

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление: 23.03.03 - Эксплуатация транспортно-технологических

машин и комплексов

Профиль: Сервис транспортных и транспортно-технологических

машин и оборудования

Кафедра эксплуатации и ремонта машин

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: «Проектирование технологического процесса восстановления гильз цилиндров автотракторных двигателей с разработкой конструкции устройства для поверхностного упрочнения вибронакаткой»

Шифр 23.03.03.650.18.ПУВ.00.00.00 ПЗ

Дипломник студент _____ Юсупов А.Х.

Руководитель ст. преподаватель _____ Гималтдинов И.Х.
подпись Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № ____ от _____ 2018)

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

Казань – 2018

АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Юсупова А.Х. выполненную на тему «Проектирование технологического процесса восстановления гильз цилиндров автотракторных двигателей с разработкой конструкции устройства для поверхностного упрочнения вибронакаткой».

Выпускная квалификационная работа включает в себя пояснительную записку из __ листов печатного текста и графических материалов на __ листах формата А1, содержит __ рисунков, __ таблиц, список использованной литературы содержит __ наименований.

Текстовые документы работы содержат пояснительную записку, состоящую из введения, _ разделов, заключения и списка использованной литературы; приложения и спецификацию.

В первом разделе проводится анализ условий работы гильз цилиндров. Приведены причины потери работоспособности. Во второй части приводится разработка производственного процесса и технологического процесса восстановления гильзы цилиндров. Проанализированы существующие способы восстановления гильз, выбран рациональный способ восстановления гильзы, выполнен ремонтный чертеж и технологическая карта на восстановление. В третьем разделе разрабатывается конструкция устройства для поверхностного упрочнения вибронакаткой. Описана работа устройства, выполнены инженерные расчеты конструкции.

Разработаны мероприятия по безопасной эксплуатации устройства для поверхностного упрочнения вибронакаткой. Разработана инструкция по безопасной работе с устройством. Кроме того дано технико-экономическое обоснование целесообразности применения устройства для поверхностного упрочнения вибронакаткой

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ	
----------------	--

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Общие сведения из теорий трения и изнашивания гильзы цилиндра. Классификация видов износа	
1.2 Характер износа гильз	
1.3 Факторы, влияющие на износ гильз	
1.3.1 Влияние материалов и качества их обработки на износ	
1.3.2 Влияние конструктивных факторов на износ гильзы	
1.3.3 Влияние эксплуатационных факторов на износ гильзы	
1.4. Пути повышения ресурса гильз	
1.4.1 Конструктивные методы повышения ресурса гильз	
1.4.2 Эксплуатационные методы повышения ресурса гильз	
1.5 Методы повышения ресурса гильз при ремонте	
1.5.1 Растачивание под ремонтный размер с последующим хонингованием	
1.5.2 Термопластическое деформирование в матрице	
1.5.3 Индукционная центробежная наплавка	
1.5.4 Нанесение гальванических покрытий	
1.5.5 Вибронакатывание	

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

2.1 Проектирование участка по ремонту двигателей	
2.1.1 Обоснование производственной программы участка	
2.1.2 Выбор режима работы участка по ремонту двигателей и расчет фондов времени	
2.1.3 Расчет потребности и подбор основного технологического оборудования	

2.1.4	Расчет производственных площадей участка	
2.1.5	Общая компоновка участка.....	
2.2	Разработка технологического процесса восстановления гильзы цилиндра	
2.2.1	Разработка карты технологического процесса дефектации детали и выбор контрольно-измерительных средств.....	
2.2.2	Выбор рационального способа восстановления дефектов гильзы цилиндра	
2.2.3	Разработка ремонтного чертежа гильзы цилиндров	
2.2.4	Разработка маршрутных и операционных карт восстановления гильзы	
2.2.5	Расчёт и выбор параметров и режимов нанесения покрытия на гильзу цилиндра.	
2.2.6	Определение норм времени выполнения операций	
3	РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИБРОНАКАТКИ	
3.1	Устройство и работа виброголовки.....	
3.2	Расчет режимов накатки гильз	
3.3	Расчет основных элементов конструкции	
3.3.1	Выбор электродвигателя	
3.3.3	Выбор подшипника	
3.4	Инструкция по охране труда для работающих на станке с виброголовкой.....	
3.4.1	Общие требования безопасности	
3.4.2	Требования безопасности перед началом работы	
3.4.3	Требование безопасности во время работы	
3.4.4	Требования безопасности в аварийных ситуациях	
3.4.5	Требование безопасности по окончании работы.....	
3.5	Экономическое обоснование конструкции.....	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	
ПРИЛОЖЕНИЯ	
СПЕЦИФИКАЦИЯ	

1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЙ

1.1 Описание устройства, анализ работы и характеристика причин потерь работоспособности цилиндропоршневой группы

Блок цилиндров вместе с верхней частью отлит из легированного серого чугуна. Картерная часть блока для придания прочности конструкции связана с крышками коренных опор поперечными болтами - стяжками. Наружные стенки блока для увеличения продольной жесткости выполнены криволинейными. Приливы на поперечных стенках, образующих водяную рубашку блока, служат бобышками болтов крепления головок цилиндров. Левый ряд цилиндров смещен относительно правого вперед на 29,5 мм, что вызвано установкой на одной шатунной шейке коленчатого вала двух шатунов. Спереди к блоку цилиндров крепится крышка, закрывающая гидромуфту привода вентилятора, сзади - картер маховика, закрывающий вместе с маховиком механизм привода агрегатов, расположенный на заднем торце блока.

Существует много гипотез о причинах износа соединения гильза – поршневое кольцо – поршень. Общепризнанным является мнение, что изнашивание гильз цилиндров происходит вследствие протекания на поверхностях трения нескольких физико-химических процессов: молекулярно – механического изнашивания, возникающего из-за разрушения микронеровностей трущихся поверхностей при их зацеплении, металлического схватывания и усталостного разрушения; коррозионного изнашивания под действием газообразных продуктов сгорания топлива и кислот, образующихся в результате растворения газов в сконденсировавшихся парах воды; абразивного изнашивания из-за проникающей в цилиндр пыли и продуктов износа.

К механическому виду изнашивания гильз относится также износ вследствие пластического деформирования, при котором происходит изменение макрогеометрических размеров детали без потери веса под действием передаваемой нагрузки.

Чтобы определить характер износа гильз нужно выяснить, какие силы действуют на зеркало гильзы.

На рисунке 1.1 приведена схема сил, действующих на первое поршневое кольцо. С помощью этой схемы можно представить механизм изнашивания соединения кольцо — цилиндр.

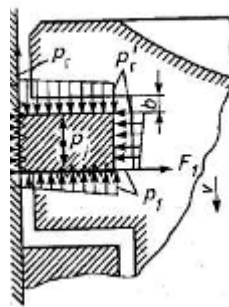


Рис. 1.1 Схема сил, действующих на поршневое кольцо

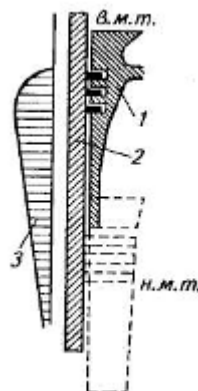
На верхнюю часть поршневого кольца оказывает давление газов $p_{г1}$, которое мало отличается от давления в зоне сгорания топливно-воздушной смеси, фиксирующего его у нижнего торца поршневой канавки. С нижней части на кольцо действует давление газов $p_{г2}$ проникших через зазоры между кольцом или гильзой, кольцом или нижним торцом канавки. Это давление газов меняется по ширине кольца и стремится оторвать его от плоскости соединения с канавкой. Давление газов на нижнюю часть намного меньше, чем на верхнюю, из-за его дросселирования в зазорах. В итоге кольцо прижимается к нижнему торцу канавки разностью давлений, действующих на его верхний и нижний торцы. Кроме давления газов на кольцо действует сила инерции F_j . К рабочей поверхности цилиндра кольцо прижимается силой, величина которой пропорциональна разности давлений газа в заколочном пространстве ($p_{г1}$) и на поверхности соединений с цилиндром. Давление газов на раб. пов-ность кольца ($p_{г1}$ и $p_{г2}$) меньше, чем с внутренней стороны, что объясняется дросселированием газа.

Между кольцом и поверхностью цилиндра возникает сила трения ($F_{тр}$), значение которой пропорционально давлению кольца на поверхность цилиндра, возникающего в результате действия давления газов и силы

упругости кольца. Эта не постоянная по величине сила стремится в сторону, противоположную направлению поршня. В результате силы трения вызывают износ цилиндра и рабочей поверхности кольца. На работу сил трения влияют: соотношение физико-механических свойств материалов кольца и цилиндра; наличие абразива в масле ; температура сопрягаемых деталей.

Существует предположение, что более низкое давление газов в лабиринтном уплотнении и наиболее лучшие условия смазки вызывает наиболее низкую силу трения нижних колец , чем первого.

Вблизи (в.м.т.), на тактах сжатия и рабочего хода, происходит быстрое изнашивание цилиндра, усиливающееся действием высокой температуры газа, которая приводит к сгоранию смазочного материала на рабочей поверхности цилиндра. Силы трения уменьшаются по мере того как поршень перемещается в нижнюю часть. Кольца заходят в зону цилиндра, где всегда находится смазка на рабочей поверхности, интенсивность изнашивания цилиндра по высоте уменьшается. Гильзы цилиндров изнашиваются в форме овала, из за агрессивной среды и специфического движения КШМ.



1 – поршень; 2 – цилиндр; 3 – эпюра износа.

Рис. 1.2 Кривая износа гильзы по высоте

В плоскости качания шатуна износ цилиндра несколько больше из-за действия нормальной силы. Участок цилиндра, расположенный напротив огневого пояса поршня, при положении его у в.м.т. изнашивается. Интенсивность изнашивания цилиндров помимо перечисленных факторов в

значительной мере определяется условиями эксплуатации двигателя и совершенством его технического обслуживания.

