 в период t_1 является результатом взаимной приработки деталей. После изготовления машины, площади

фактического контакта трущихся поверхностей ее деталей, из-за шероховатостей, следов обработки бывают во много раз меньше, чем после некоторого периода приработки.

Поэтому в начале эксплуатации новой машины или после ремонта недопустима ее перегрузка. Приработка деталей должна проходить при легких режимах с постепенным доведением их до нормальных. Скорость изнашивания $v_{\text{изн}}$ определяется отношением приращения абсолютного износа ΔI_k соответствующему приращению времени Δt :

$$v_{\text{изн}} = \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad (2.1)$$

Средняя скорость изнашивания в период приработки будет равна:

$$v_{\text{изн}} = \frac{I_0}{t_1}, \quad (2.2)$$

В период t_2 изнашивание происходит с постоянной скоростью, которая определяется по формуле:

$$v_{\text{изн}} = \frac{I_{\text{пр}} - I_0}{t_2}, \quad (2.3)$$

здесь $I_{\text{пр}}$ и I_0 – предельный износ и износ в конце приработки детали. Указанная скорость характеризуется величиной угла α наклона прямой АВ к оси абсцисс, $\text{tg} \alpha$ показывает нарастание износа в линейных единицах за единицу времени. В течение времени t_2 происходит так называемый естественный износ деталей.

После того как износ деталей превысит допустимую для нормальной работы машины величину, что может выразиться в вибрации, утечке масла и других нежелательных явлениях, скорости изнашивания деталей быстро растет (участок кривой ВС) и износ получает характер аварийного. Граничная точка перехода в кривую форсированного изнашивания называется критической (точка В), а ее ордината равна величине предельного износа $I_{\text{пр}}$ при котором дальнейшая эксплуатация машины недопустима.

$$I_{\text{пр}} = I_0 + t_2 \times v_{\text{изн}}, \quad (2.4)$$

Абсцисса критической точки В определяет срок службы деталей или продолжительность эксплуатации машины Т:

$$T = t_1 + t_2 = t_1 + \frac{I_{\text{пр}} - I_0}{v_{\text{изн}}}, \quad (2.5)$$

Поскольку длительность периода приработки t_1 относительно малая величина, то полагают, что $T=t_2$. Скорость изнашивания может быть определена экспериментально или при эксплуатации для отрезка времени Δt с замерах фактического приращения износа ΔI .

На основании изучения закономерностей изнашивания, характера работы двигателей, причин выхода их из строя и средних сроков службы все детали строительных, путевых и погрузочно-разгрузочных машин иногда разделяют на пять групп.

Детали первой группы имеют минимальный срок службы, подвергаются интенсивному абразивному изнашиванию, быстро теряют служебные свойства и работоспособность. К деталям этой группы относятся рабочие органы машин (отвалы бульдозеров и грейдеров, ножи дозаторов и скреперов, зубья ковшей экскаваторов), имеющие средний срок службы в пределах 150 – 200 ч.

Детали второй группы характеризуются примерно в 9 раз большим сроком службы, чем детали первой группы. Ко второй группе относят детали приводных и тяговых цепей, канаты, зубчатые колеса открытых передач, блоки, втулки.

К третьей группе относят детали ходовой части и силовой передачи (оси, валы, зубчатые колеса закрытых передач), которые выходят из строя в основном вследствие абразивного изнашивания и срок службы которых примерно в 3 раза больше срока службы деталей второй группы.

Четвертую группу составляют детали со сроком службы, равным продолжительности работы машины до капитального ремонта.

К деталям пятой группы относят базовые детали, элементы металлоконструкций, которые выходят из строя вследствие появления трещин, изломов и других повреждений.

2.1 Задачи микрометража

Методы определения износа.

Существует несколько методов определения износа. Метод микрометрирования является наиболее распространенным и заключается в замере детали до и после износа микрометром, миниметром, индикатором или специальными приспособлениями. Применение массового микрометрирования деталей с последующей обработкой результатов замера методами теории вероятностей и математической статистики, как будет отмечено в дальнейшем, позволяет решать целый ряд важных задач ремонтного, производства.

Микрометраж проводится для выявления и анализа характера и величины износа вала привода транспортера в различных сечениях.

Микрометраж партии вала привода транспортера, поступивших в ремонт, проводится с целью получения первичной информации для дальнейшей статистической обработки.

2.2 Обработка результатов микрометража стакана первичного вала КПП

В результате измерения партии стаканов первичного вала КПП в сечении наибольшего износа получены следующие значения износа в мм, которые расположены в порядке возрастания:

89,97; 89,95; 89,96; 89,97; 89,97; 89,95; 89,9; 89,93; 89,93; 89,91; 89,92; 89,91; 89,93; 89,92; 89,91; 89,93; 89,92; 89,9; 89,89; 89,89; 89,97; 89,87; 89,89; 89,97; 89,97; 89,86; 89,85; 89,83; 89,82; 89,81; 89,78; 89,78; 89,76.

Всего: 34

Определяем зону рассеивания []:

$$S = h_{\max} - h_{\min}, \quad (2.6)$$

где $h_{\max}$ - максимальный износ, мм;

$h_{\min}$ - минимальный износ, мм;

$$S = 0,22 - 0,01 = 0,21 \text{ мм.}$$

Определяем число разрядов по формуле:

$$K = \sqrt{34} = 6 \text{ принимаем } K=6.$$

Определяем длину разряда по формуле:

$$l = \frac{0,21}{6} = 0,04 \text{ мм.}$$

Определяем величину сдвига по формуле.

Мы принимаем $c=0$ мм. Начало первого разряда принимаем равным величине сдвига, т.е. $a_1=c=0$. В соответствии с формулой принимаем $b_k=0,21$ мм.

Тогда длина разряда в соответствии с формулой будет равна []:

$$l = \frac{b-a}{K}, \quad (2.7)$$

$$l = \frac{0,21-0}{6} = 0,04 \text{ мм.}$$

2.3 Построение таблицы статистического ряда и статистических графиков

Строим статистический ряд в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Статистический ряд износа стакана.

i	разряды		h _i	ℓ _i	m _i	$\hat{q}_i = \frac{m_i}{n}$	$\hat{f}_i$	$\hat{F}_i$
	a _i	b _i						
1	0	0,04	0,02	0,04	6	0,176	4,4	1
2	0,04	0,08	0,06	0,04	12	0,352	8,8	2
3	0,08	0,12	0,1	0,04	8	0,235	5,87	3
4	0,12	0,16	0,14	0,04	4	0,117	2,92	4
5	0,16	0,20	0,18	0,04	3	0,088	2,2	5
6	0,20	0,24	0,22	0,04	1	0,029	0,725	6

Здесь a_i – начало i-го разряда;

b_i – конец i-го разряда, мм;

h_i – середина i-го разряда, мм;

ℓ – длина i-го разряда, мм;

m_i – частота или количество событий в i-ом разряде, мм;

$q_i = \frac{m_i}{n}$ – частота или статистическая вероятность попадания в i -й

разряд;

$f_i = \frac{q_i}{\ell_i}$ – статистическая плотность распределения износа в i -ом разряде,

мм⁻¹;

F_i – накопленная частота или статистическая функция распределения износа i -ом разряде.

