

Казань – 2018 г.

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе Ганиева И.Ф. на тему «Проект технологического процесса восстановления шатуна двигателя с разработкой приспособления для правки стержня шатуна».

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

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

В первом разделе дан описание устройства, анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности кривошипно-шатунного механизма двигателя Д-260.

Во втором разделе определена закономерность износа и процент восстанавливаемых деталей.

В третьем разделе разработан технологический процесс восстановления шатуна, подобрано необходимое оборудование и инструмент, предложена технология восстановления шатуна.

В четвертом разделе разработано приспособление для правки стержня шатуна.

В пятом разделе спроектированы мероприятия по безопасности труда.

В шестом разделе подсчитаны экономическое обоснование приспособления.

В конце приведены общие выводы по выпускной работе.

ABSTRACT

to the final qualifying work Ganieva I.F. on the topic "Project of the technological process of the restoration of the connecting rod of the engine with the development of the device for straightening the rod connecting rod".

Graduation qualification work consists of an explanatory note on sheets of typewritten text and a graphic part on 6 sheets of the A1 format.

The note consists of an introduction, six sections, conclusion and includes 7 figures and 7 tables. The list of used literature contains 28 titles.

In the first section, a description of the device, an analysis of the operation and a characterization of the causes of the loss of efficiency of the crank mechanism of the D-260 engine are given.

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

In the third section, the technological process for the restoration of the connecting rod has been developed, the necessary equipment and tools have been selected, and the technology for restoring the connecting rod has been proposed.

In the fourth section, a tool for straightening the rod of the connecting rod has been developed.

In the fifth section, measures have been designed for labor safety.

In the sixth section, the economic justification for the adaptation is calculated.

In the end, general conclusions on the final work are given.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЯ.....	
1.1 Описание устройства, анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности кривошипно-шатунного механизма двигателя Д-260.....	
1.2 Основные дефекты шатуна.....	
2 ИЗУЧЕНИЕ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ.....	
2.1 Задачи микрометража.....	
2.2 Обработка результатов микрометража шатуна двигателя Д-260.....	
2.3 Построение таблицы статистического ряда и статистических графиков.....	
2.4 Подбор теоретического закона распределения и определение его параметров.....	
2.5 Построение теоретических графиков функции распределения и плотности распределения износа.....	
2.6 Проверка соответствия принятого теоретического закона статистическим данным.....	
2.7 Анализ кривых и определение процента шатунов, подлежащих обработке под ремонтный размер.....	
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШАТУНА ДВИГАТЕЛЯ Д-260.....	
3.1 Выбор рационального способа восстановления дефектов шатуна.....	
3.2 Расчёт и выбор параметров и режимов восстановления шатуна.....	
3.3 Определение норм времени выполнения операций.....	
4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	
4.1 Описание приспособления.....	
4.2 Проектный расчёт усилия изгиба.....	
4.3 Силовой расчёт элементов приспособления.....	
4.3.1 Расчёт болта зажима на смятие и срез.....	

4.3.2	Расчёт резьбы болта на смятие и срез.....
4.3.3	Расчёт резьбы винтов упора на смятие и срез.....
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....
5.1	Обеспечение условий и безопасность труда на производстве.....
5.2	Мероприятия по защите населения и материальных ценностей в чрезвычайных ситуациях.....
5.3	Физическая культура на производстве.....
6	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....
6.1	Технико-экономическая оценка приспособления для правки стержня шатуна.....
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....
	СПЕЦИФИКАЦИИ.....

ВВЕДЕНИЕ

В переходный к рыночной экономике период народное хозяйство Российской Федерации подвергается серьёзным испытаниям. Спроектированное и построенное по жёсткому плану как единый монолит с ориентацией на общегосударственный эффект, оно постепенно превращается в гибкую коммерческую структуру, все элементы которой руководствуются лишь своими частными интересами. Ожидается, что эти локальные частные интересы, проявляющиеся в конкурентной среде, приведут интенсификации хозяйственной деятельности, обеспечат её максимальную эффективность. Сказанное относится и к индустрии технического сервиса (ТС) как элемента инфраструктуры агропромышленного производства.

В настоящее время основную долю парка техники в сельском хозяйстве составляют отремонтированные машины и лишь незначительную часть — новые. Важным звеном обеспечения качественного ремонта техники является соблюдение технологии его проведения. На сегодняшний день во многих предприятиях ремонт производится с нарушениями технологического процесса мойки, дефектации деталей и обкатки. Все это приводит к снижению срока эксплуатации отремонтированной техники, и как следствие, повышению затрат производителей сельскохозяйственной продукции. Также, поскольку ремонт агрегатов сводится главным образом к замене их неисправных деталей на годные, наибольшие затраты (до 60% и более) в себестоимости ремонта составляет стоимость израсходованных запасных частей.

Поставки сельскохозяйственной техники на село значительно уменьшились, а по ряду машин вообще прекратились. Почти 40% парка машин выпускается без существенной модернизации в течение уже более 10 лет и морально устарело. В связи с сокращением парка увеличивается нагрузка на имеющуюся технику, прежде всего уборочную, что приводит к нарушению агротехнических сроков и потере части урожая, равноценного по объёму зарубежным закупкам.

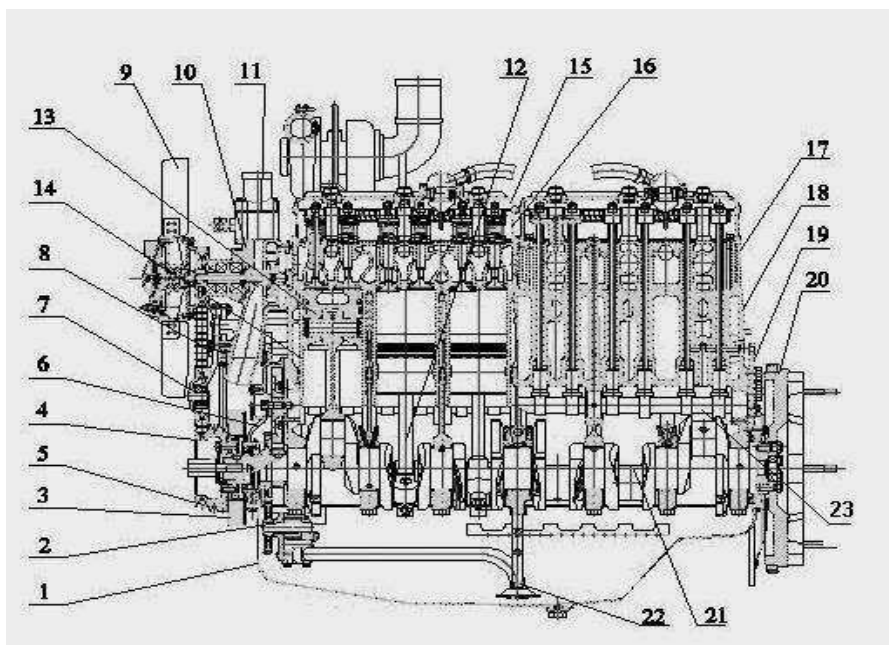
Серьезные проблемы возникают в связи с инфляцией, низкой рентабельностью, сельскохозяйственного производства. Недостаток средств у сельских товаропроизводителей побуждает их экономить на обслуживании и ремонте машин и оборудования, эксплуатируя их на «износ». Естественно такая практика не может продолжаться долго.

В этих условиях необходимо развивать и изучать возможности как давно зарекомендовавших себя, так и новых ремонтных технологий.

1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЯ

1.1 Описание устройства, анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности кривошипно-шатунного механизма двигателя Д-260

Блок цилиндров двигателя Д-260 трактора МТЗ-1221 является основной корпусной деталью и выполнен в виде моноблока, представляет собой жесткую чугунную отливку. В расточках блока установлены шесть съемных гильз, изготовленных из специального чугуна. Гильза устанавливается в блок цилиндров по двум центрирующим поясам. В верхнем поясе гильза закрепляется буртом, в нижнем - уплотняется двумя кольцами из резины, расположенными в канавках блока цилиндров.