Неравномерный износ цилиндра по высоте является причиной возникновения радиальных перемещений кольца в канавке. В ходе перемещений кольца и действия усилия, прижимающего его к нижнему торцу канавки, между ними возникает сила трения F_f (см. рис. 1.1). Работа силы трения вызывает износ первого поршневого кольца и канавки поршня, который принято оценивать по увеличению торцового зазора b . Большой износ этих деталей приводит к тому, что дросселирующее действие кольца уменьшается. Газы свободно проходят в картер, что ускоряет ухудшение смазки и изнашос деталей цилиндропоршневой группы двигателя. []

Износ цилиндров неравномерен также и по окружности: изношенные цилиндры имеют в радиальном сечении форму овала. Овализация цилиндров при износе является следствием направленного воздействия потока горючей смеси, смывающей смазку, бокового усилия поршня, неравномерного охлаждения цилиндров, деформации вследствие старения и др. При этом, в зависимости от конструкции деталей двигателя, наибольший износ по окружности может возникнуть как в направлении оси коленчатого вала, так и перпендикулярно этой оси. Причем характер радиального износа может меняться в зависимости от наработки. [].

Важнейший показатель надежности двигателя – долговечность, которая определяется износостойкостью цилиндропоршневой группы. Ее интенсивный износ вызывает повышенное подтекание газов в картер, ускоренное старение масла, увеличение динамических нагрузок на детали, вибрацию двигателя, снижение мощности двигателя. Нарушения в работе группы оказывают влияние на все определяющие сборочные единицы: головки цилиндров, клапанный механизм, распылители форсунок, коленчатый вал и шатунную группу.

1.2 Разработка структурной схемы разборки блока двигателя

Разборку машин производят в строгом соответствии с технологической документацией (технологические типовые карты на разборку), где указана последовательность разборочных работ с указанием используемого оборудования и приспособлений.

Разборка машины, а также отдельных ее составных элементов — ответственный начальный этап производственного процесса ремонта. Трудоемкость разборочных работ машин и агрегатов составляет 10... 15 % общей трудоемкости ремонта, при этом около 60 % трудоемкости приходится на резьбовые и около 20 % — на прессовые соединения.

Окончательная цель разборки — сохранить детали для того чтобы их можно было применить вновь. И качество отремонтированных объектов и стоимость а также на продолжительность и трудоемкость влияет правильная организация и последовательность выполнения разборочных работ.

В зависимости от вида ремонта и тех-го состояния машины назначается степень разборки. При кап. ремонте на специализированных ремонтных предприятиях машины разбирают на агрегаты и сборочные единицы, а агрегаты и сборочные единицы — на детали на специализированных постах.

Основные приемы и принципы разборки следующие. Изначально демонтируют защитные части и которые легко повредить (электрику, ТНВД, топливо- и маслопроводы, шланги, крылья и т. п.), затем следующие сборочные единицы (радиаторы, кабину, двигатель, редукторы), которые разбирают на детали. Структурную схему разборки строят так, чтобы из изделия в первую очередь снимались соединительные элементы и сборочные единицы. Демонтаж каждой сборочной единицы завершают выведением базовой детали.

Сборочные единицы и детали на структурной схеме разборки изображают в виде прямоугольника с указанием наименования элемента, номера его по каталогу, числа элементов в изделии и номера позиции на соответствующем рисунке (чертеже), являющемся обязательным приложением к схеме.

В процессе разборки не рекомендуется разукomплектовывать соединенные пары, которые на заводе-изготовителе обрабатывали в сборе или подвергали совместной балансировке (крышки коренных подшипников с блоком цилиндров, крышки шатунов с шатунами, картер сцепления с блоком цилиндров, коленчатый вал с маховиком двигателя), а также приработанные пары деталей (конические шестерни главной передачи, распределительные шестерни, шестерни насосов смазочной и гидравлической систем и т. д.). Такие детали связывают или вновь соединяют болтами.

Особые требования предъявляют к разборке при необезличенном методе ремонта. В этом случае красками или другими способами помечают взаимное расположение деталей. К каждой из них, в том числе базовым, прикрепляют металлическую бирку с ремонтным номером, присваиваемым изделию при приемке в ремонт. После восстановления отдельных деталей на сборку подают составные элементы с одинаковым номером. Это позволяет при сборке сохранить не только взаимное расположение деталей до разборки, но и осуществить сборку из деталей, принадлежавших лишь данному изделию.

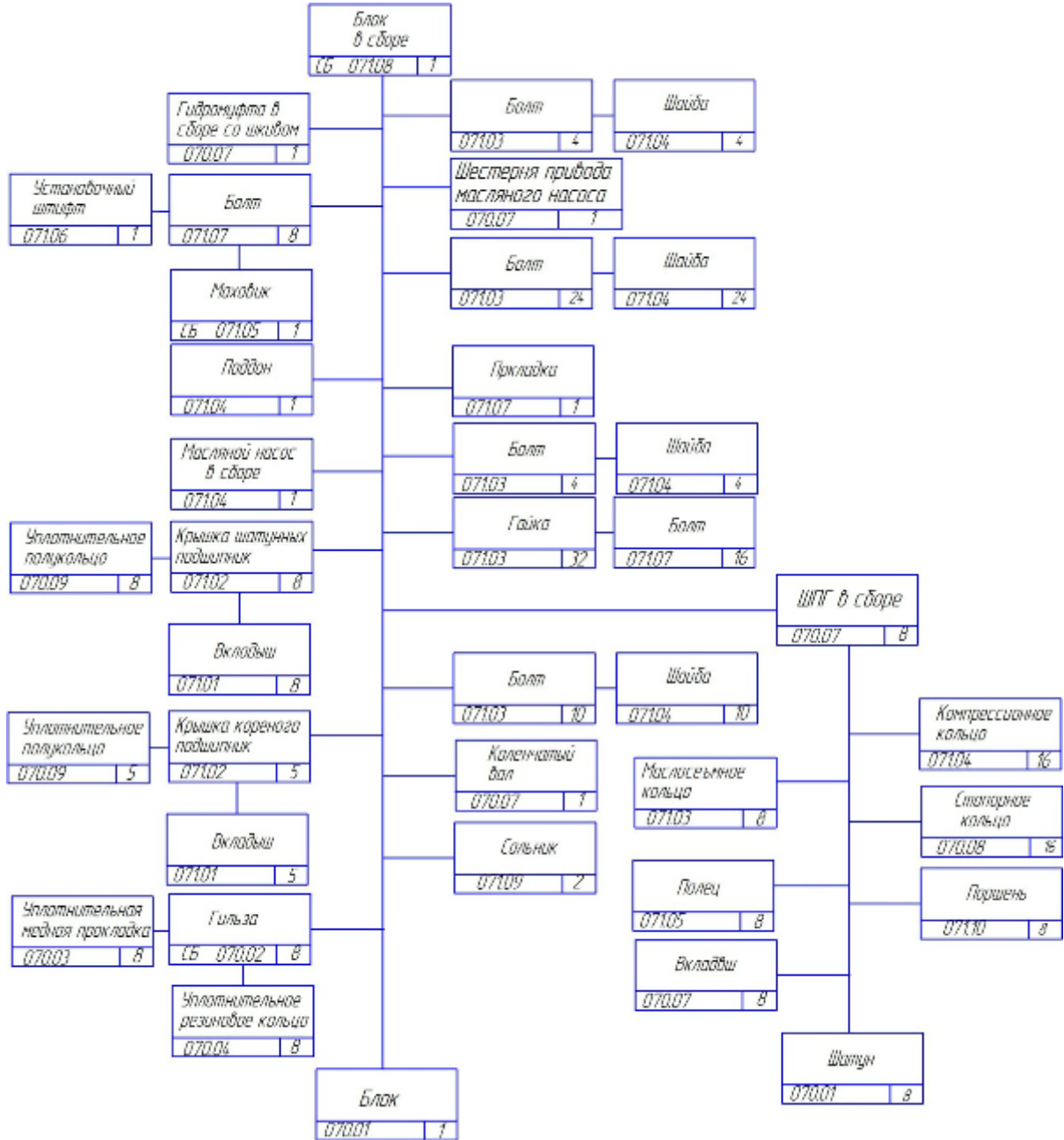
В процессе разборки необходимо использовать стенды, съемники, специальные приспособления и инструменты. При выпрессовке подшипников, сальников, втулок применяют съемники, оправки и выколотки с мягкими наконечниками (как правило, медными или алюминиевыми). Если выпрессовывают подшипник из ступицы или стакана, то усилие прикладывают к наружному кольцу, а при снятии с вала — к внутреннему.

При разборке резьбовых соединений, подверженных коррозии или механическим повреждениям, требуются специальные приемы и приспособления, в частности выдержка под слоем ветоши, смоченной керосином. ВД-40 . При снятии чугунных деталей, закрепленных большим числом болтов, во избежание появления трещин сначала отвертывают на пол-оборота все болты и гайки и только после этого их вывертывают. Не разрешается использовать зубило и молоток для отвертывания гаек, болтов,

штуцеров, пробок и т. п., так как это приводит к их повреждению. Не допускается использовать ударный инструмент и при разборке других соединений.

Проектирование технологического процесса разборки заключается в составлении карт эскизов, разработке маршрутной карты разборки, разработке структурных схем.

Структурная схема разборки блока представлена на рисунке 2.



2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

2.1 Проектирование участка по ремонту двигателей

2.1.1 Обоснование производственной программы участка

Проектирование производственного процесса выполняется на основании количественного и марочного состава техники назначаемого руководителем ВКР, либо по данным конкретного предприятия.

В таблице 2.1 представлен марочный и количественный состав

Количество двигателей в шт рассчитываем из выражения

$$N_{\text{дв}} = n \cdot K_{\text{ох}}, \quad (2.1)$$

где n – число техники, шт;

$K_{\text{ох}}$ – коэффициент охвата ремонтом [14].

Рассчитанные значения округляем через 0,85 и записываем в таблицу 2.1.

