

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
КАФЕДРА «Эксплуатация автомобильного транспорта»

Утверждаю:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Ю.В. Родионов  
(подпись, инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_ число \_\_\_\_\_ месяц \_\_\_\_\_ год

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к выпускной квалификационной работе на тему:

«Разработка устройства для восстановления шеек коленчатых валов виброду-  
говой наплавкой»

(наименование темы)

Автор выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_ А.В. Рябенков  
подпись инициалы, фамилия

Направление подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-  
технологических машин и комплексов»  
(наименование)

Обозначение 2069059 – 23.03.03 -2017 Группа ЭТМК-42

Руководитель работы \_\_\_\_\_ Ю.А. Захаров  
подпись, дата, инициалы, фамилия

Консультанты по разделам:  
технологический раздел \_\_\_\_\_ Ю.А. Захаров  
наименование раздела (подпись, дата, инициалы, фамилия)

экология и БЖД \_\_\_\_\_ Ю.А. Захаров  
наименование раздела (подпись, дата, инициалы, фамилия)

экономика \_\_\_\_\_ Р.Н. Москвин  
наименование раздела (подпись, дата, инициалы, фамилия)

по графической части \_\_\_\_\_ Ю.А. Захаров  
наименование раздела (подпись, дата, инициалы, фамилия)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Ю.А. Захаров

Пенза 2017 г.



## II. Содержание пояснительной записки

Аннотация

Введение

1 Современное состояние рассматриваемого вопроса

2 Устройство для восстановления шеек коленчатых валов

3 Безопасность жизнедеятельности на производстве

4 Экономическая эффективность работы

Заключение

Библиографический список

Содержание

## III. Перечень графического материала:

1. Дефекты коленчатых валов и способы их устранения.
2. Способы наплавки.
3. Существующие конструкции устройств для восстановления шеек коленчатых валов
4. Установка для восстановления шеек коленчатых валов.
5. Рабочие чертежи деталей.
6. Основные факторы.
7. Экономическая эффективность.

Руководитель работы \_\_\_\_\_ Ю.А. Захаров  
*подпись* *дата* *инициалы, фамилия*

## Консультанты по разделам:

<u>Технологический раздел</u>	_____	<u>Ю.А. Захаров</u>
<u>Экология и БЖД</u>	_____	<u>Ю.А. Захаров</u>
<u>Экономика</u>	_____	<u>Р.Н. Москвин</u>
<u>Графическая часть</u>	_____	<u>Ю.А. Захаров</u>

Задание принял к исполнению Рябенков Александр Владимирович \_\_\_\_\_  
*(Ф.И.О. студента)*

## **АННОТАЦИЯ**

Выпускная квалификационная работа представлена расчетно-пояснительной запиской на 75 страницах печатного текста, содержащей 4 раздела и графической части, выполненной на 7 листах формата А1.

В первой части работы сделан анализ основных дефектов коленчатых валов ДВС и способов их устранения. Сделано заключение о наиболее значимых дефектах.

Рассмотрены существующие конструкции подобных устройств и их недостатки. Предложены пути решения этой проблемы.

Во второй, конструктивной, части работы дано обоснование конструкции проектируемой установки, подробное описание ее устройства, методики работы и основных преимуществ.

Произведены инженерные расчеты привода и деталей станда, разработан технологический процесс втулки крепления вала установки.

В третьей части работы приведены мероприятия по обеспечению БЖД человека, включающие в себя организацию работы по обеспечению безопасности жизнедеятельности, анализ производственного травматизма, обучение обеспечению БЖД, противопожарную безопасность, технику безопасности при работе на станде и т.д. Выполнены необходимые уточняющие расчеты.

В четвертой, экономической, части дается расчет стоимости дополнительных капитальных вложений, определяется себестоимость изготовления устройства для восстановления шеек коленчатых валов, рассчитывается экономический эффект от внедрения в производство предлагаемой конструкции.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Развитие производственного сектора, увеличение объемов перевозок, необходимость выполнения работ в определенные сроки предъявляют повышенные требования по технической готовности машинного парка.

Постоянно растущая потребность в ремонтах автомобилей и их агрегатов, изменения их конструкций и конструкции технологического оборудования, а также постоянное совершенствование технологии ремонта машин требуют непрерывного совершенствования ремонтной базы в автохозяйствах, строительства новых и реконструкции существующих ремонтных предприятий.

Система проектирования ремонтных предприятий призвана исключить возможность применения не эффективных технологий строительства, экономически не эффективных предприятий и обеспечить строгое обоснование организационных, технических и технологических параметров ремонтных предприятий.