Статистическую оценку математического ожидания $\bar{m}$ и среднеквадратического отклонения σ определяем по формулам [1]:

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k h_i m_i, \quad (2.8)$$

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

Расчеты сведены в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - К чету $\bar{m}$ и σ . ⁱ	h_i	m_i	$h_i m_i$	$(h_i - \hat{m})^2 m_i$
1	0,02	6	0,12	0,026
2	0,06	12	0,72	0,0087
3	0,1	8	0,8	0,0013
4	0,14	4	0,56	0,011
5	0,18	3	0,54	0,025
6	0,22	1	0,22	0,0171
			$\Sigma=2,96$	$\Sigma=0,089$

$$\hat{m} = \frac{2,96}{34} = 0,087 \text{ мм.}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{34-1} \cdot 0,089} = 0,051 \text{ мм.}$$

Определяем коэффициент вариации по формуле.

$$V = \frac{0,051}{0,087 - 0} = 0,6$$

2.4 Подбор теоретического закона распределения и построение теоретических графиков

Выдвигаем гипотезу, что износ клапанов происходит по закону нормального распределения и расчеты нужны вести по формулам [1]:

$$f(h) = \frac{1,72}{0,096} \left(\frac{h-0}{0,096} \right)^{0,72} e^{-\left(\frac{h-0}{0,096} \right)^{1,72}} \quad (2.10)$$

$$F(h) = 1 - e^{-\left(\frac{h-0}{0,096} \right)^{1,72}} \quad (2.11)$$

Расчеты сведены в таблицу 2.12.

Таблица 2.3 - К расчету f(h) и F(h) для ЗНР.

h	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24
F(h)	0	0,064	0,198	0,35	0,51	0,76	0,9	0,97	0,99
f(h)	0	5,2	7,6	7,8	6,2	4,2	2,3	0,6	0,24

Теперь остается проверить соответствует ли теоретический закон статистическим данным. Для этого определим меру расхождения χ^2 (таблица 2.4).

Таблица 2.4 - К расчету χ^2 .

i	m_i	q_i	nq_i	$\frac{(m_i - nq_i)^2}{nq_i}$
1	6	0,198	6,37	0,041
2	12	0,312	10,6	0,18
3	8	0,25	8,5	0,02
4	4	0,14	4,76	0,12
5	3	0,07	2,38	0,16
6	1	0,02	0,68	0,15

$$\Sigma=0,671$$

Итак, $\chi^2=0,671$.

Определяем число степеней свободы:

$r=6-(2+1)=3$, так как для закона распределения Вейбулла $\varphi = 2$.

Зная χ^2 и g находим, что $p=0,801$. Так как $p>0,1$, можно сделать вывод о том, что принятый теоретический закон распределения Вейбулла не противоречит статистическим данным. Следовательно, износ стакана первичного вала МТЗ-82 подчиняется закону распределения Вейбулла с параметрами: $\alpha=0,096$; $\sigma=1,72$; $c=0$.

2.5 Анализ кривых и определение процента стакана КПП подлежащих восстановлению

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.

В нашем случае можно определить процент стаканов первичного вала, подлежащих восстановлению. Для этого нужно найти максимально допустимый износ стаканов первичного вала:

Максимально допустимый износ стакана первичного вала при этом составит:

$$h_{\partial} = D_{\partial б} - D_{\max}, \text{ мм}, \quad (2.12)$$

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

где $D_{\partial б}, D_{\partial н}$ - диаметр стаканов пригодных к сопряжению с деталями бывшими в эксплуатации, и диаметр стаканов пригодных к сопряжению только с новыми деталями, мм.

$D_{\max}$ - диаметр максимального износа стакана первичного вала

Для деталей бывших в эксплуатации:

$$h_{\partial б} = 90,03 - 90,02 = 0,01 \text{ мм};$$

Для новых деталей:

$$h_{\partial n} = 90,05 - 90,02 = 0,03 \text{ мм}$$

Определяем процент годных деталей:

$$F(h_{\max}) = 1 - e^{-\left(\frac{h_{\partial n}(\partial v)^{-c}}{a}\right)^b} \quad (2.14)$$

Для стаканов пригодных к сопряжению с деталями бывшими в эксплуатации:

$$F(h_{\max}) = 1 - e^{-\left(\frac{0,01-0}{0,096}\right)^{1,72}} = 0,02$$

Для стаканов пригодных к сопряжению только с новыми деталями:

$$F(h_{\max}) = 1 - e^{-\left(\frac{0,03-0}{0,096}\right)^{1,72}} = 0,1$$

Итак, 10% деталей являются годными, из них 2% в сопряжении с деталями бывшими в эксплуатации, 8% в сопряжении только с новыми деталями, т.к износ не составляет 0,04 мм, и 90% деталей с износом более 0,04 мм подлежат восстановлению.

3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТАКАНОВ ПЕРВИЧНОГО ВАЛА КПП МТЗ-82

3.1 Разработка технологического процесса дефектации и выбор контрольно - измерительных приборов

Для обоснованного выбора способа восстановления изношенных поверхностей, определения коэффициентов ремонта и восстановления, формирования маршрутов, разработки технологии и решения других вопросов, связанных с организационной и технической подготовкой предприятий к массовому ремонту и восстановлению деталей машин, необходимо исследовать износ деталей в целом, рассматривая их как сложные конструктивные элементы.

С этой целью по каждой детали необходимо определить износ всех ремонтируемых за срок ее службы поверхностей в их взаимосвязи, в том числе учесть повреждения резьбовых поверхностей, трещины, сколы и другие дефекты. Износ детали оценивается по всем основным рабочим поверхностям. При этом ставится задача выявить соотношение между интенсивностью изнашивания этих поверхностей и определить значение их износа. Результаты исследования используют для анализа разной износостойкости основных рабочих поверхностей детали и решения таких вопросов, как: определение повторяемости дефектов и маршрутов ремонта, обоснование коэффициентов восстановления, выбор способа восстановления работоспособности, нормирование ресурса восстанавливаемых поверхностей, оценка объема работ при первом и последующем восстановлении детали.

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: предельная погрешность средств измерения должна быть меньше допустимой погрешности измерения, то есть

$$\Delta_{lim} \leq \delta, (1)$$

где δ – допускаемая погрешность измерения;

Δ_{lim} – предельная погрешность измерительного средства.