Например, число ремонта двигателей легковых автомобилей УАЗ составит

$$N_{\text{дв}} = 2 \cdot 0,30 = 0,6.$$

Результаты остальных расчетов записываем в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Обобщенные данные по автотракторной технике предприятия

Марка	Кол-во n, шт	Коэф. охвата Кох	N _{дв}	Трудоемко сть ремонта двигателя t, чел.-ч.	Общая трудоемкость Т, чел.-ч.
Автомобили:	12				
УАЗ	2	0,30	0,6	27,15	16,3
ГАЗ-3307	3	0,30	0,9	44,24	39,8
МАЗ	1	0,30	0,3	58,49	17,5
КАМАЗ	5	0,30	1,5	69	103,5
ПАЗ	1	0,3	0,3	44,24	13,3
- тракторы	49				
Т-100	2	0,28	0,56	110	61,6
Т-170	2	0,28	0,56	120	67,2
МТЗ-82	19	0,26	4,94	59	291,5
ДТ-75М	6	0,26	1,56	110	171,6
Т-150К	10	0,25	2,5	105	262,5
К-701	10	0,27	2,7	91,4	246,8

Итого		22,24		1292
-------	--	-------	--	------

Трудоемкость ремонта двигателей находим по следующей формуле

$$T_{\text{дв}} = N_{\text{дв}} \cdot t, \quad (2.2)$$

где t – трудоемкость ремонта одного двигателя, чел.-ч.

Трудоемкость ремонта легкового автомобиля УАЗ составит

$$T_{\text{дв}} = 0,6 \cdot 27,15 = 16,3 \text{ чел.-ч.}$$

Остальные расчеты сведены в таблице 2.1.

Трудоемкость мотороремонтного участка по итогам таблицы 2.1 составит 1292 чел.-ч., что меньше фонда времени рабочего. Поэтому в целях удержания квалифицированного специалиста восполним годовую программу ремонта заказами со стороны до полной загрузки рабочего.

$$T_{\text{год}} = T_{\Sigma} + T_{\text{стор}}, \quad (2.3)$$

где T_{Σ} - суммарная трудоемкость ремонта двигателей СХТ предприятия, чел.-ч.;

$T_{\text{стор}}$ - трудоемкость ремонта двигателей сторонних предприятий, чел.-ч.

$$T_{\text{год}} = 1292 + 860 = 2152 \text{ чел.-ч.}$$

Годовая программа в приведенных единицах рассчитываем из выражения

$$N_{\text{пр}} = T_{\text{год}} / T_{\text{пр}}, \quad (2.4)$$

где $T_{\text{пр}}$ - трудоемкость капитального ремонта двигателя автомобиля КАМАЗ, чел.-ч., $T_{\text{пр}} = 69$ чел.-ч.

$$N_{\text{пр}} = 2152 / 69 = 31 \text{ шт.}$$

2.1.2 Выбор режима работы участка по ремонту двигателей и расчет фондов времени

Участок по ремонту двигателей работает 5 дней в неделю.

В этом случае номинальный фонд времени участка рассчитываем из выражения

$$\Phi_{\text{н}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{в}} - D_{\text{п}}) \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пп}}, \quad (2.5)$$

где $D_{\text{к}} = 365$ – количество календарных дней;

$D_{\text{в}} = 104$ – количество выходных дней;

$D_{п} = 15$ – количество праздничных дней;

$D_{пп} = 11$ – количество предпраздничных дней;

$T_{см} = 8$ часов – продолжительность смены.

$$\Phi_{н} = (365 - 104 - 15) \cdot 8 - 11 = 1957 \text{ часа}$$

Расчет численности производственных рабочих

Рассчитываем технологически необходимое (явочное) число рабочих
рассчитываем из выражения

$$P_{т} = T_{уч} / \Phi_{н} ; \quad (2.6)$$

$$P_{т} = 2152 / 1957 = 1,1 \text{ чел.}, \text{ примем } P_{т} = 1 \text{ чел.}$$

Рассчитываем штатное (списочное) число рабочих рассчитываем из
выражения

$$P_{ш} = T_{уч} / \Phi_{д}, \quad (2.7)$$

где $\Phi_{д}$ – действительный фонд времени одного производственного
рабочего.

$$\Phi_{д} = \eta \cdot \Phi_{н} \quad (2.8)$$

где η - коэффициент использования рабочего времени, $\eta = 0,9$ [14]

$$\Phi_{д} = 0,9 \cdot 1957 = 1761 \text{ ч}$$

$$P_{ш} = 2152 / 1761 = 1,22 \text{ чел.}, \text{ примем } P_{ш} = 1 \text{ чел.}$$

2.1.3 Расчет потребности и подбор основного технологического
оборудования

Число станков для разборки и сборки двигателей рассчитываем из
выражения

$$m_{р} = t_{р} \cdot N_{пр} / (\Phi_{д.р} \cdot n \cdot P_{т}), \quad (2.9)$$

где $t_{р}$ – трудоемкость разборки-сборки одного двигателя, чел.-ч.

$$t_{р} = 19 \text{ чел.-ч.};$$

$N_{пр}$ – число приведенных ремонтов,

$$N_{пр} = 31 \text{ шт.};$$

$\Phi_{д.р}$ – действительный фонд времени рабочего, ч.,

$$\Phi_{д.р} = \Phi_{н} \cdot \eta,$$

где η – коэффициент учитывающий отпускные дни для слесаря $\eta = 0,9$ (таблица 28 [14])

$$\Phi_{д.р} = 1957 \cdot 0,9 = 1760 \text{ ч.}, n - \text{число смен, } n = 1;$$

P_T – число рабочих, работающих одновременно на стенде, чел., $P_T = 1$ чел.

$$m_p = 19 \cdot 31 / (1760 \cdot 1 \cdot 1) = 0,34 \text{ шт. Принимаем } m_c = 1 \text{ шт.}$$

Число испытательных стендов рассчитываем из выражения

$$S_n = t_n \cdot N_{пр} j_{п} / \Phi_{д.о}, \quad (2.10)$$

где t_n – продолжительность испытания двигателя, ч., $t_n = 10,8$ ч.;

$j_{п}$ – коэффициент повторности испытаний, $j_{п} = 1,1$

$$S_n = 10,8 \cdot 31 \cdot 1,1 / (1760 \cdot 0,97) = 0,21 \quad \text{принимаем } S_n = 1 \text{ шт.}$$

Остальное оборудование принимаем в соответствии с технологическим процессом ремонта двигателей.

Все рассчитанное и принятое оборудование приводим в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Ведомость оборудования участка по ремонту двигателей

№ поз.	Наименование оборудования	Кол-во, шт	Марка	Габариты, мм		Площадь, м ²		Мощн эл.дв., кВт
				длина	ширина	ед.	всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Моечная камера	1	24313	1400	1000	1,40	1,40	
2	Ларь для обтирочного материала	1	5133.000 ГОСНИТИ	350	350	0,12	0,12	0,6
3	Стенд для разборки ДВС	1	ОПР-647	1500	1500	2,25	2,25	
4	Монтажный стол	1	ОРГ-5109	1250	750	0,94	0,94	
5	Контейнер для деталей	1		1000	800	0,80	0,80	
6	Моечная ванна передвижная	1	ОМ-1316	1250	620	0,78	0,78	
7	Ларь для обтирочного материала	1	ОРГ-5133	1000	500	0,50	0,50	
8	Инструментальный шкаф	1	ОРГ-5147	600	400	0,24	0,24	
9	Контейнер для брака	1		800	800	0,64	0,64	
10	Стол дефектовщика	1	ОРГ-1468	1400	800	1,12	1,12	
11	Верстак	1	ОРГ-1469	1200	800	0,96	0,96	
12	Стеллаж	1	ОРГ-1461	1400	500	0,70	0,70	
13	Стенд для гидравлических испытаний	1	КИ-1040	1080	900	0,97	0,97	

14	Стенд для разборки и сборки головок цилиндров	1	ПРС	1060	520	0,55	0,55	
15	Станок настольно-сверлильный	1	1К62	800	400	0,32	0,32	5,7

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	Гальваническая ванна	1	ОГ-1349А	2400	760	1,8	1,8	
17	Выпрямитель	1	ВАС-600/300-1	1000	800	0,80	0,80	
18	Станок точи́льно-шлифовальный	1	3Б634	1000	600	0,75	0,75	
19	Компрессор гаражный	1	7-02-231	2000	1000	2	2	
20	Станок токарно-винторезный	1	1К62	1500	300	0,45	0,45	
21	Фрезерный станок	1	6Р81Ш	500	500	0,25	0,25	0,6
22	Тележка	1		1000	600	0,60	0,60	
23	Установка для мойки	1	ОМ-5362	900	600	0,54	0,54	
24	Монтажный стол	1	ОРГ-5109	1250	750	0,94	0,94	
25	Стенд для разборки ДВС	1	ОПР-647	1500	1500	2,25	2,25	
26	Стеллаж	1	ОРГ-1461	1400	500	0,70	0,70	
27	Стеллаж	1	ОРГ-1461	1400	500	0,70	0,70	
28	Инструментальный шкаф	1	ОРГ-5147	600	400	0,24	0,24	
29	Инструментальный шкаф	1	ОРГ-5147	600	400	0,24	0,24	
30	Стеллаж	1	ОРГ-1461	1400	500	0,70	0,70	
31	Тележка	1		1000	600	0,60	0,60	
32	Стенд для обкатки и испытания	1	КИ-541	1960	830	1,63	1,63	14
33	Шкаф для инструментов	1	5126.000 ГОСНИТИ	1600	430	0,64	0,64	
34	Огнетушитель передвижной	1	ОВП-100	800	710	0,6	0,6	
35	Установка окрасочная	1	«Ингул» ОР-5550	1250	750	0,94	0,94	
36	Кран подвесной	2	ГОСТ 7890-73					
					Всего		29,66	20,90

2.1.4 Расчет производственных площадей участка

Площадь участков находим по формуле:

$$F_{\text{уч.}} = F_{\text{об.}} \cdot \sigma, \quad (2.11)$$

где $F_{\text{об.}}$ – площадь оборудования, м^2 (см. таблицу 2.3);

σ - коэффициент, учитывающий проходы, $\sigma = 4,5$ (таблица 46 [14]).

$$F_{\text{уч.}} = 29,66 \cdot 4,5 = 133,47 \text{ м}^2.$$

2.1.5 Общая компоновка участка

При планировке производственных помещений сначала выбираем схему основной линии разборочно-сборочных работ. Для ремонта двигателей в основном это линия принимается прямолинейной. Ширину участка принимаем $B=6\text{м}$.