Улучшение качества ремонтных работ можно добиться увеличением объемов работ, применение современного оборудования, современной технологии, высококвалифицированных работников, а так же путем модернизации устаревшего ремонтно-технологического оборудования, улучшение организации труда, лучшей компоновкой участков и организации рабочих мест, строгим соблюдением прогрессивных технологий ремонта.

Мы предлагаем разработку устройства для восстановления коренных и шатунных шеек коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания любых автомобилей путем вибродуговой наплавки слоя металла на изношенные поверхности.

Это позволит поддерживать ремонтный фонд хозяйств и предприятий путем организации на неиспользуемых производственных площадях участка для восстановления шеек коленчатых валов ДВС.

При этом предполагается устанавливать на этом участке усовершенствованную конструкцию установки для наплавки шеек коленвалов.

**Целью** предлагаемого проекта является разработка устройства для восстановления шеек коленчатых валов вибродуговой наплавкой.

Так как восстановление работоспособности и ресурса деталей машин всегда будет являться актуальной задачей, то и выбранная тема ВКР - актуальна.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

1. Проанализировать современное состояние вопроса.
2. Изучить существующие конструкции устройства для восстановления валов наплавкой.
3. Предложить новую конструкцию устройства для восстановления шеек коленчатых валов вибродуговой наплавкой.
4. Привести описание мероприятий обеспечения БЖД.
5. Произвести технико-экономическую оценку работы.

## **1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАССМАТРИВАЕМОГО ВОПРОСА**

## 1.1 Основные дефекты коленчатых валов и способы их устранения

Коленчатый вал – наиболее ответственная, наиболее нагруженная и дорогостоящая деталь двигателя.

Коленвал работает в крайне неблагоприятных условиях: на него действуют ударные динамические нагрузки, силы трения, неуравновешенные моменты, крутильные колебания и вибрации, высокие температуры, статические нагрузки от сопрягаемых деталей. Именно коленчатый вал принимает на себя все недостатки сборки двигателя.

Дефекты геометрии блока или шатунов в первую очередь скажутся на ресурсе коленчатого вала. Однако, несмотря на столь высокие требования к этой детали, качественный коленчатый вал при условии грамотной сборки двигателя обладает прекрасным ресурсом. В этом проявляется рациональность и высокий запас надежности советских конструкций дизелей машин.

При приобретении коленчатого вала перед сборкой двигателя покупатель имеет право проверить полностью коленчатый вал перед установкой в двигатель. Такая проверка может проводиться на ремонтном предприятии, в шлифовальной мастерской, на заводе.

Большинство изношенных валов имеют прогиб, значение которого контролируют при установке их крайними коренными шейками на призмы индикатором, который закреплен на штативе. Вал поворачивают в призмах вручную, наблюдая за показаниями индикатора. Разность между крайними показаниями индикатора за один оборот коленчатого вала представляет собой значение прогиба. Если прогиб превышает значение, указанное в технических условиях, то его устраняют правкой. Если значение прогиба меньше, то вал не правят, а шлифуют под ремонтный размер.

Таблица 1.1 Основные дефекты коленчатых валов и способы их устранения

Дефект	Способ устранения
Износ коренных и шатунных шеек; овальность, конусность, задиры посадочных мест под распределительную шестерню, шкив и маховик	Шлифование под ремонтный размер. Нанесение покрытий электродуговой наплавкой, электроконтактной приваркой ленты, газотермическим напылением порошковых материалов. Наплавка с последующим обтачиванием и шлифованием, электроконтактная приварка ленты с последующим шлифованием
Износ маслосгонной резьбы	Углубление резьбы резцом и шлифование шейки до выведения следов износа
Износ шпоночных канавок. Износ посадочного места наружного кольца шарикоподшипника в торце вала	Фрезерование под увеличенный размер шпонок, новой шпоночной канавки; наплавка с последующим фрезерованием шпоночной канавки. Растачивание посадочного места, запрессовка втулки с последующим растачиванием, наплавка с последующим растачиванием
Износ отверстий под штифты крепления маховика	Развертывание под ремонтный размер
Износ резьбы	Растачивание или зенкерование с последующим нарезанием резьбы увеличенного размера, углубление резьбовых отверстий с последующим нарезанием такой же резьбы под удлиненные болты (пробки)
Скручивание вала (нарушение расположения кривошипов)	Шлифование шеек под ремонтный размер с последующей балансировкой, наплавка шеек с последующим обтачиванием, шлифованием и балансировкой
Торцевое биение фланца маховика	Подрезание торца фланца на токарном станке с последующей балансировкой
Изгиб вала: до 0,15...0,2 мм до 0,2... 1,2 мм Трещины	Шлифование шеек под ремонтный размер. Правка под прессом или чеканка шеек Шлифование шеек под ремонтный размер, разделка трещин с помощью абразивного инструмента.
Коррозия трущихся поверхностей	Зачистка шлифовальной шкуркой, шлифование и полирование