Под дефектацией понимают определение состояния соединений и рабочих поверхностей деталей и сравнение полученных результатов с данными нормативно-технической документации.

Основная задача дефектовочных работ – не пропустить на сборку детали, ресурс которых исчерпан или меньше планового межремонтного срока, и не выбраковывать годные без ремонта детали.

Невыполнение этих требований сопряжено со значительными экономическими издержками для потребителей и ремонтных предприятий.

Работы по дефектации организуют на специальных участках (для крупных, специализированных ремонтных предприятий) или на рабочих постах по ремонту узлов и агрегатов (для мастерских колхозов и совхозов, мелких ремонтно-технических предприятий).

При дефектации соединений и деталей определяют изменения размеров и форм рабочих поверхностей, нарушение взаимного расположения деталей, физико-механических свойств материала (изменение твердости поверхности, потеря упругих или магнитных свойств), коррозионные и усталостные разрушения и др.

В процессе дефектации все детали разделяют на пять групп, и маркируют их краской определенного цвета:

зеленой – годные, параметры, которых находятся в пределах, допускаемых для использования с деталями, бывшими в эксплуатации или новыми;

желтой – годные, параметры, которых находятся в пределах, допускаемых для работы только с новыми деталями;

белой – утратившие работоспособность, которую можно восстановить в условиях данного предприятия;

синей – утратившие работоспособность, ремонт и восстановление которых возможны только на специализированных предприятиях;

красной – те, которые по своему состоянию не могут быть использованы в дальнейшем; их удаляют в изолятор с последующей сдачей во «Вторчермет».

Методы дефектации. При дефектации применяются различные методы выявления дефектов.

Осмотр.

Простукивание.

Проверка на ощупь.

Измерение размеров.

Физические методы контроля. К физическим методам относят метод магнитной дефектоскопии, капиллярные методы (люминесцентный, цветной), ультразвуковой и электроиндукционный.

Средства измерения выбираются согласно типу измеряемого размера. Учитывая дефекты моей детали следует использовать следующие приспособления.

1. Износ поверхности под шарикоподшипник (Деф.1) – индикаторный нутромер НИ-50-100-1 ГОСТ 868-82
2. Износ наружной поверхности под корпус (Деф.2) – гладкий микрометр МК150-1 ГОСТ 6507-78
3. Трещины – лупа ЛАЗ-10х ГОСТ 25706-81

3.2 Выбор рационального способа восстановления

Наиболее важным направлением снижения затрат на ремонт машин является восстановление изношенных деталей, так как до 50 - 60 %

Окончательный выбор способов восстановления изношенных поверхностей детали, производят при анализе различных сочетаний способов. Анализ начинают с минимального числа способов, а в качестве основного принимают способ, являющийся оптимальным для поверхности, коэффициент повторяемости дефекта которой максимальный. Если выбранный способ применим по технологическому и техническому критериям ко всем изнашиваемым поверхностям, определяют себестоимость восстановления детали в целом, как если бы все поверхности восстанавливали этим способом.

Установив рациональный способ устранения дефектов деталей, приступают к проектированию технологического процесса восстановления деталей.

3.3 Подготовка поверхности перед нанесением защитного покрытия

Подготовка поверхности перед нанесением защитного покрытия обязательна. На чистый металл, без каких-либо загрязнений, слой металла, ЛКМ и др. ложится равномерно, хорошо сцепляясь с поверхностью, и в дальнейшем не отслаивается. Даже самое хорошее и качественное покрытие не будет обладать высокими защитными свойствами, если неправильно произведена предварительная подготовка поверхности. Подготовка поверхности металла очень сильно влияет на коррозионную стойкость изделия.

Подготовка поверхности металла включает в себя очистку от жировых загрязнений, оксидных пленок, грязи и т.д. Осуществляется подготовка поверхности следующими способами: механической очисткой, обезжириванием и травлением. Иногда достаточно лишь одного метода удаления загрязнений, в других же случаях – применяются все. Каждый этап очистки, в зависимости от тяжести загрязнения, может повторяться

Обработка металлическим песком получила очень широкое распространение, т.к. это один из самых эффективных методов. Для его реализации используется металлический песок или стальная дробь с размером частиц от 0,15 до 1,5 мм. Металлическим песком или мелкой дробью обрабатывают практически все металлы (кроме алюминия и его сплавов). При этом размер частицы и сила потока воздуха устанавливается в зависимости от толщины стенки металлического изделия.

Обработка абразивными порошками также является достаточно эффективным методом очистки поверхности от старого защитного покрытия и т.п. Данный метод – альтернатива сухой пескоструйной очистки, т.к. для его реализации используются сухие абразивы. Кроме того, оборудование используется то же самое.

Шлифование и полирование проводят для придания металлу блеска, а так же удаления неровностей. Реализуются эти способы на специальных станках, либо вручную (при помощи наждачной бумаги и т.д.).

Рыхлую окалину и шлам можно удалить при помощи щетки, которая изготавливается из тонкой латунной проволоки. Этот процесс получил название крацевание (кварцевание).

Шлифование – это способ подготовки поверхности перед нанесением защитного покрытия, для реализации которого необходимы абразивные инструменты (ленты, вращающиеся шлифовальные круги, бруски и т.п.).

Для грубого шлифования (обдира) часто используют круги, которые полностью состоят из абразивного материала (шлифовального или точильного камня). Грубым шлифованием можно удалить с поверхности толстый слой окалины, наплавы металла, заусенцы, бугры, раковины и т.д.

Абразивом часто служат крупные фракции корунда (Al_2O_3), карбида кремния (карборунда SiC), наждака (30-35% Fe_2O_3 и 60-70% Al_2O_3). Размер зерна составляет около 250–1200 мкм. В качестве связующего используются жидкое стекло, а также различного рода глины, смолы.

Обезжиривание проводят для удаления маслянистых и жировых загрязнений. Для этого применяют специальные растворители: керосин, уайт-спирит, трихлорэтилен, бензин, растворы различных солей и щелочей. Изделие погружают в ванну с растворителем, омывают им или просто протирают поверхность металла.

Обезжиривание подразделяется на: химическое и электрохимическое, ультразвуковое, термическое.

Травление

Травление применяется для удаления ржавчины, окалины и других продуктов коррозии с поверхности многих металлов. Зачастую травление проводят в растворах различных кислот с добавками ингибиторов кислотной коррозии, иногда в щелочах. Замедлители коррозии способствуют удалению загрязнения, сводя при этом потери основного металла к минимуму.

Подразделяется травление также на: химическое и электрохимическое.

Химическое травление проводят в растворенных или концентрированных кислотах и их смесях. Иногда рабочий травильный раствор подогревают до определенной температуры для интенсификации процесса удаления загрязнений. Концентрированную соляную кислоту, подогретую до температуры 40°C применяют для травления углеродистых сталей. Процесс длится от пяти минут до получаса (зависит от загрязнения).