При этом расчетная длина цеха определяется формуле

$$L = F_{\text{расч.}}/B = 133,47/6 = 22,245 \text{ м.} \quad (2.12)$$

принимаем $L = 24 \text{ м}$.

Принятая площадь составит

$$F_{\text{прин}} = L \cdot B = 24 \cdot 6 = 144 \text{ м}^2.$$

Погрешность составляет

$$\Delta = (F_{\text{прин}} - F_{\text{расч.}})/F_{\text{прин}} \cdot 100 = (144 - 133,47)/144 \cdot 100 = 7,31 \text{ \%}.$$

Допустимое расхождение составляет 15%, что говорит о верности наших расчетов планировки участка.

2.2 Разработка технологического процесса восстановления гильзы цилиндра

2.2.1 Разработка карты технологического процесса дефектации детали и выбор контрольно-измерительных средств

Для выявления степени годности гильз их подвергают дефектации и дефектоскопии.

Порядок дефектации.

1. Внешним осмотром установить наличие видимых трещин, изломов, а так же задиров и рисок на поверхности зеркала.

2. Произвести замер внутреннего диаметра гильзы цилиндра.

Выбор средств измерения (СИ) производится следующим образом:

При выборе СИ должно выполняться следующее условие: предельная погрешность средств измерения должна быть меньше допустимой погрешности измерения, то есть

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta, \quad (2.13)$$

где δ – допускаемая погрешность измерения;

Δ_{lim} – предельная погрешность измерительного средства.

По известному номинальному размеру $\varnothing 120H8(-0,016)$ для контроля износа рабочей поверхности определяем предельную погрешность измерения согласно литературе [5], $\delta = 7$ мкм. Выбираем средство измерения по литературе [4] с учетом выполнения условия (2.3) – Нутромер индикаторный НИ -160 М ГОСТ 868 -82, предельная погрешность которого $\Delta_{\text{lim}} = \pm 5$ мкм.

Таблица 2.3 – Результаты выбора средств измерения

Наименование детали, ее размер, поле допуска.	Величина допуска изделия, мм.	Допустимая погрешность измерения, мм.	Предельная погрешность измерительного средства, мм.	Наименование, обозначение измерительного средства, ГОСТ.
Отверстие $\varnothing 120 H 6$	0,012	0,0018	$\pm 0,005$	НИ- 160 ГОСТ -82

2.2.2. Выбор рационального способа восстановления дефектов гильзы цилиндра

Выбирают способ восстановления деталей с учетом характера, величины и места расположения дефектов, материала деталей, нагрузочных и температурных условий работы восстанавливаемых поверхностей, класса чистоты их обработки, производственных возможностей предприятий, для которых разрабатывается технология.

Основные оценочные критерии эффективности выбранного способа — полное восстановление физико-механических свойств, геометрических форм и размеров детали, обеспечивающих ее срок службы не менее чем до следующего капитального ремонта, стоимость восстановления детали должна быть меньше стоимости новой детали.

В настоящее время при восстановлении деталей в зависимости от характера и производственной программы ремонтного предприятия применяют методы: ручной, механизированный, виброконтальный и автоматический под слоем флюса электродуговых наплавов, гальванических покрытий (хромирование, оставление), газовой сварки и наплавки, пластической деформации, обработки поверхностей под ремонтные размеры.

Из этих способов такие, как вибродуговая и автоматическая наплавки под слоем флюса и др. гальванические покрытия, которые обеспечивают высокое качество восстанавливаемых деталей можно более эффективно применять при сравнительно большой программе восстановления деталей. В условиях специализированных ремонтных предприятий применению этих способов должно быть отдано предпочтение.

Во всех случаях для выбора наиболее целесообразного способа восстановления из нескольких вариантов, обеспечивающих требуемое качество детали, необходимо сопоставление цеховой себестоимости при разных способах восстановления. Рассчитывать себестоимость восстановления детали можно с различной точностью, которая будет определяться главным образом степенью точности в исчислении накладных расходов.

Известно, что цеховая себестоимость восстановления детали складывается из прямых и косвенных расходов. К прямым относятся зарплата производственных рабочих и стоимость материалов, энергии и других средств, израсходованных на восстановление детали. Производственная зарплата определяется расчетом прямой зарплаты путем умножения тарифной почасовой ставки соответствующего разряда работы на техническую норму времени по отдельным операциям и расчетом дополнительной зарплаты и начисления на зарплату по соцстрахованию.

Стоимость расхода материалов определяют произведением преysкурантной цены на норму расхода соответствующих материалов по каждому маршруту. Нормы затрат труда и материалов устанавливают после разработки технологического процесса режимов работы

К цеховым накладным расходам относятся: отчисления на амортизацию оборудования, приспособлений и инструмента, зданий и сооружений, на содержание и ремонт оборудования, ремонт зданий и сооружений, силовую и осветительную электроэнергию и топливо, на содержание административно-технического персонала, служащих, вспомогательных рабочих и младшего обслуживающего персонала.

Часть этих расходов находится в прямой зависимости от способа восстановления и обработки детали, например отчисления на амортизацию применяемого оборудования, приспособлений и инструмента; расходы на силовую электроэнергию и топливо и т.п. Часть же накладных расходов — в малой зависимости от способа восстановления и применяемого оборудования (расходы, связанные с эксплуатацией цеховых зданий и сооружений, содержанием административно-технического персонала; расходы на осветительную электроэнергию и на топливо для отопления).

Точный расчет стоимости восстановления той или иной детали различными способами обычно весьма затруднителен. Поэтому для исчисления стоимости восстановления детали рекомендуется пользоваться приближенными значениями накладных расходов, учитывая лишь те из них, которые в значительной степени зависят от методов восстановления и обработки. Большей частью для таких расчетов могут быть использованы средние данные за прошлые годы.

Процент накладных расходов по отношению к производственным затратам не определяет характера организации производственного процесса, а зависит от ряда существенных факторов, в том числе и от степени механизации производственных процессов, соотношения числа административно-технических работников и производственных рабочих, состояния производственного оборудования и помещений. Механизация производственных процессов приведет к уменьшению числа рабочих, что при сохранении общецеховых расходов обусловит относительное увеличение накладных расходов.

В основе расчета стоимости восстановления детали — цеховые затраты — прямые, технологические и накладные. Все цеховые затраты, связанные с восстановлением детали различными способами, можно разделить на две категории.

Затраты (А), величина которых существенно зависит от способа восстановления детали; это — заработная плата производственных рабочих, стоимость материалов (электродов, металла и т. п.) и следующие накладные расходы: амортизация технологического оборудования, инструмента и

приспособлений, применяемых при данном способе восстановления, а также расходы, связанные с эксплуатацией оборудования, приспособлений и инструмента (стоимости их ремонта, электроэнергии, мелкого инструмента и т. п.). Величины этих затрат могут быть определены более точно

Затраты (В), не зависящие или зависящие в весьма малой степени от способа восстановления детали, например амортизации зданий и других сооружений, стоимость их содержания, стоимость осветительной электроэнергии, заработная плата цехового инженерно-технического персонала и другие общецеховые расходы.

Выбор рационального способа необходим для обеспечения требуемых характеристик поверхности, формы и точности после восстановления при условии минимально возможных трудоемкости и себестоимости.

Рациональный способ выбирают, исходя из следующих критериев:

- технологический (иначе говоря, критерий, учитывающий возможность применения способа);
- технический (учитывает долговечность после восстановления);
- технико-экономический (является обобщающим и решающим, поскольку учитывает в себе предыдущие критерии).

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

$$K_d = K_i * K_v * K_c * K_p, \quad (2.14)$$

где K_i , K_v и K_c – коэффициенты износостойкости, выносливости и сцепляемости покрытий;

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

Механизированная наплавка под слоем флюса.

$$K_i = 0,91; K_v = 0,87; K_c = 1,00$$

$$K_d = 0,97 * 0,87 * 1,00 * 0,8 = 0,67$$

Электролитическое покрытие.

$$K_i = 1,67; K_v = 0,97; K_c = 1,82$$

$$K_d = 0,97 * 1,67 * 1,82 * 0,8 = 2,5$$

Постановка дополнительных деталей.

$$K_i = 0,9; K_v = 0,9; K_c = 1,0$$

$$K_d = 0,9 * 0,9 * 1,0 * 0,8 = 0,69$$

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

Выбираем способ электролитического покрытия.

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

$$C_v \leq K_d * C_n \quad \text{или} \quad C_v / K_d \leq C_n, \quad (2.15)$$

где C_v – стоимость восстановления детали, руб;

C_n – стоимость новой детали, руб.

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

$$K_t = C_v / K_d, \quad (2.16)$$

где K_t – коэффициент технико-экономической эффективности;

C_v – себестоимость восстановления 1 м² изношенной поверхности детали руб/м²

Механизированная наплавка под слоем флюса:

$$C_v = 48,7$$

$$K_t = 48,7 / 0,67 = 72,6$$

Электролитическое покрытие:

$$C_v = 88,6$$

$$K_t = 88,6 / 2,5 = 35,4$$

Постановка дополнительных деталей:

$$C_v = 242$$

$$K_T = 242 / 0,69 = 350$$

Эффективным способом считается способ с $K_T \rightarrow \min$.

Среди предложенных методов восстановления самым рациональным является метод электролитического покрытия.