**Правка вала методом статического изгиба.** При данном методе

правку проводят на гидравлических прессах путем нагружения и разгружения вала. В зависимости от прогиба и опыта правильщиков зависит число нагружений, их величина и направление. Процесс нагружения повторяют до тех пор, пока прогиб оси вала не станет меньше допустимого. Недостаток данного метода — это снижение усталостной прочности и пластичности вала, так как в зоне галтелей шатунных шеек могут развиваться старые и зарождаться новые микро- и макротрещины, а также возможен возврат прогиба.

**Правка вала методом чеканки.** Этот метод наиболее успешно следует применять для правки валов двигателей с рядным расположением цилиндров, имеющих аварийные прогибы до 0,75 мм (биение 1,5 мм). Снижение усталостной прочности не наблюдается, сохраняется высокая стабильность формы детали в эксплуатации.

Чеканку галтелей выполняют клепальным пневматическим молотком КМП-14М или ручным слесарным молотком массой 0,8 кг со специальными бойками, размеры которых должны соответствовать размерам галтелей. Перед чеканкой у вала определяют место и направление наибольшего изгиба, после чего его устанавливают на призмы максимальным прогибом вниз.

Если максимальное биение находится в области третьей коренной шейки в плоскости кривошипа, то выполняют чеканку галтелей первой и второй шеек в зоне перекрытия коренной и шатунной шеек на дуге 40...50°. После чего проводят контроль биения вала. Если значение биения выше допустимого, то необходимо: чеканить галтели третьей и четвертой шеек; контроль биения; чеканить галтели пятой и шестой шеек. При биении коленчатого вала больше 0,8 мм чеканку проводят неоднократно в указанной последовательности.

Когда максимальный прогиб находится в плоскости, перпендикулярной кривошипам, правку вала осуществляют чеканкой двух симметрично расположенных галтелей относительно выпрямляемой шейки. Участок наклепа располагается под углом 45° к плоскости кривошипа.

Коленчатые валы шлифуют под ремонтный или номинальный размеры. Шлифование под ремонтный размер чаще всего выполняют в одну операцию. Величина износа шеек определяет ремонтный размер шеек, выбор которого проводится в соответствии с техническими условиями.

Для шлифования шеек применяют универсальные шлифовальные станки 3А423 и 3В423. Сначала шлифуют коренные шейки и другие поверхности, находящиеся на одной с ними оси, а затем шатунные. Шейки вала шлифуют электрокорундовыми на керамической связке шлифовальными кругами зернистостью 16...60 мкм.

Перед шлифованием шлифовальный круг правят алмазным карандашом, закрепленным в оправке, при обильном охлаждении эмульсией. Цилиндрическую часть круга правят, перемещая алмазный карандаш в горизонтальной плоскости, а галтели — качанием оправки с карандашом в этой же плоскости. Боковые плоскости круга обрабатывают до требуемой ширины при поперечной подаче шлифовального круга. Шлифовальные круги рекомендуется править после шлифования одного-двух коленчатых валов.

Базовыми поверхностями при шлифовании коренных шеек являются центровые отверстия. Шлифование шатунных шеек проводят на другом станке, оборудованном центросместителями, обеспечивающими совпадение осей шатунных шеек с осью вращения станка.

Крайние коренные шейки коленчатого вала закрепляют в патрон центросместителя, предварительно установленного на требуемый радиус кривошипа, что обеспечивает погрешность базирования не более 0,03 мм. Затем шатунные шейки выставляются только в горизонтальной плоскости. Предварительно шлифуемую шейку выставляют призмой, окончательно — индикаторным устройством. Показание индикатора равняется половине припуска на шлифование. При окончательно отшлифованной шейке индикатор устанавливается на «ноль».

Припуск на шлифование оставляют в пределах 0,3...0,5 мм на сторону. В каждом конкретном случае режимы шлифования уточняются в зависимо-

сти от жесткости коленчатого вала.