Электрохимическое травление чаще всего применяется для анодного либо катодного травления углеродистых и легированных сталей. Может проводиться в подкисленных растворах солей железа или растворах солей щелочных металлов, соляной, серной кислотах и их смесях.

Во время катодного травления восстанавливаются ионы водорода, образующие на поверхности металла множество пузырьков. При отрыве пузырьков от металла загрязнение удаляется механически. Анодное травление применяется реже, т.к. ускоряет растворение основного металла.

Ювелирные изделия подвергают электрохимическому или химическому полированию, мелкие детали очищают ультразвуком.

$$T_n = T_{осн} + T_{всп} + T_{доп} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (3.4)$$

где

T_n - норма времени, мин;

$T_{осн}$ - основное время, мин;

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

$T_{доп}$ - дополнительное время, мин.;

n - количество деталей в партии, шт.

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{всп} \quad (3.5)$$

В технологических картах обычно проставляется штучное время $T_{шт}$ и подготовительно-заключительное время $T_{пз}$.

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{всп} + T_{доп} \quad (3.6)$$

Основное время покрытия определяется по формуле:

$$T_{осн} = \frac{b * \gamma * 1000 * 60}{D_k * c * \eta_{ТК}} \text{ мин}, \quad (3.7)$$

где b – толщина слоя покрытия на сторону, мм;

γ – плотность осажденного металла, г/см³, ($\gamma=6,9*10^{-3}$ г/мм³);

c – электрохимический эквивалент хрома, ($E=0,324$ г/А*ч);

η - выход хрома по току, % ($\eta=13 \dots 15$),.

D_k - катодная плотность тока, А/дм² (для износостойкого хромирования детали $D_k=50-75$ А/дм³);

$$T_{осн} = \frac{0,04 * 0,0069 * 1000 * 60}{65 * 10^{-6} * 0,324 * 15} = 39,3 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время, затрачивается на различные действия, обеспечивающие выполнение основного процесса, включают в себя время на монтаж деталей на приспособление, демонтаж их зачистку, протирку и загрузку в ванны, выгрузку из ванны:

$$T_{всп} = 0,06+0,2+0,35+0,48+2,35+0,65+0,05+0,465+0,48+0,3+0,6+$$

$$+0,17+0,43=5,585 \text{ мин.}$$

Дополнительное время по подготовке поверхности деталей под покрытие и после покрытия принимаем, используя ориентировочные данные:

$$T_{\text{доп}} = 3,0 + 2,0 + 0,5 + 3,0 + 0,25 + 10 = 18,75 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время, время на обслуживание рабочего места, перерывов на отдых и естественные надобности, % от оперативного составляет:

$$T_{\text{пз}} = 4+7+7 = 16 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{н}} = 39,3 + 5,585 + 18,75 + \frac{16}{1} = 79,735 \text{ мин.}$$

4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СЪЕМНИКА

4.1 Анализ существующих конструкций

Ремонт и техническое обслуживание - это один из самых главных процессов в использовании тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных агрегатов. В условиях сельского хозяйства, при соблюдении ограниченных агрономических сроков, необходимо, что данные операции были выполнены не только качественно, но и быстро.

Основными видами работ, при выполнении технического обслуживания и ремонта, являются разборочно-сборочные и слесарно-монтажные работы. Оборудования, используемые для этих целей, по характерам их использования можно классифицировать на три группы:

1. Оборудование и приспособления для выполнения ремонтно - обслуживающих работ на участках;
2. Оборудование и приспособления для выполнения постовых ремонтно - обслуживающих работах;
3. Слесарно-монтажный инструмент, по характеру использования является универсальным, т.е. применение его не зависит от места расположения автомобиля в ремонтной зоне.

Во время ремонтно-обслуживающих работ сельскохозяйственной автотракторной техники большую часть трудоемкости ремонтных работ составляют операции по разборке и сборке, из которых 20-25% приходится на соединения с натягом. Естественно, данный процент является достаточно усредненным показателем, так как соотношение различных типов соединений определяется особенностями конструкции каждой техники, агрегата или узла. Для этого используют различные инструменты, приборы и механизмы.

Одним из таких устройств являются разные съемники. Существуют следующие конструкции съемников:

					<i>ВКР 35.03.06.043.17.СГ.0.00.00.ПЗ</i>			
					<i>Съемник гидравлический</i>	Литера	Лист	Листов
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		У		
Разраб.	Андреев А.В.							
Проверил	Вагизов Т.Н.							
Н. контр.	Марданов Р.Х							
Утв.	Адигамов Н.Р							
						<i>Казанский ГАУ</i> <i>ИМ и ТС каф. ТС</i>		

- съемники с ручной тягой (использование винтовых усилителей);
- съемники с пневматической тягой (использование пневматических усилителей);
- съемники с гидравлической тягой (использование гидравлических усилителей).

Необходимо также указать на то, что в процессе эксплуатации значительная часть соединений с зазором становится недвижимой из-за явлений диффузии, коррозии, деформации деталей, заполнения промежутков между ними различными загрязнениями. Практика деятельности ремонтных подразделений свидетельствует о том, что в настоящее время разборка и сборка прессовых соединений в большинстве случаев проводится при помощи универсальных слесарных инструментов и подручных средств и не дает ожидаемых результатов. Суть проблемы заключается в том, что во время выпрессовывания деталей из глухих отверстий, опрессовывания расположенных на значительном расстоянии от торцов валов, демонтажа тонкостенных деталей и в других случаях, возникают неудобства или невозможность использования имеющихся съемников известных конструкций, так как это приводит к повреждению деталей, может стать причиной травмирования исполнителя работ.

Особого внимания заслуживают операции по разборке соединений подшипников с валами и корпусными деталями. Любой автомобиль, как известно, обладает различными узловыми конструкциями. В зависимости от особенностей конструкции узла, нагрузки, действующих на него деталей, используются подшипники различных типов и групп, но в любом случае одно из колец подшипника устанавливается с натягом. В большинстве случаев подшипниковые узлы лимитируют ресурс автомобилей, и в процессе эксплуатации возникает потребность несколько раз заменять тот или иной подшипник.

Наиболее распространенными в автомобильной промышленности являются конические роликовые и шариковые радиальные подшипники, реже используются радиально-упорные и упорные. Подшипники в автомобиле различаются по типу,

конструкции и размерам, размещению в различных зонах доступности. Они устанавливаются с различным натяжением. Все это требует применения соответствующих приспособлений и оборудования во время ремонта.

За границей разработке специального технологического оборудования для станций технического обслуживания уделяется большое внимание. Этими вопросами занимаются как производители автомобилей, так и производители инструмента и оборудования. Фирмы производители автомобилей комплектуют свои технические центры специальным оборудованием для реализации всех операций разборки и сборки, что минимизирует длительность ремонта и обслуживания, исключает повреждение деталей и травмирование работников. К сожалению, найти разработчиков таких приспособлений в Украине нам не удалось.