2.2.3 Разработка ремонтного чертежа гильзы цилиндров

Ремонтный чертеж разрабатывают на первом этапе технологического процесса восстановления детали.

Ремонтный чертеж разрабатывается согласно ГОСТ 2.604-2000 «Чертежи ремонтные». Ремонтный чертеж содержит информацию о всех дефектах детали, которые обозначаются утолщенной линией толщиной 2s, а также подписываются на полках линий выносок (например, «Деф. 1»). В таблице на ремонтном чертеже сведены дефекты деталей, указаны коэффициенты их повторяемости, а также назначенные допустимый и основной способы восстановления. Кроме того, на ремонтном чертеже могут указываться дополнительные сведения, имеющие отношение к восстановлению, например, могут быть приведена информация по ремонтным размерам, приведены их значения и количество.

Также на ремонтном чертеже указывают маршрут движения детали при восстановлении, технические требования на восстановление. В поле материал основной надписи приводят материал восстанавливаемой детали, без указания вида заготовки.

Размеры на ремонтном чертеже указываются те, которые необходимы для дефектации и контроля восстановления дефектов, то есть номинальные размеры с их отклонениями.

2.2.4 Разработка маршрутных и операционных карт восстановления гильзы

Маршрутная технология предусматривает составление технологии на комплекс дефектов, которые устраняют в определенной последовательности, названный маршрутом.

Комплекс дефектов должны определяться естественной взаимосвязью, единством технологии восстановления или целесообразностью.

Разработаем схему технологического процесса устранения дефекта и составим план выполнения всех операций, предусмотренных маршрутом.

Таблица 2.4 - План операций технологического процесса по маршруту

Операции	Оборудование	Приспособление, инструмент
005 Очистная	Очиститель пароводоструйный ОМ-5359А	Тара для гильз цилиндров
010 Дефектовочная	Стол для дефектации ОРГ-14-6801-090	НИ-160 ГОСТ 11098-75
015 Расточная	Станок расточной 2А78Н	Приспособление для оцентровки гильз, зажимное приспособление, нутромер НИ 100-160 ГОСТ 9244-75, приспособление для установки вылета резца, резец расточной ВК-6
020 Осталивание	Установка ОГ-1349А, выпрямитель тока ВСА – 600/300 – 1	Тампон, подвесное приспособление, щетка стальная
025 Хонингование	Хонинговальный станок 3А83, компрессор	Зажимное приспособление, хонголовка на 130 мм, НИ 100-160 ГОСТ 9244-75
025 Контрольная	Стол для дефектации ОРГ-14-6801-090	НИ-160 ГОСТ 11098-75

2.2.5 Расчёт и выбор параметров и режимов нанесения покрытия на гильзу цилиндра.

Основные режимы процесса осталивания рассчитываются по следующим формулам.

Необходимая сила тока I , А:

$$I = D_K \cdot F_0, \quad (2.17)$$

где D_K – катодная плотность тока, А/дм² (для износостойкого покрытия детали $D_K=15$ А/дм²);

F_0 – общая поверхность покрываемая железом, дм².

$$F_0 = 2l\pi R, \quad (2.18)$$

где l – длина поверхности, на которую наносится покрытие, $l = 0,70$ дм;

R – средний радиус конусной поверхности, $R = 0,335$ дм.

$$F_0 = 2 \cdot 0,7 \cdot 3,14 \cdot 0,335 = 1,47 \text{ дм}^2.$$

$$I = 15 \cdot 1,47 = 51,45 \text{ А}.$$

Расчетная продолжительность осаждения железа t_p , ч:

$$t_p = \frac{10 \cdot h \cdot \gamma}{D_K \cdot E \cdot \eta}, \quad (2.19)$$

где h – толщина слоя покрытия на сторону, мм (0,04...0,15);

γ – плотность покрытия ($\gamma = 7,8$ г/см³);

E – электрохимический эквивалент железа ($E = 0,324$ г/А · ч);

η – выход железа по току ($\eta = 0,8...0,95$).

$$t_p = \frac{10 \cdot 0,1 \cdot 7,8}{15 \cdot 1,042 \cdot 0,8} = 0,62 \text{ ч}.$$

2.2.6 Определение норм времени выполнения операций

Нормируемое время – время полезной работы, связанной с выполнением производственного задания. Оно классифицируется на основное, вспомогательное, дополнительное и подготовительно-заключительное время. Все названные категории включают в состав технической нормы времени, которая выражается следующей формулой:

$$T_n = T_{осн} + T_{всп} + T_{доп} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (2.20)$$

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

$T_{осн}$ – основное время, т. е. время, в течение которой происходит изменение размеров, формы, свойств, внешнего вида обрабатываемой детали, в результате какого-либо вида обработки, $T_{осн}=41$ мин;

$T_{всп}$ – вспомогательное время, т. е. время, затрачиваемое на действия, обеспечивающие выполнение основной работы (закрепление и снятие детали со станка, измерение детали, перестановка инструмента и т. д.), $T_{всп} = 30$ мин;

$T_{доп}$ – дополнительное время, затрачиваемое на организацию и обслуживание рабочего места, перерывы на отдых и естественные надобности исполнителя, мин $T_{доп}=30$ мин; 0

$T_{ПЗ}$ – подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на получение задания, ознакомление с работой, подготовку рабочего места, наладку оборудования, сдачу изготовленного изделия (дается на партию деталей), мин $T_{ПЗ}=53$ мин;

n – количество обрабатываемых деталей в партии, $n=5$.

$$T_n = 41 + 30 + 30 + \frac{53}{5} = 111,6 \text{ мин.}$$

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_{всп}. \quad (2.21)$$

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

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{всп} + T_{доп}. \quad (2.22)$$

$$T_{шт} = 41 + 30 + 30 = 101 \text{ мин.}$$

3 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИБРОНАКАТКИ

3.1 Устройство и работа виброголовки

Виброголовки для обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических и торцовых поверхностей. Виброголовки, как правило, конструируются к токарным станкам. В этом случае реализация кинематической схемы вибронакатывания существенно упрощается, так как для вращения заготовки и поступательного перемещения виброголовки с деформирующим элементом в направлении подачи используются главное и вспомогательное движения токарного станка. Таким образом, основным назначением виброголовки является осуществление осцилляционного движения деформирующего элемента. Приводы осцилляционного движения могут быть семи видов. Однако наибольшее применение получил механический привод, отличающийся простотой и надежностью. Первая виброголовка к токарному станку для обработки наружных цилиндрических и торцовых поверхностей (конструкция ЛИТМО) имела эксцентриковый привод, при этом деформирующий элемент совершал осцилляционное движение по дуге окружности. В дальнейшем головка была в ЛИТМО модернизирована, эксцентриковый привод сохранился, однако деформирующий элемент совершал осцилляционное движение параллельно оси обрабатываемой заготовки. Виброголовка (рис. 3.1) получила широкое применение благодаря универсальности, простоте, надежности, невысокой стоимости.

Установка состоит из остова в котором крепиться электродвигатель 38, скобы П-образной формы, прямоугольного сечения служащей для установки и закрепления виброголовки в резцедержателе токарного станка, эксцентрикового вала – 2, штанги – 22 и головки 7.

Установка для вибронакатки работает следующим образом. Вращение электродвигателя с помощью эксцентрикового вала 2 преобразовывается в возвратно-поступательное движение штанги 22 с шариковой головкой 7.

Эксцентриковый вал 2 соединяется с валом электродвигателя с помощью призматической шпонки и вращается в двух шарикоподшипниках 30,31.

На конце эксцентрикового вала монтируется головка шатуна 6. Шатун 21 через наконечник 12 и палец 15 соединен со штангой 22 и с ползуном 16, который вместе со штангой совершает возвратно-поступательные движения в направляющих бронзовых втулках 5. На другом конце штанги закреплена шариковая головка 21.