### *Режимы шлифования*

Окружная скорость:

шлифовального круга, м/с.....	25...35
шлифуемой поверхности, м/мин.....	18...25 (коренные шейки) 7...12 (шатунные шейки)

Поперечная подача круга, м/м

черновое шлифование.....	0,02...0,03
чистое шлифование.....	0.003...0,006

Продольная подача, мм/об.....7... 11

Для предотвращения появления микротрещин при шлифовании применяют обильное охлаждение. Струя охлаждающей жидкости должна полностью покрывать рабочую поверхность шлифовального круга. В качестве охлаждающей жидкости используют эмульсию (10 г эмульсионного масла на 1 л воды).

Когда полностью использованы предусмотренные конструкторами межремонтные размеры, что соответствует максимальному накоплению усталостных напряжений, на изношенные шейки коленчатого вала наносят металлопокрытия. Усталостные напряжения возникают из-за неравномерного износа шеек, кратковременных перегрузок двигателя, неравномерной подачи топлива к цилиндрам, смещения опор блока в связи со старением металла. Предел выносливости у таких коленчатых валов снижается на 20...25% по сравнению с новыми.

Зона накопления усталостных повреждений у карбюраторных двигателей находится в центральной части шеек (щеки значительно прочнее шеек) в зоне маслопроводящих отверстий, у дизельных — в зоне перехода галтели в щеки вала. Основной опасной нагрузкой для дизельных двигателей считают изгибающий момент (разрушение вала по щекам), а для карбюраторных — крутящий (разрушение вала по шейкам).

При перешлифовках валов карбюраторных двигателей удаляются поверхностные слои шеек с накопившимися усталостными повреждениями, а их наращивание приводит к разгрузке наиболее напряженных слоев металла, что способствует восстановлению их ресурса. Для коленчатых валов дизельных двигателей перешлифовкой полностью удалить напряжение и предельно разрушенные слои металлов в зоне галтелей практически невозможно, поэтому их ресурс восстановить не удастся.

Более 85 % объема восстановления шеек коленчатого вала выполняются сварочно-наплавочными методами.

Изошенные поверхности под шкив и шестерни наращивают на наплавочном станке У-651У4 или натокарно-винторезном, оснащем наплавочной головкой ОКС-6569, электродуговой наплавкой проволоки 18ХГС или 30ХГС диаметром 1,0... 1,5 мм в среде углекислого газа. После наплавки проверяют состояние центровых отверстий. Видимые забоины, вмятины и следы коррозии исправляют растачиванием на токарно-винторезном станке типа 1М63 или 16К20. Для этого вал зажимают в патроне за первую коренную шейку, а под крайнюю устанавливают люнет. Затем выверяют вал и добиваются, чтобы биение коренной шейки было не более 0,03 мм. Исправляют центровое отверстие протачиванием до выведения следов износа.

Для исправления второго центрального отверстия вал зажимают в патроне за поверхность под шестерню коленчатого вала, а люнет устанавливают под первую коренную шейку и поджимают вращающимся центром. Наплавленные поверхности протачивают на станке типа 1М63 с применением резцов с твердосплавными пластинами марки ТК. Шлифование обработанных поверхностей проводят на круглошлифовальных станках типа ЗБ161.

Шпоночный паз заваривают в среде углекислого газа и наплавляют всю шейку вала проволокой 08Г2С или 08ГС толщиной 0,8... 1,2 мм на полуавтомате А-547У или ЦЦГ-301 для дуговой сварки. Паз заваривают на всю глубину с превышением наплавленного слоя над остальной поверхностью примерно на 1 мм. Фрезеруют шпоночные пазы на горизонтально-фрезерном

станке типа 6Р82Г. Для точного размещения и обработки паза применяют специальное приспособление. Контролируют положение паза относительно диаметральной плоскости и угловое смещение относительно оси первого кривошипа.

Для упрочнения валов применяют накатывание галтелей роликами из твердосплава. Накатные устройства должны обеспечивать пневматическое, гидравлическое или пневмогидравлическое статическое (безударное) нагружение роликов и иметь автоматический регулятор давления для поддержания постоянного усилия накатывания требуемой величины. Подвод роликов, достижение требуемых усилий накатывания, а также снятие нагрузки (отвод роликов) следует осуществлять плавно при вращающемся коленчатом вале. Накатывание неподвижного вала вращающимися накатными устройствами не рекомендуется, так как это ведет к фиксации прогиба от собственного веса. Прекращение вращения вала в процессе накатывания не допускается. В процессе накатывания упрочняемая поверхность галтелей должна смазываться жидким машинным маслом (93...95%) в смеси с олеиновой кислотой (5...7%). Смазывающая жидкость не должна содержать металлических или абразивных примесей.