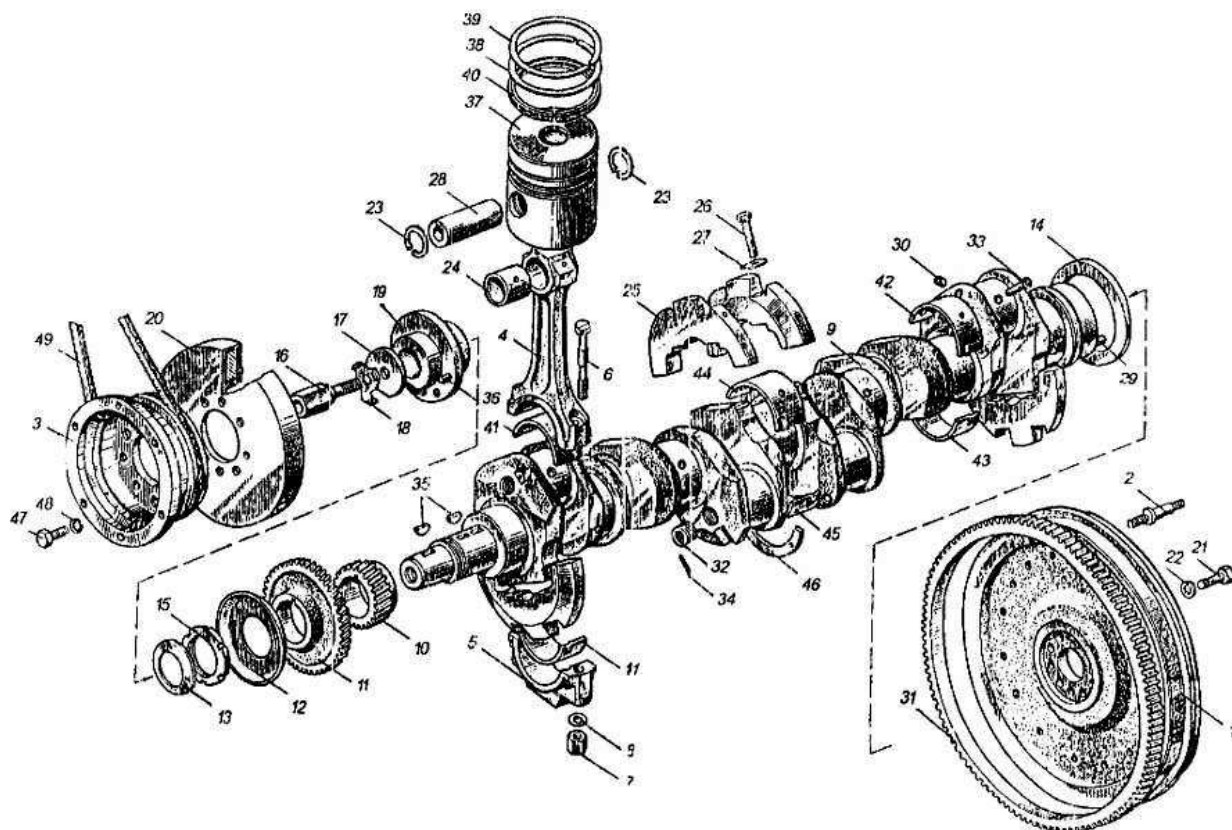


1 – масляный картер; 2 – масляный насос; 3 – демпфер; 4 – шкив коленчатого вала; 5 – ремень вентилятора; 6 – крышка распределения; 7 – шкив натяжной; 8 – форсунка для охлаждения поршня; 9 – вентилятор; 10 – водяной насос; 11 – корпус термостатов; 12 – шатун; 13 – поршень; 14 – гильза цилиндров; 15 – колпак; 16 – крышка головки цилиндров; 17 – головка цилиндров; 18 – блок цилиндров; 19 – задний лист; 20 – маховик; 21 – коленчатый вал; 22 – маслоприемник; 23 – распределительный вал.

Рисунок 1.1 - Дизельный двигатель Д-260.

Между стенками блока цилиндров Д-260 и гильзами циркулирует охлаждающая жидкость. Поперечные перегородки блока цилиндров имеют приливы, предназначенные для образования опор коленчатого вала. На эти

приливы установлены крышки. Приливы вместе с крышками образуют постели для коренных подшипников. Постели под вкладыши коренных подшипников расточены с одной установки в сборе с крышками. Менять крышки местами не допускается.



1 - маховик; 2 - палец; 3 - шкив; 4 - шатун; 5 - крышка шатуна; 6 - болт шатунный; 7 - гайка; 8 - шайба; 9 - вал коленчатый; 10 - шестерня коленчатого вала; 11 - шестерня ведущая; 12 - маслоотражатель; 13 - пружина тарельчатая; 14 - маслоотражатель; 15 - гайка; 16 - болт коленчатого вала; 17 - шайба; 18 - шайба замковая; 19 - ступица шкива; 20 - гаситель силиконовый; 21 - болт крепления маховика; 22 - шайба; 23 - кольцо стопорное; 24 - втулка; 25 - противовес; 26 - болт крепления противовеса; 27 - пластина стопорная; 28 - палец поршневой; 29 - штифт; 30 - заглушка; 31 - венец маховика; 32 - заглушка; 33 - трубка; 34 - шплинт; 35 - шпонка; 36 - штифт; 37 - поршень; 38 - кольца компрессионные; 39 - кольцо компрессионное; 40 - кольцо маслосъемное фирмы; 41 - вкладыш шатунного подшипника; 42 - вкладыш коренного подшипника; 43 - вкладыш коренного подшипника; 44 - вкладыш коренного подшипника; 45 - вкладыш коренного подшипника; 46 - полукольцо упорное; 47 - болт M12-6gx35.88.35.019; 48 - шайба; 49 - ремень генератора.

Рисунок 1.1 - Детали кривошипно-шатунного механизма двигателя Д-260.

Основными деталями кривошипно-шатунного механизма являются: коленчатый вал с коренными и шатунными подшипниками, маховик, поршни с поршневыми кольцами и пальцами, шатуны.

Коленчатый вал Д-260 трактора МТЗ-1221 - стальной, имеет семь коренных и шесть шатунных шеек. Для уменьшения нагрузок на подшипники от сил инерции на первой, шестой, седьмой и двенадцатой щеках коленчатого вала устанавливаются съемные противовесы. В шатунных шейках имеются полости для дополнительной центробежной очистки масла. Полости шеек закрыты резьбовыми заглушками.

Осевое усилие коленчатого вала Д-260 воспринимается четырьмя биметаллическими сталеалюминиевыми полукольцами, установленными в расточках блока цилиндров и крышки четвертого коренного подшипника. Впереди и сзади коленчатый вал уплотняется манжетами.

На передний конец вала устанавливаются: с натягом шестерня привода механизма газораспределения (шестерня коленчатого вала) и шестерня привода масляного насоса, шкив привода водяного насоса, генератора, компрессора кондиционера воздуха (на тракторе МТЗ-1221). Для снижения уровня крутильных колебаний коленчатого вала Д-260 на ступице шкива установлен демпфер силиконовый.

Поршень двигателя Д-260 ММЗ изготовлен из алюминиевого сплава. В днище поршня выполнена камера сгорания. В верхней части поршень имеет три канавки - в первые две устанавливаются компрессионные кольца, в третью - маслосъемное кольцо с расширителем. Поршневой палец полый, изготовлен из хромоникелевой стали. Осевое перемещение пальца в бобышках поршня ограничивается стопорными кольцами.

Шатун двигателя Д-260 - стальной, двутаврового сечения. В верхнюю головку его запрессована втулка. Для смазки поршневого пальца в верхней головке шатуна и втулке имеется отверстие. Расточка нижней головки шатуна под вкладыши производится в сборе с крышкой. Шатун и крышка имеют одинаковые номера, набитые на их поверхностях.

Крышки шатунов не взаимозаменяемы. Кроме того, шатуны имеют весовые группы по массе верхней и нижней головок. Обозначение группы по массе наносится на торцевой поверхности верхней головки шатуна. На дизеле Д-260 должны быть установлены шатуны одной группы.

Вкладыши коренных и шатунных подшипников коленчатого вала Д-260 тонкостенные, изготовленные из биметаллической полосы. По внутреннему диаметру вкладыши изготавливаются двух размеров в соответствии с номиналом шеек коленчатого вала. Маховик изготовлен из чугуна, крепится к фланцу коленчатого вала болтами. На маховик напрессован стальной зубчатый венец.

Шатун—деталь, несущая на себе ответственность за работу двигателя. Так как вся нагрузка от работы двигателя приходится на шатун, со временем он приходит в негодность. В основном деформируются поршневой и кривошипные отверстия.

1.2 Основные дефекты шатуна

В каких случаях шатун нуждается в ремонте

1. Если стержень шатуна скручен (деформирован);
2. Зазор в верхней головке цилиндра изношен;
3. Износилась поверхность и зазор нижней части головки.

Именно эти признаки говорят о том, что шатун не справляется с работой. Нужно срочно исправлять проблему.

Основные причины деформации шатуна:

- недостаточный уровень масла в двигателе;
- долгая работа двигателя без замены масла;
- фильтр забит;
- масло потеряло свои рабочие свойства;
- в цилиндр попали посторонние частицы.

Как проверить шатун на исправность

Перед тем, как начать ремонт двигателя, шатун следует подвергнуть тщательному осмотру. Так как его нужно будет подогнать, или вообще заменить.

1. Вначале измеряют диаметр и овал, а также характер зазоров в верхней и нижней частях шатуна. Эту процедуру поможет осуществить универсальный прибор – нутромер.

Если все показатели в норме (отверстия головок параллельны), то замены шатуна не потребуется. Если же параллельность между названными частями отсутствует, налицо деформация стержня шатуна. Данный дефект приводит к тому, что поршень цилиндра перекашивается, за счет этого двигатель начинает громко «реветь» во время оборотов, стеночная поверхность цилиндра и поршень быстро приходят в негодность. А также изнашиваются головки шатуна, коленчатый вал, что приводит к полной поломке поршня.

2. Как еще можно проверить шатун на деформацию? На поверочной плите шатун слегка «покачать».

Ремонт шатунов двигателя

Для качественного ремонта шатуна потребуется хорошее специальное оборудование.

1. Чтобы добиться нужной геометрии зазора головки нижнего шатуна, нужно удалить незначительное количество металла с поверхности крышки головки. После обточки крышку следует установить на место и затянуть болты.

2. Отверстие головки нужно растачивать, исходя из установленного размера.

Обтачивание можно осуществлять на расточном станке, но если позволяет оснащение, то лучше воспользоваться универсальным станком. Далее после расточки требуется провести хонингование. Но, крайне нежелательно, чтобы длина от верхней до нижней головки менялась, также это касается и дизельных двигателей. Если проводилась механическая обточка поверхностных стен цилиндров, то степень сжатия шатуна незначительна и никак не повлияет на качество его работы.

3. Также проверка шатуна может выявить такой дефект, как увеличение размера зазора под поршневым пальцем в головке. Здесь потребуется замена бронзовой втулки под верхнюю головку.

Новая втулка принимает нужный диаметр. Главное, помнить, что когда устанавливаешь втулку на место, нужно, чтобы отверстия головки и втулки совмещались

2 ИЗУЧЕНИЕ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ

Многолетний опыт ремонтных предприятий показывает, что для совершенствования восстановления деталей на научной основе важное значение имеет исследование закономерностей их изнашивания и формирования на этой основе исходных данных для разработки ремонтных чертежей и технологической документации, а также обоснование нормативных данных по возможным объемам восстановления при капитальном и текущем ремонтах машин. При этом от износа отдельных наиболее изнашиваемых поверхностей необходимо переходить к исследованию износа деталей, рассматривая их как сложные объекты ремонта.