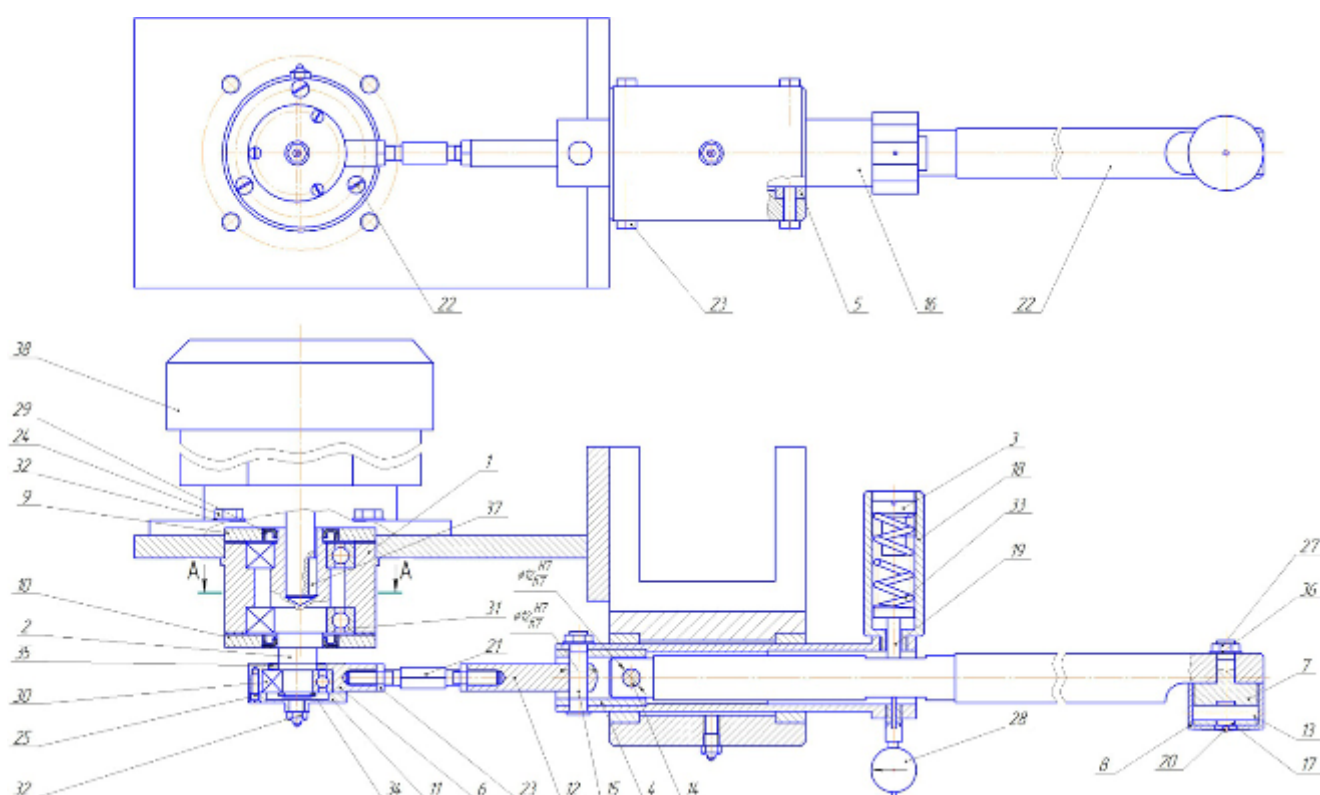


Рисунок - 3.1 Установка электролитического натирания

1 – олов; 2 – эксцентриковый вал; 3 – регулировочный винт; 4 – вставка; 5 – втулка; 6 – головка шатуна; 7 – головка; 8 – колпачек; 9,10 – крышка; 11 – крышка головки шатуна; 12 – наконечник; 13,14 – ось; 15 – палец; 16 – ползун; 17 – ролик; 18 – стакан; 19 – толкатель; 20 – шарик; 21 – шатун; 22 – штанга; 23,24 – болт, 25,26 – винт; 27 – гайка, 28- ИЧ-10, 29 – манжета; 30,31 – подшипник; 32 – пресс масленка; 33 – пружина; 34 – стопорное кольцо; 35 – фетровое кольцо; 36 – шайба; 37 – шпонка; 38 – электродвигатель.

Величина усилия давления шарика на обрабатываемую поверхность определяется степенью предварительного сжатия тарированной пружины 33, которая

устанавливается в стакане. Регулировочный винт 3 служит для предварительного сжатия пружины. Усилие пружины передается на шток через толкатель 19. Окончательная установка на необходимое для накатывания давление осуществляется дополнительным перемещением всего приспособления в направлении, перпендикулярном оси вращения заготовки. С противоположной стороны прилива в резьбовом отверстии устанавливается индикатор часового типа, по которому устанавливается усилие вдавливания

3.2 Расчет режимов накатки гильз

Параметры, определяющие режим вибронакатывания, представлены на рис. 3.2: n_3 — частота вращения заготовки, мин; s — подача деформирующего элемента за один оборот заготовки, мм; $n_{дв. х}$ — число осцилляции деформирующего элемента, мин; l — амплитуда осцилляции, мм; d_3 — диаметр заготовки, мм; P — усилие вдавливания деформирующего элемента, Н. Деформирующим элементом может быть шар, сферический алмазный, твердосплавный или другой наконечник.

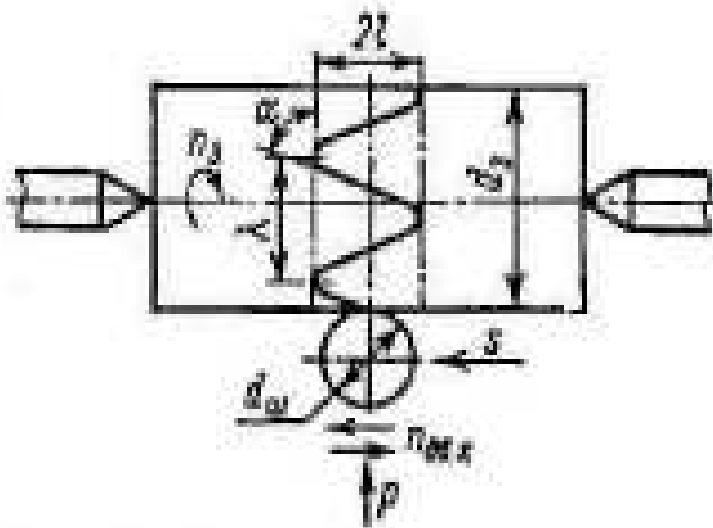


Рис. 3.2 Параметры режимов вибронакатывания

На основе полученных аналитических зависимостей [18] становится возможным рассчитать основные параметры режима накатки.

В настоящее время можно рассчитать режимы, обеспечивающие образование поверхностей вида I, с заданными значениями F_k и $F_{оп}$.

Имеем следующие уравнения:

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{3 \cdot \Theta} \cdot \left[2 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot l_i}{d_3} \right)^2} \right], \quad (3.1)$$

где S, d_3 – параметры режима виброобкатывания (рис. 4.2)

i – число циклов осцилляции за один оборот заготовки

$$i = \frac{n_{\text{ос.х}}}{n_3} = \frac{\sqrt{3} \cdot d_3}{4 \cdot e \cdot \rho} \cdot \sqrt{3 \cdot S^2 \cdot \Theta^2 - 8 \cdot S \cdot \rho \cdot \Theta + 4 \cdot \rho^2} \quad (3.2)$$

Θ – вспомогательная переменная, связанная линейно с F_k

e – эксцентриситет эксцентрика, создающего осцилляцию

$$e = \frac{\sqrt{3} \cdot d_3}{4 \rho \cdot i} \cdot \sqrt{3 \cdot S^2 \cdot \Theta^2 - 8 \cdot S \Theta \cdot \rho + 4 \cdot \rho^2} \quad (3.3)$$

Экспериментально установлено [19], что оптимальное с точки зрения износостойкости значение относительной площади F_k канавок на внутренней виброобкатанной поверхности гильзы цилиндра автомобиля ЗИЛ-130 составляет примерно 35% при глубине канавки $h=20$ мкм и микрорельефе вида I с некасающимися канавками.

Экспериментально установлено [19], что образование с помощью виброголовки канавок глубиной $h=20$ мкм может быть обеспечено при использовании шаров, диаметрами $d_{\text{ш}}=3 \dots 8$ мм.

При $d_{\text{ш}}=4$ мм, усилие вдавливания $P=350$ Н (35 кг); $n_{\text{дв.х}}=1500$ мин⁻¹ при $e=2,2$ мм. Другие исходные данные: $d_3=100$ мм; $n_3=16$ мин⁻¹.

$$S = \frac{2 \cdot 0.2828}{3 \cdot 0.35} \cdot \left[2 + \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 1.25 \cdot 87.5}{100} \right)^2} \right] = 2.37 \text{ мм/об}$$

По паспортным данными станка 1К62 выбираем $S=2.5$ мм/об

3.3 Расчет основных элементов конструкции

3.3.1 Выбор электродвигателя

Зная усилие вдавливания и скорость перемещения шарика, выбираем электродвигатель:

Мощность электродвигателя [10]:

$$N = P \cdot V \cdot \eta = 350 \cdot 2 \cdot 0,99 = 693 \text{ Вт} = 0,69 \text{ кВт} \quad (3.4)$$

По каталогу выбираем двигатель АИ2М80В4 N=0,75 кВт n=1500 об/мин
m=11,3 кг

3.3.2 Расчет эксцентрикового вала

Расчет эксцентрикового вала проводился с использованием САПР. Предварительно был вычислен диаметр вала [10]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot T}{[\tau_k]}} = \sqrt[3]{\frac{5110 \cdot 5}{30}} = 10 \text{ мм} \quad (3.5)$$

где $[\tau_k]$ – пониженное допустимое напряжение на кручение, МПа

Далее с использованием программы АРМ были рассчитаны и другие параметры.

3.3.3 Выбор подшипника

Фактическая динамическая грузоподъемность определяется по формуле:

$$C = \sqrt[\alpha]{L \cdot P} \quad (3.6)$$

где α – показатель степени, равный 3 [10];

L – расчетный ресурс в мил. оборотах;

P – приведенная нагрузка, Н.

Расчетный ресурс определяется по формуле:

$$L = \frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6} \quad (3.7)$$

где n – частота вращения вала, 55 об/мин;

L_h – ресурс подшипника, 2500 ч [9].

$$L = \frac{60 \cdot 55 \cdot 2500}{10^6} = 8,25 \text{ мил. об.}$$

Приведенную нагрузку определяем по формуле:

$$P = (X \cdot F_r + Y F_a) \cdot K_\delta \quad (3.8)$$

где X, Y – коэффициенты радиальной и осевой нагрузки, 0,74 и 1,98 [9];

F_r – радиальная нагрузка, 8,25 Н;

F_a – осевая нагрузка 70 Н;

K_δ – коэффициент безопасности, учитывающий динамическую нагрузку, составляет 1,8 [10].

$$P = (0,74 \cdot 8,25 + 1,98 \cdot 70) \cdot 1,8 = 300 \text{ кГ}$$

$$C = \sqrt[3]{8,25 \cdot 300} = 606 \text{ кГ}$$

Подшипник выбираем из каталога [10].

Принимаем подшипник 36208 ГОСТ 831-75 легкой серии с динамической грузоподъемностью $C = 2370 \text{ кГ}$.

3.4 Инструкция по охране труда для работающих на станке с виброголовкой.

«Утверждаю»

Директор ООО _____

«___» _____ 2017 г.

ИНСТРУКЦИЯ

по безопасности труда для слесаря при работе с виброголовкой.

Общие требования:

3.4.1 Общие требования безопасности

Рабочие, поступающие на ремонтное предприятие, должны получить инструктаж по общим правилам техники безопасности, инструктаж на рабочем месте, а также овладеть практическими навыками безопасного выполнения работ и пройти проверку полученных знаний и навыков.