Частота вращения коленчатого вала должна быть в пределах 40...60 мин<sup>-1</sup>; давление роликов на галтели — 8000...8500 Н/м<sup>2</sup>; время упрочнения (обкатки) — 0,12...0,18 мин; полное упрочнение галтелей на всех шатунных шейках выполняют за 2,5...3,0 мин.

Галтели коленчатых валов обрабатывают по схеме «на врезание» (рис. 1.1, а); обкатывают с помощью устройства (рис. 1.1, б), позволяющего применять деформирующие ролики минимального диаметра и снижать тем самым силу обкатывания.

Деформирующие конические ролики 1 размещены в сепараторе 2 и контактируют с опорным конусом 3, смонтированным в корпусе 4. Для предотвращения одностороннего нагружения коленчатого вала служат два поддерживающих ролика 5, каждый из которых опирается на два ролико-

подшипника 6, расположенных в нижней головке 7.

Деформирующие и поддерживающие головки устанавливают в нагружающем устройстве клещевого типа, смонтированном на токарном станке, например 1К62. Сила деформирования создается гидроцилиндром, воздействующим на рычаги клещевого устройства.

На упрочнение не оказывают влияние отклонения линейных размеров шеек, а рабочая и опорная части деформирующих роликов разделены, чем существенно повышается их долговечность.

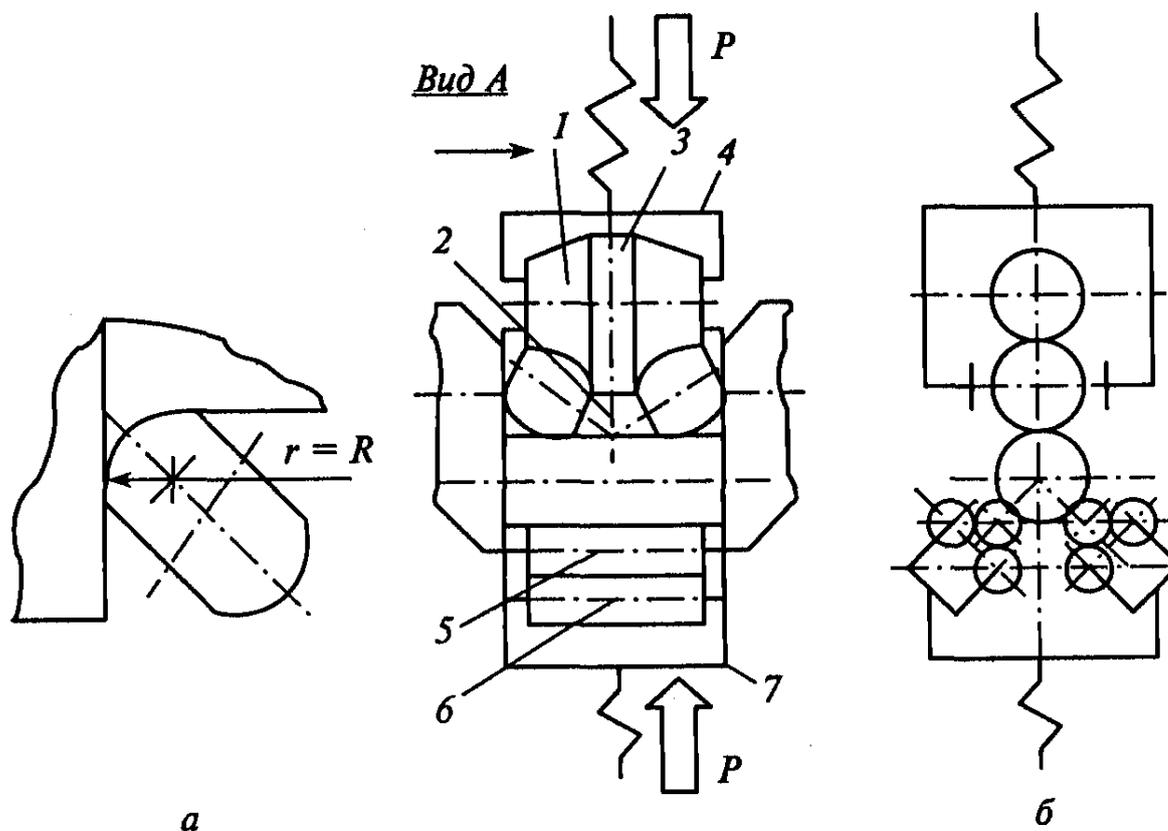


Рис. 1.1 Схема обкатывания галтелей:

*a* — по схеме «врезание»; *б* — устройство для обкатки

Диаметр деформирующего ролика — 12 мм, угол конуса —  $25^\circ$ , угол опорного конуса —  $46^\circ$ . Радиусы закругления ролика соответствуют минимально допустимым радиусам галтелям. Для предотвращения остаточного деформирования вала обкатывание производят в три-четыре перехода (по несколько шеек в каждом переходе). Силу в каждом переходе создают таким

образом, чтобы деформация вала, образовавшаяся за предыдущий переход, компенсировалась при последующем переходе. В результате достигается точность коренных шеек 0,01 ... 0,03 мм, не требуется холодная правка вала, а их сопротивление усталости повышается на 55... 75 %.

**Полирование** шеек коленчатого вала алмазными лентами. Полирование производят на специальном станке одновременно всех коренных и шатунных шеек. Станок обеспечивает вращательное и возвратно-поступательное (колебательное) движения обрабатываемого вала и прижим с регламентированной силой. Постоянный контакт инструментов и детали обеспечивается за счет синхронного вращения копиров и обрабатываемого вала. Нарезанные кусочки алмазной ленты наклеиваются на башмаки с дугообразной рабочей частью. Радиальная сила прижима инструмента к шейке вала создается пружиной. При полировании необходимо обеспечивать постоянный подвод СОЖ в зону обработки.

Режим полирования: частота вращения вала —  $0,8 \text{ с}^{-1}$ ; сила прижима инструмента — 120 Н; амплитуда колебаний — 4 мм; частота колебаний -  $0,5 \text{ с}^{-1}$ ; СОЖ - ОСМ-1.

**Полирование шеек коленчатого вала пастами.** В качестве полирующего материала применяют пасту ГОИ или алмазную пасту. Давление полировальных хомутов на шейки вала должно быть в пределах  $100... 120 \text{ Н/м}^2$ . Продолжительность полировки при частоте вращения коленчатого вала  $150 \text{ мин}^{-1}$  составляет 3...5 мин.

**Суперфиниширование.** Для доводки шеек вместо полирования применяют также суперфиниширование. Суперфиниширование выполняют головкой, оснащенной абразивными брусками, на специальном полуавтомате 3875К. Зернистость брусков 4...8. В качестве СОЖ используют смесь керосина с маслом или жидкость ОСМ-1. Шероховатость после обработки составляет  $R_{a0,1}^{0,3}$ .

Суперфиниширование выравнивает точность размеров, а также снижа-

ет шероховатость шеек, вызванную неоднородностью условий предшествующей обработки. При шлифовании валов под суперфиниширование оставляют припуск 0,005 мм.

Уравновешивание коленчатых валов нарушается вследствие износа трущихся поверхностей (при эксплуатации), неравномерном наращивании изношенных поверхностей и механической обработке. Увеличенный в результате этого дисбаланс приводит к дополнительным вибрациям, ухудшающим работу двигателя. Уравновешенность вала достигается либо сверлением отверстий, либо фрезерованием щек. Балансировку коленчатых валов проводят на станке КИ-4274.

Наплавка – эффективный способ восстановления этих деталей. Но из-за их конструкции технология имеет некоторые особенности, которые мы подробно рассмотрим в этой работе.

Это один из способов нанесения металлического слоя на поверхность детали путем расплавления реставрационного материала ручной, газовой либо автоматической сваркой. Применяется наплавка в различных целях, но главное ее предназначение – восстановление изношенных деталей и их геометрических размеров. Иногда эту операцию проводят и для повышения качества материала, например, когда хотят улучшить коррозионную стойкость, повысить износостойчивость, твердость, жаростойкость и т. д.

Огромную роль играет качество шва, ведь, по сути, он и определяет конечный результат. Дефекты в виде пор, трещин и разных включений недопустимы.

Также необходимо придерживаться следующих правил:

1. Смешивание основного и присадочного материала должно быть минимальным.
2. Чем меньше будет сварочная ванна, тем лучше.
3. Припуски на последующую обработку должны находиться в строго заданных пределах.
4. Следует свести к минимуму напряжения и остаточные деформации в

изделии.



Рис. 1.2 Нанесение металлического слоя на поверхность детали

Для восстановления цилиндрических поверхностей допускается использование любого вида наплавки, но большей популярностью пользуется электродуговая и электрошлаковая технология. Первая может осуществляться открытой дугой в среде защитных газов или под слоем флюса. Каждый из этих способов имеет свои плюсы и минусы. Например, при наплавке открытой дугой не нужна специальная защита сварочной ванны. В среде защитных газов или под флюсом, получается, задавать свойства шва.