Как известно, существенный фактор, сдерживающий развитие восстановления деталей, — относительно высокая трудоемкость этого вида ремонтного производства. В настоящее время снижение трудоемкости и стоимости ремонта деталей осуществляется путем совершенствования технологии и организации восстановления деталей. Однако проведение необходимых в этом направлении мероприятий не исчерпывает всех возможностей снижения затрат при восстановлении работоспособности деталей.

Другое важное направление решения этого вопроса— совершенствование конструкции объектов ремонта— деталей с расчетом повышения приспособленности их к выполнению необходимых ремонтных работ с минимальными затратами средств.

Надежность—свойство машины (сборочной единицы, агрегата) выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого времени или требуемой наработки.

2.1 Задачи микрометража

Дефектация деталей в зависимости от специализации ремонтного предприятия и принятого метода ремонта машин может быть обезличенной или индивидуальной. В парном случае все детали предварительно группируются по методам измерения и применяемым инструментам. Клапаны, валы, пружины,

болты, шпильки и т. д. При индивидуальной дефектации все детали данного узла или агрегата контролируются комплектно, и годные детали в специальной таре отправляются в комплектовочное отделение.

Дефектовщик при контроле деталей в первую очередь проверяет дефекты, при которых данная деталь считается негодной, и только после этого проверяет остальные возможные дефекты. Каждый дефектовщик должен знать все возможные дефекты на деталях ремонтируемых машин, определять их характер и величину, уметь пользоваться контрольно-измерительным инструментом и приборами и знать сочетания дефектов по технологическим маршрутам.

Варианты сочетаний дефектов в деталях изучаются путем дефектации достаточно большого количества деталей одного наименования.

Внешним осмотром выявляют трещины, пробоины, обломки, пробоины повреждения резьбы. Хорошие результаты дает внешний осмотр деталей непосредственно после очистки, в еще теплом состоянии, когда легко обнаружить трещины. В трещинах и по их краям оседает осадок моющего раствора, хорошо видимый даже невооруженным глазом.

Величина зазора между зубьями в передаче может быть выявлена путем измерения "мертвого хода" между двумя крайними условными положениями детали. Зазоры в подшипниках определяются путем покачивания вала и измерения индикатором или штангенциркулем размаха колебаний.

Проворачиванием вала определяют возможные заедания в подшипниках. По величине покачивания гайки, навинченной на болт, определяется зазор в резьбе и степень пригодности болта или гайки.

Остукиванием проверяется возможное ослабление посадки заклепок, втулок, определяются возможные трещины.

Плотно сидящие штифт или шпилька издадут звонкий металлический звук.

Промежуточные втулки при легком остукивании при нормальной посадке издадут звонкий металлический звук. Деталь, имеющая трещину, при

остукивании издает дребезжащий звук.

Для обнаружения скрытых дефектов используют следующие методы.

Магнитно-порошковый метод. Его используют для обнаружения поверхностных и близко расположенных к поверхности трещин и раковин в деталях машин.

Для обнаружения дефектов, перпендикулярных оси детали, проводят намагничивание в поле соленоида; дефектов, параллельных оси детали, — циркулярное намагничивание; дефектов, расположенных в различных направлениях, — комбинированное намагничивание.

Для намагничивания деталей применяют универсальные дефектоскопы УМД-900, 77ПМД-3М и др.

Пневматический способ. Он служит для проверки герметичности радиаторов, топливных баков, топливопроводов, шлангов, шин и т. п. Деталь погружают в ванну с водой и подают воздух под давлением 0,05...0,1 МПа.

Гидравлический способ. Этот способ применяют при проверке водяных рубашек блоков и головок блока, выпускных и впускных коллекторов. Деталь устанавливают на стенд и заполняют водой при давлении 0,5 МПа. По подтеканию воды определяют место трещины.

Капиллярные методы. Они основаны на явлении проникновения смачивающей жидкости в поверхностные трещины, поры и т. д.

Для выявления поверхностных трещин и пор в деталях, выполненных из немагнитных материалов, применяют люминесцентный метод. Люминофоры, минеральные масла или кристаллические вещества в виде порошка наносят на поверхность детали и выдерживают 15...20 мин. Люминофор проникает в трещины. Детали осматривают в затемненном помещении на установках ЛЮМ-1 и ЛД-4 в ультрафиолетовых лучах через светофильтр. Люминофоры в местах расположения трещин начинают светиться.

Трещины можно обнаружить с помощью керосина. Деталь смачивают в течение 10...30 мин керосином и вытирают досуха. Затем на поверхность наносят мел. После его высыхания керосин просачивается из капилляров

трещины и смачивает нанесенный мел в месте расположения трещины.

Ультразвуковая дефектоскопия. Она основана на ультразвуковых колебаниях. Измеряют время от момента послышки импульсов до момента их приема после отражения. При этом определяют расстояние до дефекта и его размеры. Применяют дефектоскопы УЗД-7Н, ДУК-1 ЗИМ, ДСК-1 и др.

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

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

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

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

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

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

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.

2.2 Обработка результатов микрометража шатуна двигателя Д-260

В результате измерения партии шатунов двигателя Д-260 в сечении наибольшего износа получены следующие значения износа в мм, которые расположены в порядке возрастания: 0,10; 0,11; 0,11; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14; 0,16; 0,17; 0,17; 0,17; 0,18; 0,18; 0,19; 0,19; 0,19; 0,2; 0,2; 0,21; 0,22; 0,23; 0,24; 0,25; 0,26; 0,26; 0,27; 0,28; 0,28; 0,29; 0,3; 0,32; 0,33; 0,35; 0,37; 0,39; 0,41; 0,46. Всего 37 замеров.

Определяем зону рассеивания []:

$$S = h_{\max} - h_{\min}, \quad (2.1)$$

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

$h_{\min}$ - минимальный износ, мм;

Определяем число разрядов по формуле:

$$K = \sqrt{36} = 6 \quad \text{Принимаем } K=6.$$

Определяем длину разряда по формуле:

$$l = \frac{0,36}{6} = 0,06 \text{ мм}$$

Определяем величину сдвига по формуле.

Мы принимаем $c=0,1$ мм. Начало первого разряда принимаем равным величине сдвига, т.е. $a_1=c=0,1$. В соответствии с формулой принимаем $b_k=0,46$ мм.

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

$$l = \frac{b-a}{K}, \quad (2.2)$$

$$l = \frac{0,46-0,1}{6} = 0,06 \text{ мм.}$$

2.3 Построение таблицы статистического ряда и статистических

графиков

Строим статистический ряд в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Статистический ряд износа шатуна.

i	Разряды		h_i	ℓ_i	m_i	$q_i = \frac{m_i}{n}$	$\bar{f}$	$\bar{F}$
	a_i	b_i						
1	0,1	0,16	0,13	0,06	8	0,216	3,6	0,216
2	0,16	0,22	0,19	0,06	12	0,325	5,41	0,541
3	0,22	0,28	0,25	0,06	8	0,216	3,6	0,757
4	0,28	0,34	0,31	0,06	4	0,108	1,8	0,865
5	0,34	0,4	0,37	0,06	3	0,081	1,35	0,946
6	0,4	0,46	0,43	0,06	2	0,054	0,9	1
1	0,1	0,16	0,13	0,06	8	0,216	3,6	0,216

Здесь a_i – начало i -го разряда;

b_i – конец i -го разряда, мм;

h_i – середина i -го разряда, мм;

ℓ_i – длина i -го разряда, мм;

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

$q_i = \frac{m_i}{n}$ – частость 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 []:

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k h_i m_i, \quad (2.3)$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k (h_i - \bar{m})^2 m_i}, \quad (2.4)$$

Расчеты сведены в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - К расчету $\bar{m}$ и $\bar{\sigma}$.

i	h_i	m_i	$h_i m_i$	$(t_i - \bar{m})^2 \cdot m_i$
1	0,13	8	1,04	0,08
2	0,19	12	2,28	0,0192
3	0,25	8	2	0,0032
4	0,31	4	1,24	0,0256
5	0,37	3	1,11	0,0588
6	0,43	2	0,86	0,08

$$\Sigma = 8,53$$

$$\Sigma = 0,2668$$

$$\bar{m} = \frac{8,53}{37} = 0,23 \text{ мм};$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{37-1} \cdot 0,2668} = 0,086 \text{ мм}.$$

Определяем коэффициент вариации по формуле.

$$v = \frac{0,86}{0,23 - 0,1} = 0,66.$$

2.4 Подбор теоретического закона распределения и определение его параметров

Выдвигаем гипотезу, что величина износа шатуна происходит по закону распределения Вейбулла и расчеты нужны вести по формулам [1]:

$$f(h) = \frac{\sigma}{a} \left(\frac{h-c}{a} \right)^{\sigma-1} e^{-\left(\frac{h-c}{a} \right)^{\sigma}}, \quad (2.5)$$

$$F(h) = 1 - e^{-\left(\frac{h-c}{a} \right)^{\sigma}} \quad (2.6)$$

где h - величина износа детали, мм;

a, σ, c - параметры закона распределения.

Параметр сдвига $c=0,1$ мм – определен ранее.

При $V=0,66$ $v=1,54$ и $c^{\sigma}=0,59$.

Далее находим значение параметра a по формуле:

$$a = \frac{\sigma}{c_{\sigma}} \quad (2.7)$$

В нашем случае $a = \frac{0,086}{0,59} = 0,145$ мм.

Итак, принимаем $a=0,15$; $\sigma=1,54$; $c=0,1$.