Результаты рассмотрения предлагаемых съемников и устройств позволили выявить различные конструкции данного оборудования. Выявленную совокупность конструкций можно разделить по следующим признакам:

- по принципу действия (механические, гидромеханические, пневматические, гидравлические);
- по способу прижимания лап захватов к детали, что снимется;
- по конструкции корпуса съемника для крепления захватов (двухзахватные, трехзахватные, четырехзахватные, шестизахватные, с обратным корпусом);
- по способу создания осевого усилия в силовых элементах съемников.

Механические: эксцентриковые, рычажные, клиновые, ударные, винтовые. Гидромеханические: плунжерного типа, поршневого типа. Пневматические: с цилиндрами, с пневмокамерами. Гидравлические: непрерывного действия, циклического действия, одно- и двухстороннего действия;

- по форме захватов (простые лапы, разводные лапы, захватывающие тяги, сборные неподвижные захваты, захваты, жестко соединенные с корпусом);
- по опорной части силовых винтов (штоков);

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.043.17.СТ.0.00.00.ПЗ

Лист

- по типу захватов (цанговые, сухарями, имеющими в середине конусную поверхность, штифтовые; захваты с резьбой в виде шпильки, гайки, винта или винта со вставкой; захваты специального назначения).

Съемники для подшипников

Съемники для подшипников - незаменимый инструмент для любой станции технического обслуживания. Уходит в прошлое то время, когда подшипники выбивались с помощью кувалды. Ассортимент такого специнструмента на рынке очень велик и продолжает расширяться. И фирмы-импортеры и базар откликнулись на потребности механиков в "малой механизации". Рынок заполнили инструменты различных производителей от кустарей до солидных фирм с мировым именем. Это инструмент различного назначения и качества. Стоимость такого инструмента довольно высока и не правильно подобранный съемник может не оправдать вложенные в него средства. Конечно, в магазинах или на базаре можно купить съемники по довольно привлекательной цене. Но, кто знает, из какого металла сделаны его основание, стяжной болт или захватывающие лапы. Не сломаются ли они, если нагрузка на них будет максимальной. Стоимость фирменного съемника конечно больше, но не потому что он "фирменный", а потому, что качество изготовления в гораздо лучше и подходит он для работы самых тяжелых условиях. Высокое качество и надежность съемников достигается путем применения превосходных материалов и тщательно отработанного технологического процесса, основное место в котором занимаетковка.

Дешевый или дорогой съемник, но он нужен при ремонте автомобиля. Хотя можно выбивать подшипники старым дедовским способом, при этом существует большая вероятность повредить одну из деталей и потратить много времени. А, как говорят, время - деньги, вот и получается, что потрачено не только время, но и финансы. Используя механический съемник, эта же работа выполняется за считанные минуты, гидравлический - за секунды.

На рынке предлагаются различные съемники, рассмотрим некоторые из них, наиболее часто встречающиеся в практике авторемонта. Самыми дешевыми и

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.043.17.СТ.0.00.00.ПЗ

Лист

наиболее распространенными являются механические съемники. Среди них наибольшую популярность получили двух- и трехзахватные.

Двухзахватные съемники применяются для снятия подшипников, сидящих на валу или запрессованных внутрь. Конструкция съемника состоит из траверсы, двух лап и стяжного болта. Захваты съёмника изготовлены ковкой из одной металлической заготовки, что гарантирует отсутствие изгиба даже при работе с экстремально высокими нагрузками. Двойной профиль траверсы, упрочнённой трапецевидной формой, обеспечивает большое усилие. Съемники применяются для быстрого и безопасного удаления шарикоподшипников, шестерён и колец любой формы и т.д. Самозахватывающая система обеспечивает отсутствие скольжения лапок: чем труднее вытащить - тем плотнее захват. Захваты на обоих концах имеют одинаковую форму. У двухзахватных универсальных съемников лапки можно переустановить наоборот и получится съемник для внутренних подшипников. Также существуют двухлаповые съемники с боковым стяжным болтом, они применяются для более прочного захвата снимаемой детали.

Трехзахватный съёмник также применяется для снятия подшипников, но из-за присутствия в его конструкции трех лап нагрузка на снимаемую деталь распределяется более равномерно. Это особенно важно в том случае, если деталь сделана из хрупкого материала. Лёгкий и быстрый в использовании, такой же, как съёмник с двумя захватами, однако предоставляющий определённые преимущества при затруднительных работах по съёму, Трехзахватный съемник нашел самое широкое распространение на СТО. Универсальный съемник может быть использован как для наружных, так и для внутренних работ путём простого разворота захватов (лап) съёмника. Существуют съемники с длинными лапами или с лапами типа конструктор, которые надеваются одна на одну. Они применяются для снятия подшипников, к которым трудно подобраться обычными съемниками.

Сепараторные съемники ("хомуты") предназначены для демонтажа шестерен, подшипников, колес, шкивов и других деталей, посаженных с натягом, которые могут быть повреждены при снятии обычными приспособлениями. Конструкция

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.043.17.СТ.0.00.00.ПЗ

Лист

хомута обеспечивает надежный захват в том случае, когда форма детали не позволяет использовать обычный съёмник. Съёмники позволяют приложить тяговое усилие к внутреннему кольцу подшипника - нагрузка не передается через тела качения, что сводит к минимуму риск повреждения подшипника. Регулируемые глубина и разнообразие диаметров захвата позволяют легко настраивать съёмник для различной длины вала и размера детали.