**Наплавку электродами** можно выполнять во всех пространственных положениях. Она выполняется путем последовательного наложения валиков, наплавляемых при расплавлении электрода, на поверхность изделия. Наплавляемая поверхность при этом должна быть чистой (зачищена до металлического блеска). Поверхность каждого наложенного валика и место для наложения следующего валика также тщательно зачищают от шлака, окалина и брызг. Для получения сплошного монолитного слоя наплавленного металла каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на  $1/3$  —

1/2своей ширины.

Толщина однослойной наплавки составляет 3—6 мм. Если необходимо наплавить слой толщиной более 6 мм, перпендикулярно первому наплавляют второй слой валиков. При этом первый слой валиков должен быть тщательно очищен от брызг, окалины, шлаковых включений и других загрязнений.



Рис. 1.3 Электродуговой метод наплавки

Недостатком электродугового метода можно назвать деформацию изделия из-за значительного нагрева. Также после наплавки деталь подвергается закалке, а это может спровоцировать появление горячих трещин. К тому же не обойтись без дополнительной термической обработки. Очень часто износ незначительный, а толщина наплавленного слоя составляет несколько миллиметров, и чтобы изделие соответствовало заданным размерам, потребуется дальнейшая механическая обработка.

Отдав предпочтение **вибродуговой** наплавке можно рассчитывать на высокую производительность, а поверхность получается достаточно твердой

даже без последующей термической обработки. По сути, это один из видов электродуговой сварки. Ее особенность – вибрирующий электрод с частотой от 20 до 100 Гц. Этим способом восстанавливают валы диаметром от 8 и до 200 мм.



Рис. 1.4 Вибродуговая наплавка

**Электрошлаковая наплавка (ЭШН)** отличается высокой производительностью. Отдав предпочтение этому способу, получится обеспечить химическую однородность плакирующего слоя. Он будет иметь и одинаковую структуру на всей площади, что гарантирует равномерный износ детали. Также появляется возможность варьировать геометрию и химический состав шва в широких пределах. К недостаткам следует отнести такие особенности:

- возможность наплавки валов только в одном положении;
  - процесс нельзя прерывать;
  - материал шва имеет крупнозернистую структуру;
- необходимость в изготовлении технологической оснастки.



Рис. 1.5 Электрошлаковая наплавка

### **Дуговая наплавка под флюсом.**

По способу выполнения может быть автоматической или полуавтоматической, а по количеству применяемых проволок — одноэлектродной и многоэлектродной.

Применяемые для наплавки под флюсом наплавочные проволоки по конструкции разделяют на сплошные и порошковые, а по форме — на круглые и ленточные.

Дуговая наплавка в защитных газах вольфрамовым (неплавящимся) и проволочным металлическим (плавящимся) электродом.

Для защиты дуги используют аргон, азот, водород и углекислый газ. Производительность труда при наплавке оценивают массой или площадью (размерами) наплавленного металла.

### **Плазменная наплавка.**

При плазменной наплавке источником тепла является высокотемпературная сжатая дуга, получаемая в специальных горелках. Большое применение получили плазменные горелки с дугой прямого действия, горящей между неплавящимся вольфрамовым электродом и наплавляемым изделием. Иногда применяют горелки комбинированного типа, в которых от одного электрода одновременно горят две дуги - прямого и косвенного действия.