Тогда предполагаемый теоретический закон примет вид:

$$f(h) = \frac{1,54}{0,15} \left(\frac{h-0,01}{0,15} \right)^{0,54} e^{-\left(\frac{h-0,1}{0,15} \right)^{1,54}}, \quad (2.8)$$

$$F(h) = 1 - e^{-\left(\frac{h-0,1}{0,15} \right)^{1,54}}, \quad (2.9)$$

2.5 Построение теоретических графиков функции распределения и плотности распределения износа

Для построения теоретических графиков произведем расчеты по формулам (2.8) и (2.9). Расчеты сведем в таблицу 2.3.

Таблица 2.3- К расчету F(h) и f(h)

h	0,1	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,4	0,43	0,46
F(h)	0	0,08	0,21	0,36	0,50	0,63	0,73	0,81	0,87	0,91	0,94	0,96	0,97
f(h)	0	3,95	4,9	4,94	4,48	3,77	3,02	2,3	1,69	1,19	0,82	0,54	0,36

Теоретические кривые для наглядности накладывают на статистические графики.

2.6 Проверка соответствия принятого теоретического закона статистическим данным

По формуле определяем меру расхождения χ^2 . Расчеты сведем в таблицу 2.4.

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

Таблица 2.4- К расчету χ^2

i	m _i	q _i	nq _i	$\frac{(m_i - nq_i)^2}{nq_i}$
1	8	0,21	7,77	0,006
2	12	0,29	10,73	0,15
3	8	0,23	8,51	0,03
4	4	0,14	5,18	0,268
5	3	0,07	2,59	0,064
6	2	0,03	1,11	0,713

$$\Sigma=1,231$$

Итак, $\chi^2=1,231$.

По формуле определяем число степеней свободы:

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

Зная χ^2 и r находим, что $p=0,7$. Так как $p>0,1$, можно сделать вывод о том, что принятый теоретический закон распределения Вейбулла не противоречит статистическим данным. Следовательно, износ шатуна двигателя Д-260 подчиняется закону распределения Вейбулла с параметрами: $a=0,15$; $b=1,54$; $c=0,1$.

2.7 Анализ кривых и определение процента шатунов, подлежащих обработке под ремонтный размер

В нашем случае можно определить процент гильз, подлежащих обработке под ремонтный размер методом расточки с последующим хонингованием. Для этого нужно найти максимально допустимый диаметр гильзы, при котором еще возможна обработка ее под ремонтный диаметр:

$$D_{\max} = D_p - (\alpha_p + \alpha_x), \text{ мм} \quad (2.10)$$

где D_p - ремонтный размер гильзы, мм;

α_p - припуск на расточку, мм;

α_x - припуск на хонингование, мм.

Максимально допустимый износ гильзы при этом составит:

$$h_{\max} = D_{\max} - D_n, \text{ мм}, \quad (2.11)$$

где D_n - номинальный диаметр гильзы, мм.

Вероятность того, что величина износа не превысит значение $h_{\max}$, и есть не что иное как доля гильз, подлежащих обработке под ремонтный размер:

$$P(h(h_{\max})) = F(h_{\max}) = 1 - e^{-\left(\frac{h_{\max}-c}{a}\right)^6} \quad (2.12)$$

В нашем случае $D_n=85$ мм; $D_p=85,5$ мм; $\alpha_p=0,1$ мм; $\alpha_x=0,05$ мм.

Тогда $D_{\max} = 85,5-(0,1+0,05)=85,35$ мм;

$$h_{\max} = 85,35-85=0,35 \text{ мм};$$

$$F(0,35) = 1 - e^{-\left(\frac{0,35-0,1}{0,15}\right)^{1,54}} = 0,888$$

3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШАТУНА ДВИГАТЕЛЯ Д-260

3.1 Выбор рационального способа восстановления дефектов шатуна

Рациональный способ восстановления детали – это технически обоснованный и экономически целесообразный способ. Оптимальным является такой способ восстановления детали, который позволяет устранить ее дефект при наименьших материальных, трудовых затратах и восстанавливать ее работоспособность до уровня не ниже 80% от установленного для новой детали.

Известно более 100 способов устранения дефектов деталей при их восстановлении. Однако качество и стоимость работ по восстановлению деталей разными способами неодинаковы. Для обеспечения возможности целенаправленного выбора оптимального способа восстановления разработан ряд критериев. В частности, В. А. Шадричевым рекомендованы три следующих критерия:

- 1) Технологический;
- 2) Технический;
- 3) Технико-экономический.

В основе процесса "Электролитическое наращивание" лежит электролиз.

Электролиз — электрохимический процесс (электролиз металлов), протекающий между анодом и катодом (деталью) в электролите (водном растворе соли, кислоты или щелочи) и сопровождающийся выделением на катоде металла (рис.3.1).

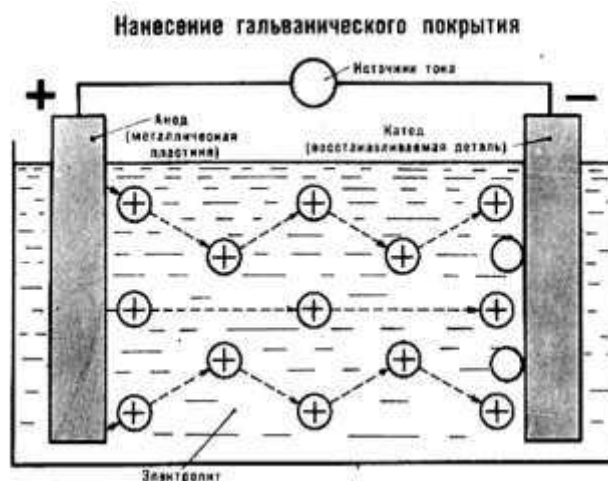
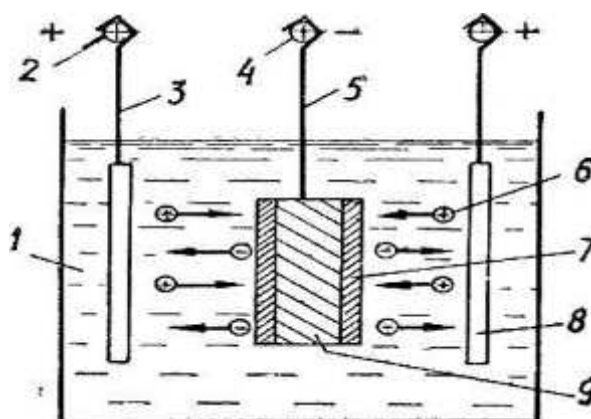


Рисунок 3.1 - Принципиальная схема процесса электролитического наращивания.



1—ванна; 2 — Анодная штанга; 3 — Крюк (подвеска) для завешивания анода; 4 — катодная штанга; 5 — крюк подвеска для завешивания детали (катода); 6 — ионы металла (катионы); 7 — покрытие; 8 — Анод; 9 — деталь (катод).

Рисунок 3.2 - Схема электрохимического осаждения металла.

При прохождении постоянного тока через электролит на аноде 3 происходит растворение металла (переход его в электролит) и выделение кислорода, а на катоде 9 (деталь) — отложение металла и выделение водорода.

Электролитические покрытия предпочтительнее наплавки, так как:

- процессы гальванического осаждения металла не вызывают структурных изменений в деталях,
- позволяют устранять незначительные износы,
- легче поддаются механизации и автоматизации,

- можно получать равномерные по толщине покрытия с широким диапазоном твердости (от 1000 до 12000 МПа), что позволяет восстанавливать большую номенклатуру деталей, значительно отличающихся конструктивно-технологическими характеристиками и условиями эксплуатации,
- одновременно можно восстанавливать значительное количество деталей,
- применяемые электролиты можно использовать многократно,
- технологический процесс легко поддается механизации и автоматизации.

Недостатки электролитического наращивания:

- сравнительно низкая производительность процесса,
- большой цикл подготовительных операций,
- значительное выделение вредных веществ (хлор, кислотные испарения и т. п.).

Наибольшее распространение получили оставливание (железнение), хромирование, никелирование, меднение, нанесение электролитических сплавов.

Краткая характеристика основных способов электролитического наращивания.

Железнение (оставливание):

- высокая производительность наращивания (скорость осаждения металла 0,2...0,5 мм/ч),
- толстые осадки (до 2 мм и более),
- высокие физико-механические свойства,
- недорогие и недефицитные материалы,
- себестоимость восстановления – 30...50% от стоимости новой детали при одинаковой износостойкости.

Хромирование:

- высокая твердость, жаростойкость, износостойкость покрытий, низкий коэффициент трения;

- осадки хрома обладают повышенной хрупкостью и плохой прирабатываемостью;

- низкий к. п.д.;

- процесс чувствителен к изменениям температуры электролита и плотности тока,

- электролит нестабилен по составу и требует корректировки в процессе электролиза.

Увеличивает износ - и коррозионную стойкость деталей, улучшает внешний вид.

Никелирование:

- высокая твердость, жаростойкость, износостойкость покрытий, низкий коэффициент трения;

- низкая производительность,

- дефицитные материалы,

- электролит нестабилен по составу и требует корректировки в процессе электролиза,

- высокая себестоимость восстановления.

Применяется для защитно-декоративных целей, как подстилающий слой при декоративном хромировании, а иногда для повышения износостойкости и восстановления деталей – поршневых колец, пальцев, плунжеров и т. п.

Режим процессов электролитического наращивания определяется следующими основными показателями:

- состав электролита (г/л)

- кислотность электролита $\text{pH} < 7$ – кислый, $\text{pH} = 7$ – нейтральный, $\text{pH} > 7$

- щелочной ;

- температура, °C;

- плотность тока, А/дм²

- выход по току (к. п.д.), %.

Таблица 3.1 - Примеры режимов электролитического наращивания.