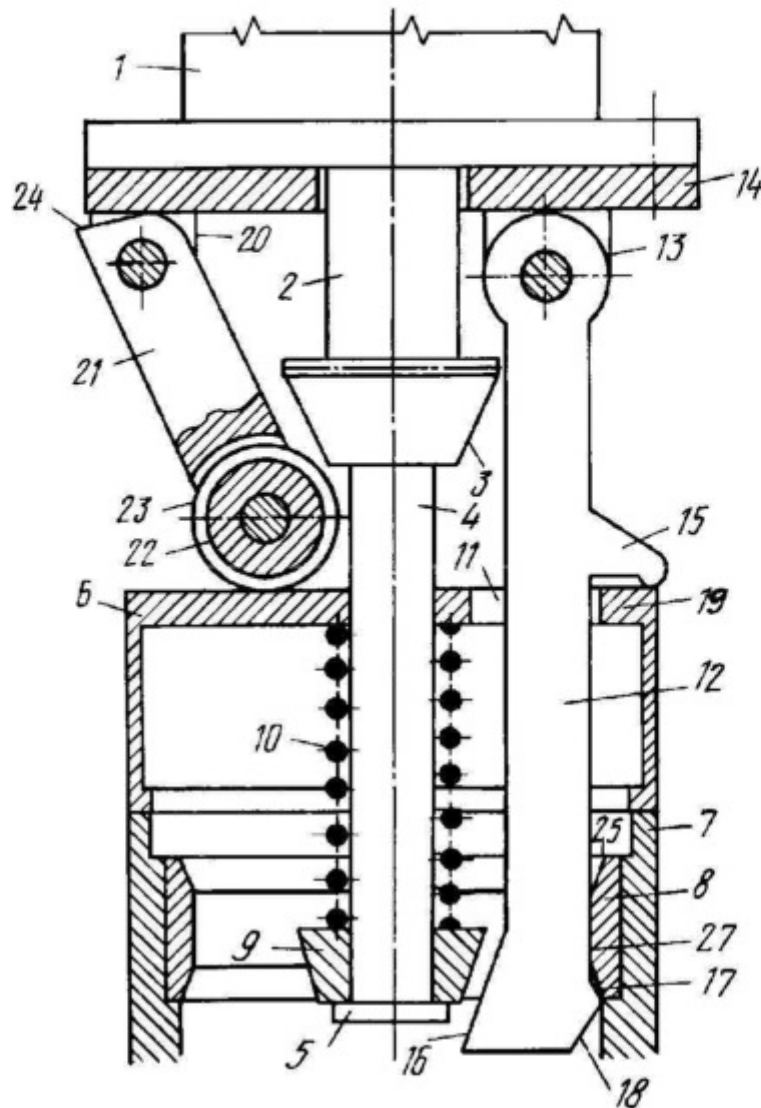
Внутренние съёмники применяются для снятия подшипников запрессованных в корпус. Съёмник помещается в отверстие шарикового подшипника. Центральный винт затягивается до тех пор, пока губки съёмника не зажмут подшипник. Контропор навивается на винт съёмника. При закручивании гайки на контропоре, съёмник извлекается вместе с подшипником.

Все чаще на СТО стали применяться гидравлические съёмники. Их используют как и механические для снятия и установки подшипников, но с добавлением гидроусилия, что значительно облегчает работу. Стандартные съёмники с гидравлическим плунжером дают дополнительное усилие и позволяют избежать трения на резьбе центрального болта. Этим достигается лёгкое удаление плотно соединённых частей. Съёмник прост и удобен в эксплуатации. Представьте себе, что небольшим движением пальцев вы развиваете давление на снимаемую деталь примерно в 10 тонн. А, например, на большегрузных автомобилях запрессовка некоторых подшипников требует усилия до 20 тонн, соответственно для снятия нужен съёмник с усилием не менее 30 тонн. Естественно, что здесь без гидравлического съёмника не обойтись.

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.043.17.СТ.0.00.00.ПЗ

Лист



1- гидроцилиндр; 2 - шток гидроцилиндра; 3 - толкающий конус ; 4,5 - шток гидроцилиндра; 6,19 - упорный стакан; 7 - корпус КПП; 8 - стакан вала; 9 - фиксирующий конус; 10 - пружина; 11- отверстие для зацепов; 12-зацеп; 13,20 - кронштейн ; 14 - основание;15 - лапа; 16 - скос;17,18 - зацеп;21- ножка ролика; 22,23 - подпирющий ролик; 24 - ограничитель хода; 25 - стакан.

Рисунок 4.1 - Устройство предлагаемого съемника.

По способу захвата съемники и подразделяют следующим образом: с креплением лап к детали болтами или шпильками, навинчиванием корпуса съемника на резьбовую часть детали, с захватом детали цанговым зажимом изнутри, с захватом детали лапами, разжимаемым корпусом, с захватом детали упором, с заключением в замкнутый корпус.

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.043.17.СТ.0.00.00.ПЗ

Лист

4.2 Принцип работы предлагаемого съемника

Устанавливаем прибор так, чтобы зацепы (17) упирался во задний внутренний угол стакана. Подаем в гидроцилиндр (1) рабочую жидкость, в результате чего гидроцилиндра (4) движется вперед. В результате этого фиксирую конус (9) упирается в скос (16) и прижимает зацеп к стакану. Одновременно с этим толкающий конус (3) толкает ролик (23), который по средством ножки ролика (21) воздействует на основание (14). Основание начинает тянуть зацеп (12), в результате чего создается необходимое усилие для выпрессовки детали.

Применение предлагаемого съемника намного ускоряет процесс разборки по сравнению с винтовыми и пневматическими съемниками, так как при этом не требуется дополнительной работы для налаживания процесса разборки. Кроме того устройство съемника позволяет производить разборку деталей широкой номенклатуры.

4.3 Инженерные расчеты подтверждающие работоспособность конструкции

4.4.1 Расчет усилия выпрессовки

Усилие выпрессовкинеобходимы показатель для демонтирования стаканов КПП. Его можно найти по следующей формуле:

$$P_v = f \pi d p L \quad (4.1)$$

где, d - номинальный диаметр сопряжения, м (1,38);

L - длина сопряжения, м (0,22);

f - коэффициент трения при выпрессовки (0,06... 0.18);

p - давление в сопряжении, Па.

Давление в сопряжении находится по формуле:

$$p = \frac{N_{max}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}$$

где, N_{max} -максимальный натяг;

d- номинальный диаметр;

C₁,C₂- коэффициент Ляме;

E₁,E₂-модуль упругости (20*10⁻⁴)

Коэффициенты Ляме находятся по формулам:

$$C_1 = \left(\frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} \right) - \mu_1 \quad (4.2)$$

$$C_2 = \left(\frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} \right) - \mu_2 \quad (4.3)$$

где, d- номинальный диаметр, мм;

d₁- внутренний диаметр, мм;

d₂- наружный диаметр, мм;

μ- коэффициент Пуассона (для большинства сталей он лежит в пределах 0,3)

Отсюда:

$$C_1 = \left(\frac{138^2 + 90^2}{138^2 - 90^2} \right) - 0,27 = 2,21$$

$$C_2 = \left(\frac{143^2 + 138^2}{143^2 - 138^2} \right) + 0,27 = 28,37$$

Подсчитав коэффициенты Ляме, находим давление в сопряжении:

$$p = \frac{0,000261}{1,38 \left(\frac{2,21}{1 \times 10^{11}} + \frac{28,37}{1 \times 10^{11}} \right)} = 630 \times 10^6$$

Зная давление в сопряжение, находим усилиивыпрессовки:

$$P_v = 0,17 \times 3,14 \times 1,38 \times 630 \times 10^6 \times 0,22 = 3,5 \times 10^6$$

Исходя из усилия выпрессовки, находим диаметр гидравлического цилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi P \eta_{\text{общ}}}} \quad (4.4)$$

где, P- усилие на штоке;

η_{общ}- механический КПД гидроцилиндра (0,85...0,97);

F-давление в гидросистеме.