Результаты проверки знаний должны регистрироваться в специальном журнале.

- К работе на станках допускаются рабочие, прошедшие специальное обучение.

- Рабочий должен выполнять только ту работу, которая поручена мастером или начальником цеха.

- Рабочий обязан содержать в чистоте и порядке рабочее место, не загромождать проходов и проездов, укладывать заготовки и изделия в отведенных местах, сообщать мастеру о всех замеченных неисправностях оборудования.

- Курить можно только в специально отведенных для этого местах.

- Все рабочие обязаны знать правила и приемы по оказанию первой медицинской помощи при несчастном случае пострадавшему. О несчастном случае уведомить мастера или начальника цеха.

3.4.2 Требования безопасности перед началом работы

- Перед началом работы рабочий должен надеть спецодежду, спецобувь, головной убор. Одежда должна быть застегнута на все пуговицы.

- Рабочий, приступая к работе, должен проверить наличие и исправность защитных ограждений, приспособлений, а также надежность крепления заземляющих проводников.

- При работе на холодном полу (асфальтовом, цементном и др.) необходимо пользоваться деревянными подножными решетками. Следить за тем, чтобы полы не были скользкими.

- Перед началом работ проверить исправность станка, инструмента и приспособлений.

3.4.3 Требование безопасности во время работы

- При работе на станке с виброголовкой запрещается:

- а) допускать к станку посторонних лиц;

- б) оставлять без надзора работающие станки;

- в) приступать к работе на станках после их ремонта без разрешения мастера или начальника цеха;

- г) охлаждать металлорежущий инструмент мокрыми тряпками или концами;

д) смазывать и регулировать станки, оставлять инструменты и другие предметы на станине станков;

е) измерять детали;

ж) облакачиваться на станки;

з) подключать местное освещение к сети с напряжением более 36 В.

и) находиться около задней части станка, где имеются вращающиеся и движущиеся части виброголовки

- Установку и снятие патрона, смену инструмента, установку деталей и переключение скоростей производить только при остановленном станке.

- При работе на токарном станке пользоваться защитным экраном, а при его отсутствии работать в защитных очках.

3.4.4 Требования безопасности в аварийных ситуациях

- При возникновении аварийной ситуации не поддаваться панике, сообщить о ситуации мастеру участка или заведующему мастерскими.

- При наличии пострадавших оказать первую помощь до прибытия медперсонала.

- При возгорании использовать первичные средства пожаротушения.

- При пожаре покинуть мастерскую в соответствии с планом эвакуации.

- При поражении электрическим током освободить пострадавшего от воздействия тока, оказать первую помощь.

3.4.5 Требование безопасности по окончании работы

По окончании работы привести инструмент и приспособление (виброголовку) в порядок.

- Убрать рабочее место

- Складовать гильзы в специально отведенное место.

Физическая культура на производстве

Работа слесарей работающие на стационарных установках требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений.

Работа на стенде для разборки и сборки генераторов выполняется стоя. Кроме того выполнение данной операции требует поднятия и переноса тяжести. Отсюда следует выделить следующие основные нагрузки на тело рабочего. Сердечнососудистая система человека *при* вертикальном положении тела испытывает значительно большие *нагрузки*, чем *при* деятельности сидя или лежа. Работа стоя приводят к существенным нагрузкам на суставы ступней, коленей, тазобедренные суставы и межпозвоночные хрящи, недостаточному сокращению мышц, особенно икроножных. Причем длительное стояние утомляет ноги больше, чем ходьба. Даже незначительная дополнительная нагрузка на опорно-двигательный аппарат существенно увеличивает импульсные (ударные) нагрузки.

С целью профилактики влияния негативных факторов условий труда, создания предпосылок к ускоренному высокопроизводительному труду, предупреждения профессиональных заболеваний и травматизма необходимо использовать средства физической культуры, как для активного отдыха, так и для восстановления работоспособности в рабочее и свободное время. Предлагается выполнение следующих упражнений: упражнения в потягивании;

упражнения для мышц туловища, рук и ног (сокращение и растягивание, сменяющиеся расслаблением); упражнения махового характера для различных мышечных групп, приседания, прыжки, бег, переходящий в ходьбу, маховые движения ногами, позволяющие расслабить мышцы голени и стопы, упражнения в расслаблении наиболее активно работавших мышечных групп с динамическими усилиями для других, упражнения на точность и координацию движений.

Ответственность

За соблюдением состояния инструментов и рабочего места отвечает слесарь.

Согласовано:
специалист по ОТ
представитель профкома

Разработал:

Юсупов А.Х.

3.5 Экономическое обоснование конструкции

Затраты на изготовление и модернизацию конструкции определяются по формуле [1]:

$$C_{ц.контр.} = C_k + C_{о.д} + C_{п.д} \cdot K_{нац} + C_{сб.п} + C_{оп} + C_{накл}, \quad (3.9)$$

где C_k – стоимость изготовления корпусных деталей, руб.;

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

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

$C_{сб.п}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке конструкции, руб.;

$C_{оп}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, руб.;

$C_{накл}$ – накладные расходы, руб.;

$K_{нац}$ – коэффициент, учитывающий разницу между прейскурантной ценой и балансовой стоимостью конструкции ($K_{нац}=1,4 \dots 1,5$).

Стоимость изготовления корпусных деталей определяется по формуле стр.115 [1]

$$C_k = Q_p \cdot C_{к.д}, \quad (3.10)$$

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

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

$$C_{\text{к}} = 10 \cdot 65 = 650 \text{ руб.}$$

Затраты на изготовление оригинальных деталей определяются по формуле стр.116 [1]

$$C_{\text{о.д}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{м}}, \quad (3.11)$$

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

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

Заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей определяется по формуле стр.116 [1]

$$C_{\text{зп}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{доп}} + C_{\text{соц}}, \quad (3.12)$$

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

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

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

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

$$C_{\text{пр}} = Z_{\text{ч}} \cdot T_{\text{ср}} \cdot K_{\text{т}}, \quad (3.13)$$

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

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

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

$$C_{\text{пр}} = 85 \cdot 5 \cdot 1,03 = 437,75 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{доп}} = \frac{(5\dots12) \cdot C_{\text{пр}}}{100}. \quad (3.14)$$

$$C_{\text{доп}} = \frac{10 \cdot 437,75}{100} = 43,7 \text{ руб}$$

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

$$C_{\text{соц}} = \frac{4,4 \cdot (C_{\text{пр}} + C_{\text{д}})}{100}. \quad (3.15)$$

$$C_{\text{соц}} = \frac{4,4 \cdot (437 + 43,7)}{100} = 21,15 \text{ руб}$$

$$C_{\text{зп}} = 437 + 43,7 + 21,15 = 501,85 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{м}} = \text{Ц} \cdot Q_3, \quad (3.16)$$

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

Q_3 – масса заготовки, кг.

Масса заготовки определяется из выражения: стр.117 [1]

$$Q_3 = \frac{Q_d}{K_3}, \quad (3.17)$$

где Q_d – масса детали, кг;

$$Q_{\text{заг}} = \frac{12}{0,8} = 15 \text{ кг.}$$

$$C_m = 15 \cdot 80 = 1200 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{од}} = 501,85 + 1200 = 1701 \text{ руб.}$$

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

Заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке конструкции определяется по формуле стр.117 [1]

$$C_{\text{зп.сб.п}} = C_{\text{сб}} + C_{\text{д.сб}} + C_{\text{соц.сб}}, \quad (3.18)$$

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

Основная заработная плата рабочих, занятых на сборке определяется по формуле стр.118 [1]

$$C_{\text{сб}} = T_{\text{сб}} \cdot Z_{\text{ч}} \cdot K_t, \quad (3.19)$$

где $T_{\text{сб}}$ – трудоемкость на сборку конструкции, чел.·час.

$$C_{\text{сб}} = 2 \cdot 85 \cdot 1,03 = 175 \text{ руб.}$$

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

$$C_{д.сб} = \frac{(5...12)C_{сб}}{100}. \quad (3.20)$$

$$C_{д.сб} = \frac{10 \cdot 175}{100} = 17,5 \text{ руб.}$$

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

$$C_{соц.сб} = \frac{4,4(C_{сб} + C_{д.сб})}{100}. \quad (3.21)$$

$$C_{соц.сб} = \frac{4,4(175 + 17,5)}{100} = 8,47 \text{ руб.}$$

$$C_{зп.сб.п} = 175 + 17,5 + 8,47 = 200 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции определяются по формуле стр.118: [1]

$$C_{оп} = \frac{C_{пр}^1 \cdot \Pi_{оп}}{100}, \quad (3.22)$$

где $C_{пр}^1$ – основная заработная плата рабочих, участвующих в изготовлении конструкции, руб.;

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

$$C_{оп} = \frac{437,75 \cdot 69,5}{100} = 304,2 \text{ руб.}$$

$$C_{констр} = 650 + 1701 + 4200 \cdot 1,5 + 200 + 304,2 = 9155 \text{ руб.}$$

Таблица 3.1 Исходные данные для расчета технико-экономических показателей конструкции

№п/п	Наименование	Ед.измерения	Знач. показателя	
			исходный	проектир.
1	Масса конструкции	кг	25	19
2	Балансовая стоимость	руб	12100	9155
3	Потребляемая мощность	кВт	2,2	2,2
4	Количество обслуживающего персонала	чел	1	1
5	Разряд работы	разряд	4	4
6	Тарифная ставка	руб./чел.ч	84	84
7	Норма амортизации	%	13	13
8	Норма затрат на ремонт и техническое обслуживание	%	8	8
9	Годовая загрузка конструкции	ч	108	108
10	Время 1 цикла	ч	0,6	0,3

При расчетах показатели базового (существующего) варианта обозначаются как X_0 , а проектируемого как X_1 .