Показатель	Вид электролитического наращивания.
------------	-------------------------------------

режима	Железнение	Хромирование	Никелирование
Состав электролита, г/л	Хлористое железо- 400...600,	Хромовый ангидрид - 120...150,	Щавелевокислый алюминий – 300 Сернокислый никель – 140
Кислотность, рН	Аскорбиновая кислота -0,5...2. 0,8...1,3	Серная кислота – 1,2...1,5. ---	Хлористый натрий – 10. 7,5...8,5
Температура, °С	20...40	50...65	75...82
Плотность тока, А/дм ²	20...40	30...100	10
Выход по току, %	85...92	15...16	90...95

Основное содержание технологического процесса.





Рисунок 3.3 - Структурная схема технологического процесса.

Технологический процесс нанесения электролитического покрытия состоит из трех этапов:

- 1) подготовка детали (деталей);
- 2) нанесение покрытия;
- 3) обработка детали (деталей) после нанесения покрытия.

Технологический процесс, показанный на схеме (Рис.8) может быть подробнее рассмотрен на примере железнения.

3. Совершенствование технологических приемов получения электролитических покрытий.

Существует достаточно большое разнообразие технологических приемов получения покрытий, позволяющих расширить области применения обычных способов, повысить их производительность и качество.

К рекомендованным В.А. Шадричевым критериям можно добавить еще один – критерий экологичности процесса восстановления, который может оцениваться по суммарному показателю – объему вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу или сливаемых в водный бассейн в результате восстановления данной детали.

Например, стоимость восстановления детали хромированием в большинстве случаев выше стоимости новой, в то же время долговечность хромированной детали в 2–3 раза больше, чем у новой. Казалось бы, целесообразно широко применять процесс хромирования. Однако здесь начинают диктовать свои требования условия экологичности технологического процесса. Действительно, хромирование, травление и другие процессы, применяемые при гальваническом осаждении покрытий на восстанавливаемые детали, сопровождаются выбросами в атмосферу кислотных паров, отравляющих окружающую среду, и поэтому являются нежелательными.

Исходя из приведенных критериев, наиболее целесообразно восстановление деталей партиями на специализированных ремонтных заводах, где техпроцесс является отлаженным, типовым.

В настоящее время на зарубежных заводах до начала выпуска автомобилей новой марки оценивается номенклатура восстанавливаемых деталей, т.е. заблаговременно подготавливается обеспечение процесса повторного использования автомобилей. Этот процесс предусматривает полную утилизацию устаревших или поврежденных автомобилей и создание

условий для восстановления всех деталей, кроме практически не восстанавливаемых.

Технологический критерий выражается через коэффициент долговечности, под которым понимается отношение долговечности восстановленной детали к долговечности новой детали.

Для каждого способа дается комплексная, качественная оценка по значению коэффициента долговечности K_d , определяемому по формуле:

$$K_d = K_i * K_v * K_c * K_p, \quad (3.1)$$

где K_i , K_v , K_c - коэффициенты соответственно износостойкости, выносливости и сцепляемости;

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий фактическую работоспособность восстанавливаемой детали в условиях эксплуатации, $K_p = 0.8 \dots 0.9$.

-по технико-экономическому критерию:

Критерий оцениваем по формуле профессора В. А. Шадричева.

$$K_T = C_B / K_d, \quad (3.2)$$

где K_T – коэффициент экономической эффективности;

C_B – себестоимость восстановления 1 м² изношенной поверхности детали, руб/м².

Эффективным считается способ, у которого $K_T \rightarrow \min$.

Если деталь восстановить одним способом нельзя, для следующей по частоте изнашиваемости поверхности, выбирают оптимальный способ восстановления и так далее. Исходя из этих критериев и результатов статической обработки информации, принимаем, окончательно, способ восстановления осталивание.

3.2 Расчёт и выбор параметров и режимов восстановления шатуна

При расчете режимов осталивания определяют следующие режимы.

Сила тока I_{CB} , А:

$$I = D_k * F_k, \quad (2.29)$$

где D_k – катодная плотность тока, равная 10...15 А/дм²;

F_k – площадь покрываемой поверхности, дм².

$$F_k = \pi R^2 = 3.14 * 45^2 * 33 = 132115.5 \text{ мм}^2 = 13.2 \text{ дм}^2$$

$$I = 15 * 13.2 = 198 \text{ А / дм}^2.$$

Расчетная продолжительность осаждения железа t_p , ч:

$$t_p = \frac{10 * h * \gamma}{D_k * E * \eta}, \quad (2.30)$$

где h – толщина слоя покрытия на сторону, мм;

γ – плотность железного покрытия ($\gamma = 7.8 \text{ г/см}^3$);

E – электрохимический эквивалент железа ($E = 1.042 \text{ г/А*ч}$);

η – выход железа по току ($\eta = 0.8 \dots 0.95$).

Скорость наращивания принимается $V_p = 0.1 \text{ мм/ч}$.

Напряжение $U = 6 \text{ В}$.

Фактическая толщина покрытия h_{cp} , мм:

$$h_{cc} = \frac{d_1 - d_2}{2}, \quad (2.31)$$

где d_1 – диаметр гнезда до осталивания, мм;

d_2 – диаметр гнезда после осталивания, мм.

$$h_{cp} = \frac{85.05 - 84.8}{2} = 0.125 \text{ мм.}$$

$$t_p = \frac{10 * 0.125 * 7.8}{15 * 1.042 * 0.9} = 0.69 \text{ ч.}$$

3.3 Определение норм времени выполнения операций

Нормируемое время определяется формулой:

$$T_n = T_{осн} + T_{всп} + T_{дон} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (2.32)$$

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

$T_{осн}$ – основное время;

$T_{всп}$ – вспомогательное время;

$T_{доп}$ -дополнительное время, затрачиваемое на организацию и обслуживание рабочего места, перерывы на отдых и естественные надобности исполнителя, мин.,

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

n - количество обрабатываемых деталей в партии, шт.

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{всп}. \quad (2.33)$$

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

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{всп} + T_{доп}. \quad (2.34)$$

$$T_n = 7 + 15 + 20 + \frac{10}{10} = 43 \text{ мин.}$$

4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Описание приспособления

Шатуны относятся к классу «некруглые стержни» и изготавливаются у двигателей Д-260 – из стали 40ХН2МА; у ЗМЗ – стали 45Г2; у ЯМЗ – из стали 40Х; у КамАЗ – из стали 40ХН2МА. К основным дефектам шатунов относятся изгиб и скручивание. Допустимое значение изгиба и скручивания для ЗИЛ – 0,04 мм; для КамАЗ – соответственно 0,04 и 0,08 мм на длине 100 мм.

Известно, что деформированный шатун приводит к увеличению расхода масла из-за перекоса поршня и колец в цилиндре. Кроме этого увеличивается шум и, самое главное, снижается ресурс деталей, связанных с деформированным шатуном. У шатуна деформируется, как правило, стержень. Наличие деформации легко провернется на поверочной плите или при помощи лекальной линейки. В первом случае шатун качается, во втором случае идет проверка "на просвет" у головок. Считается, что максимальная деформация (изгиб, не параллельность осей головок шатуна) не должна превышать половины диаметрального зазора между поршнем и цилиндром. При зазоре 0,05...0,08 мм максимальная деформация не должна быть более 0,025...0,040 мм на длине, равной диаметру цилиндра. Деформированные шатуны подлежат правке или замене. В тех случаях, когда на шатуне обнаружена трещина, шатун заменяется обязательно.

Приспособление предназначено для проверки и правки шатунов дизелей тракторов и автомобилей, имеющих одинаковую ширину верхней и нижней головок. Оно закрепляется на краю верстака тремя болтами так, чтобы площадка под нижнюю головку шатуна была на краю верстака.

					ВКР 35.003.06.849.16 ППШ.00.00.00.ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подпис	Дат			
Разраб.	Валив И.М.				Конструкторская часть	Лит.	Лист
Пров.	Вагизов Т.Н.						Листов
						1	9
Н. Контр.	Шамсутдинов					Казанский ГАУ	
Утв.	Адигамов НР						

Правка на приспособлении позволяет восстановить параллельность осей головок шатуна и устранить скручивание стержня или скрещивание осей головок. Верхняя головка шатуна зажимом 2 притягивается к основанию 1. На нижнюю головку воздействуем через упорный подшипник опорой 4, вращая гайку 5 на болте 11. Требуемая деформация стержня осуществляется передвижным упором 3. Для устранения скрещивания осей головок или скручивания стержня шатуна последний поворачиваем на приспособлении верхней головкой в другую сторону и зажимаем только за нижнюю головку. В верхнюю головку вставляем стержень длиной 0,5...0,8 м и, действуя им как рычагом, устраняем скручивание стержня шатуна.

Усилие правки определяем исходя из линейных размеров и формы шатуна и предела текучести материала.

При значительной правке шатун желательно подвергнуть отжигу с нагревом до 180...200 °С, выдержкой 3...4 ч и охлаждением вместе с печью. При отжиге снимаются остаточные напряжения после деформации, и повышается пластичность материала шатунов.