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.043.17.СТ.0.00.00.ПЗ

Лист

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Обеспечение безопасности в конструкции

При конструировании необходимо обеспечить безопасность, удобство и эстетический вид.

В процессе разработки конструктивной части были использованы соответствующие государственные стандарты, положения, инструкции и другие литературные источники. Также были использованы единые требования безопасности и производственной санитарии для технологического оборудования, оснастки и производственных процессов по ремонту сельскохозяйственной техники.

При проектировании необходимо для обеспечения безопасности, комфорта и эстетики. Были приняты нужные технические решения, которые бы позволили выполнить ряд требований по безопасности. В конструктивной части выпускной работы были произведены расчеты, которые не только подтвердили эффективность конструкции, но и доказали, что она является безопасным для использования. Мы подсчитали ряд деталей на прочность, которые подтвердили, что они удовлетворяют требованиям.

5.2 Инструкция по безопасности труда для слесаря при работе со съемником

Утверждено
руководителем хозяйства

«__»_____2017 г.

ИНСТРУКЦИЯ

по безопасности труда для слесаря при работе со съемником.

Общие требования при работе приспособлением:

К работе с приспособлением допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие удостоверение слесаря, после прохождения соответствующего инструкции.

На рабочем месте запрещается заниматься посторонними делами.

Работать нужно только в спецодежде.

В случае аварии немедленно известить администрацию.

Уметь оказывать первую доврачебную помощь.

Требования перед началом работы:

Подготовить рабочее место, одеть спецодежду.

Проверить исправность съемника.

Проверить герметичность съемника.

В случае не исправности приспособления, оповестить администрацию.

Строго выполнять все требования санитарии.

Требования до начало работы:

Работать со съемником, имея практические навыки.

Необходимо убедиться в полной готовности съемника.

Соблюдать требования безопасности и работы.

Поддерживать рабочее место в чистоте.

Требования безопасности в аварийной ситуации:

При возникновении аварии необходимо срочно отключить систему электрического питания.

При поражении электрическим током нужно оказать первую доврачебную помощь.

Требования безопасности по окончании работы:

При сдаче рабочего места необходимо убедиться в исправности приспособления.

Отключить подачу гидравлической жидкости.

Сдать спецодежду.

О недостатках и неисправностях конструкции при работе известить администрацию.

Ответственность

За нарушение правил безопасности требований данного приспособления рабочий несет дисциплинарную, материальную ответственность.

Разработал: Андреев А.В.

Согласовано: специалист
по охране труда:

представитель профкома:

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Обеспечение безопасности в конструкции

При конструировании необходимо обеспечить безопасность, удобство и эстетический вид.

В процессе разработки конструктивной части были использованы соответствующие государственные стандарты, положения, инструкции и другие литературные источники. Также были использованы единые требования безопасности и производственной санитарии для технологического оборудования, оснастки и производственных процессов по ремонту сельскохозяйственной техники.

При проектировании необходимо для обеспечения безопасности, комфорта и эстетики. Были приняты нужные технические решения, которые бы позволили выполнить ряд требований по безопасности. В конструктивной части выпускной работы были произведены расчеты, которые не только подтвердили эффективность конструкции, но и доказали, что она является безопасным для использования. Мы подсчитали ряд деталей на прочность, которые подтвердили, что они удовлетворяют требованиям.

5.2 Инструкция по безопасности труда для слесаря при работе со съемником

Утверждено
руководителем хозяйства

При сдаче рабочего места необходимо убедиться в исправности приспособления.

Отключить подачу гидравлической жидкости.

Сдать спецодежду.

О недостатках и неисправностях конструкции при работе известить администрацию.

Ответственность

За нарушение правил безопасности требований данного приспособления рабочий несет дисциплинарную, материальную ответственность.

Разработал: Андреев А.В.

Согласовано: специалист

по охране труда:

представитель профкома:

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1 Технико-экономическая оценка эффективности разработанной конструкции

6.1.1 Расчет массы конструкции

За базу для сравнения при технико-экономической оценки принимаются показатели ручного съемника.

Определяем массу конструкции по формуле:

$$G = (G_K + G_T) \cdot K, \quad (6.1)$$

где G_K -масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг;

G_T -масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг;

K -коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов (для расчета принимается $K=1,05 \dots 1,15$).

Таблица 6.1 – Масса сконструированных и готовых деталей.

Наименование	Масса деталей, кг	Количество деталей, шт	Общая масса, кг
1	2	3	4
Сконструированные			
1. Зацеп	0,26	2	0,52
2. Ножка ролика	0,21	2	0,42
3. Колеса ролика	0,094	2	0,188
4. Фиксирующий стакан	0,53	1	0,53
6. Основание	0,43	1	0,43
6. Фиксирующий конус	0,045	1	0,045
ВСЕГО			2,13

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4
Готовые			
1.Болты	0,05	10	0,5
2.Гайки	0,03	4	0,12
3.Шайбы	0,01	10	0,1
4.Пружина	0,015	1	0,015
6.Гидроцилиндр	1,9	1	1,9
ВСЕГО			2,65

$$G = (2,13 + 2,65) \cdot 1,05 = 5 \text{ кг.}$$

6.1.2 Балансовую стоимость конструкции и производительность определяем по формулам:

$$C_{б1} = \frac{C_{б0} \cdot G_0 \cdot \sigma}{G_1}, \quad (6.2)$$

где G_0 – масса прототипа, кг;

G_1 – масса предлагаемой конструкции, кг;

$C_{б0}$ – балансовая стоимость прототипа, руб.;

σ – коэффициент удешевляющий конструкцию (0,9...0,95)

Отсюда получаем стоимость конструкции:

$$C_{б1} = \frac{5 \cdot 3200 \cdot 0,95}{6} = 2533 \text{ руб.};$$

Часовая производительность определяется по формуле:

$$W_q = 60 \cdot \frac{t}{T_{ц}}$$

где, t – коэффициент использования рабочего времени смены ($t=0,6...0,9$);

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

$$W_q = 60 \cdot \frac{0,7}{7} = 6 \text{ ед/час}$$

6.1.3 Металлоемкость установки определяется по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_q \cdot T_{год} \cdot T_{сл}}, \quad (6.3)$$

где W_q – часовая производительность;

$T_{год}$ – годовая загрузка;

$T_{сл}$ – срок службы машины ($T_{сл} = 5$ лет).

$$M_e^1 = \frac{5}{6 \cdot 250 \cdot 5} = 0,0007 \text{ кг/шт.};$$

$$M_e^0 = \frac{6}{4 \cdot 250 \cdot 5} = 0,0012 \text{ кг/шт.};$$

6.1.4 Фондоемкость процесса определяется по формуле:

$$F_e = \frac{C_б}{W_q \cdot T_{год}}, \quad (6.4)$$

$$F_e^1 = \frac{2533}{6 \cdot 250} = 1,7 \text{ руб/шт.};$$

$$F_e^0 = \frac{3200}{4 \cdot 250} = 3,2 \text{ руб/шт.};$$

6.1.5 Трудоемкость процесса определяется по формуле:

$$T_e = \frac{n_p}{W_q}, \quad (6.5)$$

где n_p – количество рабочих, обслуживающих машину, чел.