Расчет технико-экономических показателей по обоим вариантам проводится в такой последовательности:

на стационарных работах периодического действия [4]

$$W_{\text{ч}} = \frac{60 \cdot \tau}{T_{\text{ц}}}, \quad (3.23)$$

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

τ – коэффициент использования рабочего времени смены

($\tau = 0,60 \dots 0,95$).

$$W_{\text{ч0}} = \frac{60 \cdot 0,6}{36} = 1 \text{ шт/час}$$

$$W_{ч1} = \frac{60 \cdot 0.6}{20} = 1,8 \text{ шт/час}$$

Металлоемкость процесса определяется по формуле [4]:

$$M_e = \frac{G}{W_z \cdot T_{год} \cdot T_{сл}}, \quad (3.24)$$

где G – масса конструкции, кг;

$T_{год}$ – годовая загрузка конструкции, час;

$T_{сл}$ – срок службы конструкции, лет.

$$M_{e0} = \frac{25}{1 \cdot 108 \cdot 5} = 0,046 \text{ кг/шт}$$

$$M_{e1} = \frac{19}{1,8 \cdot 108 \cdot 5} = 0,019 \text{ кг/шт}$$

Фондоемкость процесса определяется по формуле [4]:

$$F_e = \frac{C_6}{W_z \cdot T_{год}}, \quad (3.25)$$

где C_6 – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_{e0} = \frac{12100}{1 \cdot 108} = 112 \text{ руб./шт}$$

$$F_{e1} = \frac{9155}{1,8 \cdot 108} = 96,98 \text{ руб./шт}$$

Трудоемкость процесса находится из выражения [4]:

$$T_e = \frac{n_p}{W_z}, \quad (3.26)$$

где n_p – количество рабочих, чел.

$$T_{e1} = \frac{1}{1} = 1 \text{ чел. ч/шт}$$

$$T_{e1} = \frac{1}{1,8} = 0,55 \text{ чел. ч/шт}$$

Себестоимость работы определяется по формуле [4]:

$$S = C_{зп} + C_{э} + C_{рго} + A. \quad (3.27)$$

Затраты на заработную плату определяются по формуле [4]:

$$C_{зп} = Z \cdot T_e, \quad (3.28)$$

$$C_{зп0} = 84 \cdot 1 = 84 \text{ руб./шт}$$

$$C_{зп1} = 84 \cdot 0,55 = 46,2 \text{ руб./шт}$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле [4]:

$$C_{э} = C_{э} \cdot \Theta_{э}, \quad (3.29)$$

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

$\Theta_{э}$ - энергоёмкость процесса , кВт/шт

Энергоёмкость процесса определяется из выражения [4]:

$$\Theta_{э} = \frac{N_{э}}{W_z}, \quad (3.30)$$

где $N_{э}$ – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

W_z – часовая производительность конструкции; ед./ч.

$$\Theta_{э0} = \frac{2,2}{1} = 2,2 \text{ кВт/шт}$$

$$\Theta_{э1} = \frac{2,2}{1,8} = 1,22 \text{ кВт/шт}$$

$$C_{э0} = 2,81 \cdot 2,2 = 6,182 \text{ руб/кВт}$$

$$C_{э1} = 2,81 \cdot 1,22 = 3,42 \text{ руб/кВт},$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяются по ф-ле [4]:

$$C_{рто} = \frac{C_{б} \cdot H_{рто}}{100 \cdot W_{ч} \cdot T_{год}}, \quad (3.31)$$

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

$$C_{рто0} = \frac{12100 \cdot 8}{100 \cdot 1 \cdot 108} = 8,96 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$C_{рто1} = \frac{9155 \cdot 8}{100 \cdot 1,8 \cdot 108} = 3,76 \text{ тыс. руб./шт}$$

Амортизационные отчисления по конструкции опред-ся по формуле [4]:

$$A = \frac{C_{б} \cdot a}{100 \cdot W_{ч} \cdot T_{год}}, \quad (3.32)$$

где a – норма амортизации %.

$$A_0 = \frac{12100 \cdot 13}{100 \cdot 1 \cdot 108} = 14,56 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$A_1 = \frac{9155 \cdot 13}{100 \cdot 1,8 \cdot 108} = 6,12 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$S_0 = 84 + 6,182 + 8,96 + 14,56 = 113,702 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$S_1 = 46,2 + 3,42 + 3,76 + 6,12 = 59,5 \text{ тыс. руб./шт}$$

Приведенные затраты определяются по формуле [4]:

$$C_{\text{прив}} = S + E_n \cdot F_e = S + E_n \cdot k, \quad (3.33)$$

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

F_e – фондоемкость процесса, руб./ед;

k – удельные капитальные вложения, руб./ед.

$$C_{\text{прив}0} = 113,702 + 0,15 \cdot 112 = 130,502 \text{ тыс. руб./шт}$$

$$C_{\text{прив}1} = 59,5 + 0,15 \cdot 96 = 73,9 \text{ тыс. руб./шт}$$

Годовая экономия определяется по формуле [4]:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}. \quad (3.34)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (113,702 - 59,5) \cdot 1,8 \cdot 108 = 10536 \text{ тыс. руб}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле [4]:

$$E_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{год}} - E_n \cdot \Delta K$$

где ΔK – дополнительные капитальные вложения, руб. ($\Delta K = F \cdot e_1$)

$$E_{\text{год}} = 10536 - 0,15 \cdot 96,98 = 10521 \text{ тыс. руб}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле [4]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{61}}{\mathcal{E}_{\text{год}}}, \quad (3.35)$$

где C_{61} – балансовая стоимость спроектированной конструкции, руб.

$$T_{\text{ок}} = \frac{9155}{10536} = 0,86 \text{ года}$$

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

$$E_{\text{эф}} = \frac{\text{Э}_{\text{год}}}{C_{\text{б}}}. \quad (3.36)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{10536}{9155} = 1,15$$

Таблица 3.2 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций

№ пп	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект в % к базовому
1	Часовая производительность, ед/ч	1	1,8	180
2	Фондоемкость процесса, руб./ед	112	96,98	86,58
3	Энергоемкость процесса, кВт/ед	2,2	1,22	-
4	Металлоемкость процесса, кг/ед	0,046	0,019	41
5	Трудоемкость процесса, чел*ч/ед	1	0,55	55
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./ед	14,56	6,12	53
7	Уровень приведенных затрат, руб./ед	130,502	73,9	56
8	Годовая экономия, руб.	-	10536	-
9	Годовой экономический эффект, руб.	-	10521	-
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	-	0,86	-
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	-	1,15	-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня, когда основную долю себестоимости ремонта составляют расходы на новые запасные части и узлы, правильная организация восстановления и поверхностного упрочнения изношенных деталей позволяет существенно снизить затраты на ремонт, избежать дефицита новых запасных частей и, как следствие уменьшить время простоя техники, сократить сроки ремонта.

Предлагаемая технология восстановления гильзы цилиндров позволяет снизить себестоимость продукции и увеличить ресурс двигателей.

Предлагаемая конструкция устройства для вибронакатки позволяет существенно повысить качество восстанавливаемых поверхностей. Срок окупаемости капитальных вложений, от внедрения установки составляет 0,86 года, экономический эффект 10521 тыс. рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адигамов Н. Р., Кочедамов А. В., Гималтдинов И. Х. Методическое пособие к курсовому проекту по дисциплине «Технология ремонта машин»/под общ. ред. Адигамова Н. Р. – Казань: Издательство КГАУ, 2007, – 77с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя - М.: Машиностроение, 1980. т.2, - 559с.
3. Булгариев Г. Г., Абдрахманов Р. К., Валиев А. Р. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ. Казань: Изд-во КГАУ, 2008. – 61 с.
4. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: Колос, 1981. – 351 с.
5. Глухарев Е.Г., Зубарев Н.И., Зубчатые шлицевые соединения. 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1983. – 270 с
6. Гузенков П. Г. Детали машин: Учеб. для вузов. – 4-е изд, испр. М.: Высш. шк., 1986. – 359 с.: ил.
7. Гурвич И.Б. Износ и долговечность двигателей. Горький, Волго – Вятское кн. изд., 1970. – 176 с.
8. Кондратьев Г. И., Андреев Р. А. Восстановление деталей электролитическим хромированием. Методические указания к лабораторной работе. – Казань: Издательство КГСХА, 2005, – 19с.
9. Кондратьев Г. И. Курсовое проектирование по надежности машин (методические указания), Казань, 2002, 41с.
10. Контрольные приспособления: Прогрессивные средства контроля размеров в машиностроении/Б. А. Гипп, Ю. М. Конинберг, М. М. Каплун и др. – М.: Машгиз, 1960. – 336 с., илл.
11. Людаговский А.В. Газотермическое напыление покрытий / А.В. Людаговский – М. : РГОТУПС - 2006. – 43 с.

12. Матвеев В.А., Пустовалов И.И. Техническое нормирование ремонтных работ в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1979, 288 с., ил.

13. Микотин В. Я. Технология ремонта сельскохозяйственных машин и оборудования. – М.: Колос, 1997. – 367с.: илл.

14. Новиков В. С., Очковский Н. А., Тельнов Н. Ф., Ачкасов К. А. Проектирование технологических процессов восстановления изношенных деталей – М.: МГАУ, 1998. 52 с.

15. Пучин Е. А. Кушнарев Л. И., Петрищев Н. А. и др. Техническое обслуживание и ремонт тракторов. – 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 208с.

16. Серый И. С., Смелов А. П., Черкун В. Е. Курсовое и дипломное проектирование по надежности и ремонту машин. – М.: Агропромиздат, 1991, - 184 с.

17. Серый И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1987, - 367 с.

18. Таратута А.И., Сверчков А.А. Прогрессивные методы ремонта машин. Мн., «Ураджай», 1975. - 344 с.

19. Шариков Л. П. Охрана труда в малом бизнесе. Сервисное обслуживание автомобилей. Практическое пособие. – М.: изд-во Альфа-пресс, 2009. – 216 с.

20. Шевчук В.П. Трактор ДТ-175С . - М.: Агропромиздат, 1988, - 335с.

21. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. – СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2001. – 264 с