4.2 Проектный расчёт усилия изгиба

Рассмотрим схему работы приспособления с шатуном, подвергающимся изгибу:

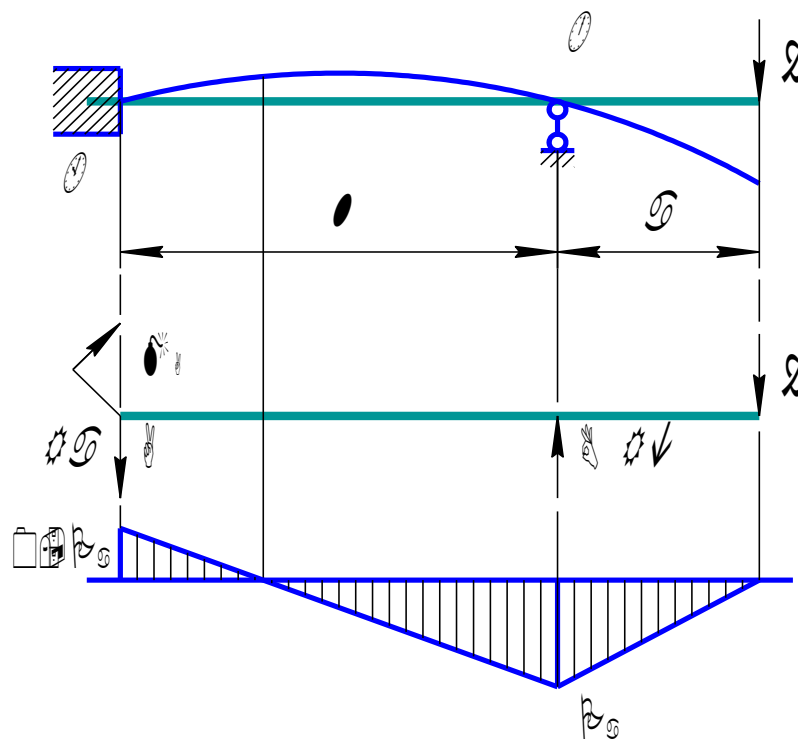


Рисунок 4.1 - Схема работы приспособления с шатуном, подвергающимся изгибу.

Предположим, что плоская система произвольно расположенных сил загружена усилием резьбовой пары – болт (11) – гайка (5). []

В этом случае реакции опор:

В опоре А (болт зажима):

$$R_a = \frac{3 * P * a}{2 * l} \quad (4.1)$$

В опоре В (силовой упор):

$$B = \frac{P * (2 * l + 3 * a)}{2 * l} \quad (4.2)$$

Реактивный момент на болте зажима:

$$M_A = \frac{P * a}{2} \quad (4.3)$$

Наибольший изгибающий момент:

$$M_{X \max} = P * a \quad (4.4)$$

Отсюда можем определить значение рабочего усилия:

$$P = \frac{M_{X \max}}{a} \quad (4.5)$$

Условие прочности балки на прямой поперечный изгиб имеет вид:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{X \max}}{W_X} \leq [\sigma] \quad (4.6)$$

где W_X – осевое сопротивление сечения шатуна. Принимаем для наибольшего поперечного сечения (двигатель КамАЗа)

$$W_X \approx 25 \text{ см}^3 = 25 * 10^3 \text{ мм}^3.$$

Подставив в формулу значение предела текучести стали 40ХН2МА $\sigma_T = 460 \text{ МПа}$. [2, с. 89]. Определим значение изгибающего момента, обеспечивающего пластичный изгиб шатуна:

$$M_{X \max} = \sigma_T * W_X = 460 * 25 * 10^3 = 11,5 * 10^6 \text{ Н} * \text{мм}.$$

При межосевом расстоянии 135 мм:

$$P = \frac{11,5 * 10^6}{135} = 85,185 * 10^3 \text{ Н}.$$

Определяем расчётный диаметр силовой резьбы болта:

$$d = \sqrt{\frac{4 * P}{\pi * [\sigma_p]}} \quad (4.6)$$

где $[\sigma_p]$ – допустимое напряжение растяжения. Силовой болт изготовлен из стали марки 45. Для динамической нагрузки $[\sigma_p]=240$ МПа. [2, с.87]

$$d = \sqrt{\frac{4 * 85,185 * 10^3}{3,14 * 240}} = 21,258 \text{ _мм.}$$

Выбираем резьбу М20.

4.3 Силовой расчёт элементов приспособления

4.3.1 Расчёт болта зажима на смятие и срез

Исходные данные: 1.Материал для изготовления болтов – сталь 45.

2. Допустимые напряжения для стали 45: на срез – $[\tau]=95$ МПа; на смятие – $[\sigma]=210$ МПа. 3. На силовом болте использована резьба М16. 4. Рабочая длина болта 75 мм.

Условие прочности на смятие: []

$$\sigma_{CM} = \frac{P}{d * \delta_{min}} < [\sigma_{CM}] \quad (4.7)$$

где d – диаметр болта, мм. d=16 мм;

δ_{min} – наименьшая толщина соединяемых деталей, мм. $\delta_{min}=38$ мм (ширина шатуна).

$$\sigma_{CM} = \frac{85,185 * 10^3}{16 * 38} = 140,107 \text{ _МПа.}$$

Допустимое напряжение смятия для стали 45 – $[\sigma_{см}]=210$ МПа, что значительно больше расчётного значения. Условие прочности на смятие соблюдается.

Условие прочности на срез: []

$$\tau_{CP} = \frac{4 * P}{\pi * d^2 * i} < [\tau_{CP}] \quad (4.8)$$

где P – рабочая нагрузка на болт, равняется реакции R_a опоры A (болта зажима), кН;

d – диаметр не нарезанной части болта, мм. d=16 мм;

i – число плоскостей среза. i=2.

$$R_a = \frac{3 * 85,185 * 10^3 * 40}{2 * 135} = 37,86 \text{ кН.}$$

$$\tau_{CP} = \frac{4 * 37,86 * 10^3}{3,14 * 16^2 * 2} = 94,15 \text{ МПа.}$$

Допустимое напряжение среза для стали 45 – $[\tau_{ср}]=95$ МПа, что значительно больше расчётного значения. Условие прочности на срез соблюдается.

4.3.2 Расчёт резьбы болта на смятие и срез

Расчёт резьбы болта на смятие и срез (поз. 11).

Исходные данные: 1. Материал для изготовления болтов – сталь 45.

2. Допустимые напряжения для стали 45: на срез – $[\tau]=95$ МПа; на смятие – $[\sigma]=210$ МПа. 3. На силовом болте использована резьба М20 с параметрами: средний диаметр $d_2=18,376$ мм; внутренний диаметр $d_1=17,294$ мм; шаг резьбы $p=2,5$ мм; высота профиля резьбы $h=1,353$ мм; высота резьбового участка гайки $H=30$ мм. 4. Общую рабочую нагрузку принимаем 400 Н.

Расчёт резьбы на смятие производим по формуле: []

$$\sigma_{CM} = \frac{Q}{F_{CM}} \leq [\sigma_{CM}] \quad (4.9)$$

где Q – действующая нагрузка. Q=400 Н;

F_{CM} – площадь смятия, мм².

$$F_{CM} = \pi * d_2 * h * z_B \quad (4.10)$$

где z_B – число полных витков резьбы, находящихся в зацеплении.

При высоте гайки H₁=30 мм:

$$z_B = \frac{H_l}{p} \quad (4.11)$$

$$z_B = \frac{30}{2,5} = 12$$

$$F_{CM} = 3,14 * 18,376 * 1,353 * 12 = 937,303 \text{ _мм}^2.$$

$$\sigma_{CM} = \frac{400}{937,303} = 0,427 \text{ _МПа.}$$

Допустимое напряжение смятия для стали 45 – [σ_{CM}]=210 МПа, что значительно больше расчётного значения. Условие прочности на смятие соблюдается.

Расчёт резьбового соединения на срез производим по формуле: []

$$\tau_{CP} = \frac{Q}{F_{CP}} \leq [\tau_{CP}] \quad (4.12)$$

где F_{CP} – площадь среза резьбы, мм².

$$F_{CP} = \pi * d * k * h \quad (4.13)$$

где d – номинальный диаметр резьбы, мм. $d=20$ мм;

k – коэффициент, учитывающий тип резьбы. Для метрической резьбы $k=0,88$.

$$F_{CP} = 3,14 * 20 * 0,88 * 1,353 = 74,81 \text{ мм}^2.$$

$$\tau_{CP} = \frac{400}{74,81} = 5,347 \text{ МПа}.$$

Допустимое напряжение среза для стали 45 – $[\tau_{CP}]=95$ МПа, что значительно больше расчётного значения. Условие прочности на срез соблюдается.

4.3.3 Расчёт резьбы винтов упора на смятие и срез

Расчёт резьбы винтов упора на смятие и срез (поз. 8).

Резьбовые поверхности винтов упора подвергаются нагрузкам перпендикулярным опорной площадке и параллельным силовому винту. Так как на упоре два винта силовой расчет для каждого производим на половину общей нагрузки.

Исходные данные: 1.Материал для изготовления болтов – сталь 45. 2. Допустимые напряжения для стали 45: на срез – $[\tau]=95$ МПа; на смятие – $[\sigma]=210$ МПа. 3. На винтах упоров использована резьба М12 с параметрами: средний диаметр $d_2=10,863$ мм; внутренний диаметр $d_1=10,106$ мм; шаг резьбы

$p=1,75$ мм; высота профиля резьбы $h=0,947$ мм; высота внутреннего резьбового участка упора $H_2=10$ мм. 4.Общую рабочую нагрузку принимаем 400 Н, тогда на один винт упора приходится 200 Н.

Число полных витков резьбы, находящихся в зацеплении при высоте упора $H=25$ мм:

$$z_B = \frac{25}{1,75} = 14,285$$

Принимаем $z_B=14$

$$F_{CM} = 3,14 * 10,863 * 0,947 * 14 = 452,457 \text{ _мм}^2.$$

$$\sigma_{CM} = \frac{200}{452,457} = 0,442 \text{ _МПа.}$$

Допустимое напряжение смятия для стали 45 – $[\sigma_{cm}]=210$ МПа, что значительно больше расчётного значения. Условие прочности на смятие соблюдается.