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

$$T_e^0 = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ чел. ч/шт.};$$

6.1.6 Энергоемкость определяем из уравнения:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_q}, \quad (6.6)$$

где N_e – мощность электродвигателя;

$$\mathfrak{D}_e^1 = \frac{1,5}{6} = 0,25 \text{ кВт ч/шт.};$$

$$\mathfrak{D}_e^0 = \frac{1,5}{4} = 0,37 \text{ кВт ч/шт.};$$

6.1.7 Себестоимость выполнения работ определяется по формуле:

$$S = C_{зн} + C_{э} + A + C_{РТО}, \quad (6.7)$$

где $C_{зн}$ – заработная плата производственных рабочих, руб./год;

$C_{э}$ – стоимость электроэнергии, руб.

A – амортизационные отчисления, руб.;

$C_{РТО}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб.;

$$C_{зн} = z \cdot T_e \quad (6.8)$$

где z – тарифная ставка рабочих, руб.;

$$C_{зн1} = 100 \cdot 0,16 = 16 \text{ руб/шт.};$$

$$C_{зн0} = 100 \cdot 0,25 = 25 \text{ руб/шт.};$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$C_{э} = \mathfrak{D}_e \cdot \Pi_{э}, \quad (6.9)$$

где $\Pi_{э}$ – комплексная цена электроэнергии, руб/кВт

$$C_{э}^1 = 0,25 \cdot 2,88 = 0,72 \text{ руб/шт.};$$

$$C_{э}^0 = 0,37 \cdot 2,88 = 1,06 \text{ руб/шт.};$$

$\Pi_{э}$ –
комплекс

Амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$A = 0,01 \cdot \frac{C_{б} \cdot a}{W_{ч} \cdot T_{год}}; \quad (6.10)$$

где a – коэффициент амортизационных отчислений за год,

$$A_1 = 0,01 \cdot \frac{2533 \cdot 13}{6 \cdot 250} = 0,22 \text{ руб/шт.};$$

$$A_0 = 0,01 \cdot \frac{3200 \cdot 13}{4 \cdot 250} = 0,421 \text{ руб/шт.};$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяют по формуле:

$$C_{PTO} = 0,01 \cdot \frac{C_{\delta} \cdot H_{PTO}}{W_q \cdot T_{год}}; \quad (6.11)$$

где H_{PTO} – норма затрат на ремонт техническое обслуживание.

$$C_{PTO1} = 0,01 \cdot \frac{2533 \cdot 8}{6 \cdot 250} = 0,13 \text{ руб.};$$

$$C_{PTO0} = 0,01 \cdot \frac{3200 \cdot 8}{4 \cdot 250} = 0,25 \text{ руб.};$$

Отсюда:

$$S^1 = 16 + 0,72 + 0,22 + 0,13 = 17,07 \text{ руб.},$$

$$S^0 = 25 + 1,06 + 0,41 + 0,25 = 26,72 \text{ руб.}$$

6.1.8 Приведенные затраты определяются по формуле:

$$C_{np} = S_{экс} + E \cdot k; \quad (6.12)$$

где E - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E=0,10$);

k - удельные капитальные вложения, руб.ед.

Удельные капиталовложения определяются по формуле:

$$k = \frac{C_{\delta}}{W_q \cdot T_{год}}; \quad (6.13)$$

$$k^1 = \frac{2533}{6 \cdot 250} = 1,7 \text{ руб./шт.};$$

$$k^0 = \frac{3200}{4 \cdot 250} = 3,2 \text{ руб./шт.};$$

$$C_{np} = 17,07 + 0,1 \cdot 1,7 = 17,24 \text{ руб./шт.};$$

$$C_{np} = 325 + 0,1 \cdot 3,2 = 27,04 \text{ руб./шт.};$$

6.1.9 Годовая экономия определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{год} = (S^0 - S^1) \cdot W_q \cdot T_{год}; \quad (6.14)$$

$$\mathcal{E}_{год} = (26,72 - 17,07) \cdot 6 \cdot 250 = 14475 \text{ руб.};$$

6.1.10 Годовой экономический эффект определяется по формуле

$$E_{год} = (C_{прив}^0 - C_{прив}^1) \cdot W_q \cdot T_{год}; \quad (6.15)$$

$$E_{год} = (27,04 - 17,24) \cdot 6 \cdot 250 = 14700 \text{ руб.};$$

6.1.11 Срок окупаемости дополнительных капиталовложений определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{C_{б1}}{\mathcal{E}_{год}}; \quad (6.16)$$

$$T_{ок} = \frac{2533}{14475} = 0,2 \text{ год};$$

6.1.12 Коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений определяется по формуле:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{C_{б}}; \quad (6.17)$$

$$E_{эф} = \frac{14475}{2533} = 5,7;$$

Таблица 6.2 – Техничко-экономические показатели эффективности конструкции.

Показатели	Единица измерения	Предлагаемая конструкция	Существующей конструкции
1	2	3	4
Металлоемкость	кг/ед.	0,0007	0,0012
Энергоемкость	кВт ч/ ед.	0,25	0,37
Трудоемкость	чел ч/ ед.	0,16	0,25
Фондоемкость	руб./ ед.	1,7	3,2
Приведенные затраты	руб./ ед.	17,24	27,04
Годовой экономический эффект	руб.	14700	-
Годовая экономия	руб.	14475	-
Срок окупаемости	год	0,2	-
Коэффициент эффективности капиталовложений	-	5,7	-

Определенные технико-экономические показатели сведены в таблицу 6.2, из которой видно, что замена старой конструкции съемника на предлагаемую позволит снизить затраты на ремонт, с одновременным сокращением металлоемкости и стоимости процесса, что в конечном счете скажется на эффективности производства.

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 стакана первичного вала КПП.

Главной целью любого производства является получение прибыли. Поэтому при оценке эффективности внедрения новых проектов и конструкции, используют прибыль. В 6 - ой части выпускной работы приведены необходимые расчеты и экономическое обоснование разрабатываемого съемника. При сравнении с показателями исходной конструкции, проектируемый является предпочтительнее, поэтому рекомендуется использовать проектируемые мероприятия.

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. Гулия Н.В. Детали машин [Текст] / Н.В.Гулия, 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 АПИМ, 2005.-472 С.
16. Сигаев Е.А. Сопротивление 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.