Расчёт резьбового соединения на срез:

При номинальном диаметре резьбы $d=12$ мм площадь среза резьбы:

$$F_{CP} = 3,14 * 12 * 0,88 * 0,947 = 31,417 \text{ _мм}^2.$$

$$\tau_{CP} = \frac{200}{31,417} = 6,366 \text{ _МПа.}$$

Допустимое напряжение среза для стали 45 – $[\tau_{cp}]=95$ МПа, что значительно больше расчётного значения. Условие прочности на срез соблюдается.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Обеспечение условий и безопасность труда на производстве

В соответствии с Положением об организации работы по охране труда на предприятиях и в организациях агропромышленного комплекса Республики Татарстан ответственность за организацию работ по охране труда должна быть возложена на директора. Ответственных за состояние охраны труда в цехах и на производственных участках ежегодно должен назначать директор приказом по предприятию. Также необходима штатная должность специалиста по охране труда, который будет координировать деятельность всех структурных подразделений предприятия по вопросам охраны труда, организовывать контроль за работой по созданию здоровых и безопасных условий труда рабочих и организует обучение по охране труда.

Обучение рабочих безопасности труда должна производиться в кабинете охраны труда, который оснащен необходимыми наглядными пособиями и материалами. Обучение проводится в соответствии с Положением о профессиональной подготовке в области охраны труда в Республике Татарстан. В цехах и на производственных участках нужно иметь уголки по технике безопасности. На предприятии должны проводиться следующие виды инструктажей по охране труда: вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой. Вводный инструктаж проводится специалистом по охране труда при приеме на работу и регистрируется в «Журнале регистрации вводного инструктажа» с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего. Первичный инструктаж на рабочем месте, повторный и внеплановый инструктажи проводятся на рабочем месте руководителями подразделений и регистрируются в «Журнале регистрации инструктажа на рабочем месте» с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего. Целевой инструктаж проводится перед началом работ повышенной опасности, на которые оформляется наряд-допуск.

В соответствии с Трудовым Кодексом Российской Федерации (РФ) устанавливается нормальная продолжительность рабочего времени 40 часов в

неделю, на работах с вредными условиями труда сокращенная – 36 часов в неделю. Работникам предоставляются ежегодные оплачиваемые отпуска продолжительностью 28 календарных дней в расчете на шестидневную рабочую неделю. Работникам, которые при необходимости выполняют свои обязанности сверх установленного времени смены, и также занятым на работах с вредными условиями труда, предприятие предоставляет дополнительные отпуска.

В соответствии с Приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ № 90 от 14. 03. 96 г. и в соответствии со статьей 213 Трудового кодекса РФ работники предприятия проходят предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры. Перечень профессий, подлежащих медосмотру, и их периодичность установлены приказом по предприятию. При необходимости работники могут обратиться в медпункт, расположенный на территории предприятия или в городскую поликлинику по месту жительства.

В соответствии со статьей 222 Трудового кодекса РФ на работах с вредными условиями труда работникам предприятия выдается бесплатно молоко. Норма выдачи составляет 0,5 л за смену независимо от продолжительности смены в соответствии с Постановлением Министерства труда и социального развития РФ от 31.03.2003 г. №13. Выдача и употребление молока осуществляется в столовой предприятия.

На работах с вредными условиями труда, связанных с загрязнением, а также проводимых в особых температурных режимах, работникам согласно статье 221 Трудового кодекса РФ выдается бесплатно спецодежда, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты по установленным нормам для каждой профессии (по типовым отраслевым нормам их бесплатной выдачи).

Объекты на территории предприятия нужно расположить с соблюдением санитарно-защитных зон и противопожарных разрывов. Территория предприятия огородить забором высотой 2 м и в ночное время освещать фонарями. Для въезда и выезда автомобилей построить две ворота, у ворот

установлены предупредительные знаки «Берегись автомобиля» и схема движения автомобилей по территории. Территорию предприятия оборудовать водостоками и водоотводами. Подъездные пути, проезды транспортных средств и проходы людей на территории должны быть покрыты асфальтом.

Отопление всех объектов производится централизованно. Освещенность в производственных помещениях должна соответствовать требованиям СНиП 23-05-95. Производственные помещения оснащаются приточно-вытяжной вентиляцией. Параметры микроклимата должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005-88. В производственных помещениях регулярно производить влажную уборку, чистка пола от следов масла, грязи и воды. Производственные участки, на которых происходит выделение вредных веществ, избытки тепла, располагать в отдельных помещениях. Требования к шумовому и вибрационному режиму регулировать по ГОСТ 12.1.003-83.

Посты мойки автомобилей огородить стенами с пароизоляцией и водоустойчивым покрытием. Площадки для мойки должны иметь уклон 3° в сторону приемных колодцев, расположение которых исключает попадание сточных вод на территорию предприятия.

Смотровые канавы оборудовать направляющими предохранительными ребордами. Стены канав должны быть облицованы керамической плиткой светлого цвета, на полу нужно установить прочные деревянные решетки.

Предприятие должно быть оснащено комплексом санитарно-бытовых помещений, который включает: гардеробные, умывальные, душевые, комнату для приема пищи и отдыха, помещение личной гигиены женщин и уборные.

Все объекты предприятия должны быть оборудованы необходимым количеством первичных средств пожаротушения. В производственных помещениях нужно установить противопожарную сигнализацию согласно Правилам пожарной безопасности ППБ-01-03. Ежегодно, приказом, директор должен устанавливать порядок и программу проведения противопожарного инструктажа, которые будут проводиться во время вводного инструктажа со всеми вновь принимаемыми на работу. В отдельных помещениях с

пожароопасным производством, складах хранения легковоспламеняющихся веществ, кроме противопожарного инструктажа проводить занятия по пожарно-техническому минимуму. Ежегодно приказом по предприятию в каждом помещении назначать ответственных за противопожарное состояние объекта. На предприятии нужно создать добровольную пожарную дружину из числа работников предприятия.

5.2 Мероприятия по защите населения и материальных ценностей в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация на предприятии может возникнуть в результате следующих стихийных бедствий: урагана и пожаров. Основными причинами возникновения пожара на территории предприятия могут быть несоблюдение или нарушение правил обращения с огнем, короткого замыкания в электросети, нарушение режимов работы теплоустановок и разряды атмосферного электричества. На территории предприятия пожароопасными являются тепловые цехи, места хранения горюче-смазочных материалов, где несоблюдение правил пожарной безопасности может привести к возгоранию.

Чрезвычайная ситуация может возникнуть так же вследствие производственных аварий, как на самом предприятии, так и на соседних предприятиях. Так с западной стороны проходит железная дорога, по которой ежедневно проходят составы с нефтепродуктами. С северной стороны проходит нефтепровод, а в 800 м располагается молокозавод и мясокомбинат, авария на которых может привести к выбросу в атмосферу большого количества аммиака. Как видим, со всех сторон располагаются потенциально-опасные предприятия, авария на которых приведет к возникновению чрезвычайной ситуации.

На заводе «АБВ» действует орган управления (штаб) ГОЧС и ряд гражданских организаций ГО: группа эвакуации, группа бытового обеспечения, группа оказания медицинской помощи, группа аварийно-спасательных работ и группа пожаротушения.

Планирование мероприятий по подготовке органов управления и сил ГО осуществляется с учетом требований постановления Правительства РФ от 24.06.1995 г №738.

На предприятии должен быть установлен следующий порядок проведения основных мероприятий по оперативной и боевой подготовке:

- комплексное объективное учение до 8 ч один раз в три года;
- тактико-специальные учения - до 8 ч один раз в три года;
- штабные учения и тренировки – 1...2 суток один раз в год;
- комплексные проверки деятельности штабов ГОЧС филиалов – до 2 суток, с обязательным проведением штабной тренировки;
- подготовку руководящего состава всех звеньев проводить методом сборов и самостоятельно в соответствии с указаниями вышестоящих органов по делам ГОЧС. Продолжительность – 5 дней.

Группу эвакуации должен возглавлять начальник транспортного парка. В группу эвакуации входят все водители с автомашинами и трактористы механизированной бригады.

Группу бытового обеспечения возглавляет начальник отдела снабжения. В группу входят работники материальных складов, работники столовой. Они займутся обеспечением людей в зоне эвакуации питанием, питьевой водой и средствами индивидуальной защиты. Группа в своем распоряжении имеет один автобус и фургон.

В группу оказания медицинской помощи входят заведующая и медсестры фельдшерского пункта завода и члены сандружины, прошедшие 25-ти часовые курсы по изучению методов доврачебной помощи. В распоряжении группы находится два автобуса.

Группа аварийно-спасательных работ должна будет обеспечить восстановление разрушенных объектов, дорог и т.д. Группу возглавляет начальник отдела капитального строительства. В группу входят работники строительных бригад, электромонтажники. Группа оснащена экскаваторами, бульдозерами, автокранами и транспортом для перевозки материалов.

Группа пожаротушения образуется на базе добровольной пожарной дружины. В случае пожара вызывается военизированное пожарное подразделение из города.

Связь между группами осуществляется при помощи мобильной и стационарной телефонной связи. Оповещение населения при возникновении чрезвычайной ситуации предусмотрено через местный радиоузел, при его наличии.

5.3 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве - важный фактор ускорения производительности труда.

С учетом преобладания умственного или физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шоферы, трактористы) и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрификаторы). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта, с большой психофизической нагрузкой, а других - со сложной координацией движений и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений., Занятия по физической культуре для выпускников должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорт, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1 Техничко-экономическая оценка приспособления для правки стержня шатуна

Целью экономической оценки является выявление эффективности спроектированного приспособления для правки стержня шатуна. В данном случае базой для сравнения будет приспособления, применявшееся до этого.

Рассчитываем балансовую стоимость конструкции приспособления для правки стержня шатуна по укрупненным нормативам затрат. Это производим с учетом группы сложности ее изготовления и числа оригинальных деталей в ней.

$$C_6 = C_{\text{укр}} \cdot K_{\text{нау}}; \quad (6.1)$$

где $C_{\text{укр}}$ – укрупненный норматив стоимости конструкции, руб.;

$K_{\text{нау}}$ – коэффициент, учитывающий разницу между преysкурантной ценой и балансовой стоимости конструкции.

$$C_6 = 5600 \cdot 1.2 = 6720 \text{ руб.}$$

Таблица 6.1 - Исходные данные для расчета технико-экономических показателей приспособления для правки стержня шатуна.

Наименование	Варианты	
	Исходный	Проект.
Масса конструкции, кг	12	21
Балансовая стоимость, руб.	2100	6720
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	3	3
Тарифная ставка, руб./чел.ч.	150	150
Норма амортизации, %	13	13
Норма затрат на РТО, %	8	8
Годовая загрузка конструкции, час.	200	200
Часовая производительность, шт/ч.	0.25	0.16

Себестоимость работы, выполняемой с помощью спроектированной конструкции и в исходном варианте:

$$S = C_{\text{зп}} + C_{\text{рто}} + A; \quad (6.2)$$

где $C_{\text{зп}}$ - затраты на оплату труда, руб.;

$C_{\text{рто}}$ - затраты на ремонт и ТО, руб.;

A - сумма амортизационных затрат, руб.

$$C_{\text{зп}} = T_e \cdot Z; \quad (6.3)$$

где T_e - трудоемкость работ при работе на приспособлении, чел.ч.;

Z - тарифная ставка, руб./чел.ч

$$T_e = \frac{n_p}{W_u}; \quad (6.4)$$

$$T'_e = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ чел.}\cdot\text{час};$$

$$T_e = \frac{1}{6} = 0,16 \text{ чел.}\cdot\text{час}.$$

где n_p - количество рабочих, выполняющих операцию;

W_u - производительность, шт/ч.

$$S' = C_{\text{зп}}' + C_{\text{рто}}' + A; \quad (6.5)$$

где S' – себестоимость исходного приспособления, то есть работ по нем, руб./ед.

Для исходного:

$$C_{\text{зп}}' = 0,25 \times 150 = 24 \text{ руб.}$$

Для проектируемого приспособления для правки стержня шатуна:

$$C_{\text{зп}} = 0,16 \times 150 = 24 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт и ТО определяются по формуле:

$$C_{\text{рто}} = \frac{C_6 \times H_{\text{рто}}}{100 \times W_u \times T_{\text{год}}}; \quad (6.6)$$

где C_6 - балансовая стоимость конструкции, руб.;

$H_{\text{рто}}$ - суммарная норма затрат на ремонт и ТО, %

$T_{\text{год}}$ - годовая загрузка, час.

Для исходного приспособления:

$$C_{\text{рто}}' = \frac{2100 \times 8}{100 \times 4 \times 200} = 0,21 \text{ руб./шт.}$$

Для проектируемого приспособления для правки стержня шатуна:

$$C_{\text{рто}} = \frac{6720 \times 8}{100 \times 6 \times 200} = 0,45 \text{ руб./шт.}$$

Сумма амортизационных затрат определяется по формуле:

$$A = \frac{C_6 \times a}{100 \times W_u \times T_{\text{год}}}; \quad (6.7)$$

где a - норма амортизационных отчислений, %

Для исходного:

$$A' = \frac{2100 \times 13}{100 \times 4 \times 200} = 0,34 \text{ руб./шт.}$$

Для проектируемого приспособления для правки стержня шатуна:

$$A = \frac{6720 \times 13}{100 \times 6 \times 200} = 0,73 \text{ руб./шт.}$$

Общая сумма затрат для исходного приспособления:

$$S' = 37,5 + 0,21 + 0,34 = 38 \text{ руб.}$$

Для проектируемого приспособления для правки стержня шатуна:

$$S = 24 + 0,45 + 0,73 = 25 \text{ руб.}$$

Фондоемкость процесса определяется по формуле:

$$F_e = \frac{C_6}{W_u \times T_{\text{год}}}; \quad (6.8)$$

Для исходного:

$$F_e' = \frac{2100}{4 \times 200} = 2,6 \text{ руб.}$$

Для проектируемого приспособления для правки стержня шатуна:

$$F_e = \frac{6720}{6 \times 200} = 5,6 \text{ руб.}$$

Приведенные затраты на работу конструкции определяется по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_n \times F_e; \quad (6.9)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Для исходного:

$$C'_{\text{прив}} = 38 + 0,15 \times 2,6 = 38,4 \text{ руб.}$$

Для проектируемого:

$$C_{\text{прив}} = 25 + 0.15 \times 5,6 = 25,8 \text{ руб.}$$

Годовая экономия при использовании нового приспособления для правки стержня шатуна будет:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{год}} &= (S' - S) \times W_u \times T_{\text{год}}; \\ \mathcal{E}_{\text{год}} &= (38 - 25) \cdot 6 \cdot 200 = 15600 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (6.10)$$

Годовой экономический эффект:

$$\begin{aligned} E_{\text{год}} &= (C_{\text{прив}}' - C_{\text{прив}}) \times W_u \times T_{\text{год}}; \\ E_{\text{год}} &= (38,4 - 25,8) \cdot 6 \cdot 200 = 15120 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (6.11)$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений.

$$\begin{aligned} T_{\text{ок}} &= \frac{C_6}{\mathcal{E}_{\text{год}}}; \\ T_{\text{ок}} &= \frac{6720}{15600} = 0,4 \text{ года} \end{aligned} \quad (6.12)$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений:

$$\begin{aligned} E_{\text{эф}} &= \frac{1}{T_{\text{ок}}}; \\ E_{\text{эф}} &= \frac{1}{0,4} = 2,3 \end{aligned} \quad (6.13)$$

Сравнительные технико-экономические показатели эффективности приспособления для обработки торцов шатуна приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Техничко-экономические показатели.

Наименование показателей	Варианты	
	Исходный	Проект.
Часовая производительность	4	6
Фондоемкость процесса, руб./шт.	2,6	5,6
Трудоемкость процесса, чел.·час/шт.	0,25	0,16
Уровень приведенных затрат, руб./шт.	38,4	25,8
Годовая экономия, руб.	-	15600
Годовой экономический эффект, руб.	-	15120
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	-	0,4
Коэффициент эффективности капитальных вложений	-	2,3

Выводы: как видно из таблицы показатели спроектированного приспособления для правки стержня шатуна выглядят лучше по сравнению с исходными. Часовая производительность выросла на 50 %. Снизилась показатели: трудоемкость и уровень приведенных затрат. Приспособление для правки стержня шатуна окупит себя за 04 года при годовой экономии 15600 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

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

3. Применение приспособления для снятия заднего моста в условиях ремонтных предприятий позволяет получить годовую экономию 15600 рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адигамов Н.Р. Методическое пособие к курсовой работе по дисциплине «Ремонт машин» [Текст] / Н.Р. Адигамов, Т.Н. Вагизов, И.Х. Гималтдинов - Казань «Казанский ГАУ», 2013. – С 40.
2. Адигамов Н.Р. Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работе бакалавров. [Текст] / Н.Р. Адигамов Г.И. Кондратьев, Г.Р. Муртазин, Р.Р. Шайхутдинов., Т.Н. Вагизов., И.Х. Гималтдинов, Р.Р. Ахметзянов // метод. Указания – Казань «Казанский ГАУ», 2015.-60с.
3. Булгариев Г.Г., Методические указания по выполнению экономической части дипломного проекта для студентов-очников специальности 110304 – «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» [Текст] / Г.Г. Булгариев, Р.К. Абдрахманов, А.Р. Валиев // - Казань «Казанский ГАУ», 2006.
4. Кондратьев Г.И., Методические указания для практических и самостоятельных работ по дисциплине «Методы расчета надежности технических систем» [Текст] / Г.И. Кондратьев, Р.Р. Шайхутдинов // метод. Указания – Казань «Казанский ГАУ», 2015.-44с.
5. Киямов И.М., Расчет сварных и резьбовых соединений [Текст] / И.М. Киямов, Яхин С.М. // методические указания для выполнения домашнего задания по деталям машин и основам конструирования - Казань, КГСХА, 2004
6. Шамсутдинов Ф.А. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине “Детали машин и основы конструирования” [Текст] / Ф.А. Шамсутдинов, Г.В. Пикмуллин // - Казань: КГАУ, 2015. С 142
7. Мудров А.Г. Методические указания к разработке сборочного чертежа курсового проекта по Деталям машин и основам конструирования [Текст] / А.Г. Мудров // - Казань, КГАУ, 2010. С 80.
8. Мудров А.Г. Методические указания к выполнению рабочих чертежей по курсовому проектированию “Детали машин и основы конструирования” [Текст] / А.Г. Мудров // - Казань, КГАУ, 2011. С 68.

9. Гулиа Н.В. Детали машин [Текст] / Н.В.Гулиа, В.Г.Клоков, С.А.Юрьев // 2010 (ЭБС «Лань» ISBN-978-5-8114-1091-0), 2-е изд.-416 с.
10. Чернилевский Д.В. Детали машин и основы конструирования [Текст] / Чернилевский Д.В. // М.: Машиностроение, 2006. С 656.
11. Берлинов М.В. Расчет оснований и фундаментов [Текст] / М.В. Берлинов, Б.А.Ягупов. // (ЭБС «Лань», 2011, 1-е изд.-288 с.).
12. Маталин, А.А. Технология машиностроения [Текст] / А.А. Маталин // (ЭБС «Лань», 2010, 512 с).
13. Курмаз Л.В., Детали машин. Проектирование [Текст] / Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда // Справочное учебно-методическое пособие. - М.: Высшая школа, 2005. С309.
14. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин [Текст] / Дунаев П.Ф. Леликов О.П. - М.: Высшая школа, 2005. С 447.
15. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. [Текст] / В.В. Шелофаст – М.: Изд-во АПМ, 2005.-472 С.
16. Сигаев Е.А. 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.