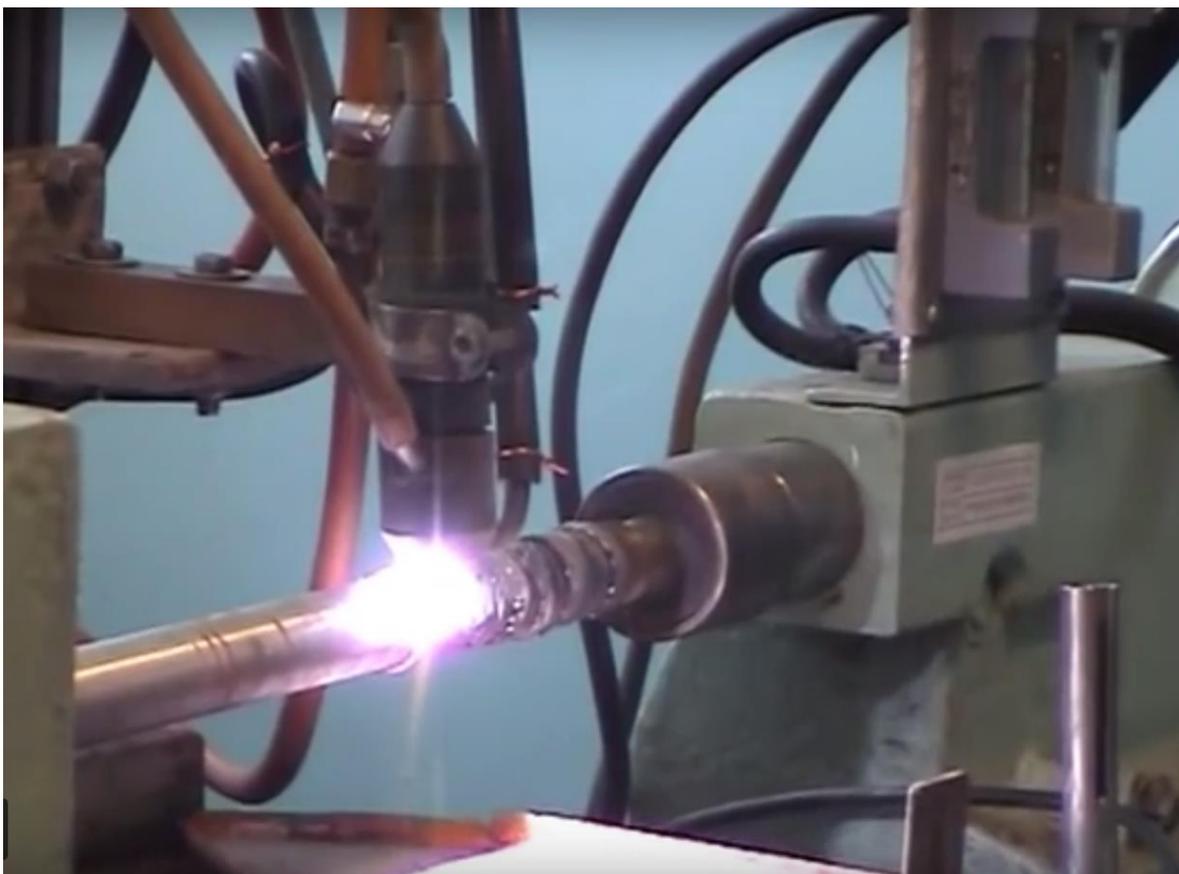


Рис. 1.6 Плазменная наплавка

Присадочным материалом при этом способе наплавки служит проволока, лента, порошок и пр.

Практический интерес представляет, прежде всего, наплавка с присадкой мелкозернистого порошка. В этом случае применяется плазменная горелка комбинированного типа.

Порошок при помощи транспортирующего газа подается из питателя в горелку и там вдувается в дугу.

За время пребывания в дуге большая часть порошка успевает расплавиться, так что на наплавляемую поверхность попадают уже капельки жидкого присадочного материала.

### **Наплавка открытой дугой.**

Для этой цели применяют порошковую проволоку с внутренней защитой, которая позволяет расширить область применения механизированной износостойкой наплавки. При наплавке этой проволокой применение флюса или защитного газа не требуется, поэтому способ отличается простотой и маневренностью и создается возможность восстановления деталей сложной формы, глубоких внутренних поверхностей, деталей малых диаметров и пр. В настоящее время имеются различные конструкции аппаратуры, а также разработана технология упрочнения деталей широкой номенклатуры. Расход проволоки составляет 1,15—1,35 кг на 1 кг наплавленного металла. Производительность при полуавтоматической наплавке повышается в 2—3 раза по сравнению с наплавкой штучными электродами.



Рис.1.7 Наплавка открытой дугой порошковой проволокой



Рис.1.8 Порошковая проволока

### **Технология наплавки.**

Перед началом наплавки устанавливают высоту наплавочного слоя. Перед наплавкой, как и перед сваркой, поверхность, подлежащая наплавке, должна быть очищена от грязи, ржавчины, окалины, масла и влаги. При наложении первого слоя наплавки стремятся каждый предыдущий валик перекрывать на 25—30% его ширины, сохраняя при этом постоянство его высоты. При необходимости увеличить высоту наплавочного валика, производят наплавку следующего валика, очистив перед наплавкой наплавленный слой от неметаллических включений и шлака, образованных при наложении предыдущего слоя.

В зависимости от марки металла наплавка может производиться без подогрева изделия и с предварительным подогревом. Основными требованиями, предъявляемыми к качеству наплавки, являются: надежное сплавление основного металла с наплавленным; отсутствие дефектов в наплавленном металле; идентичность свойств наплавленного металла. Надежное сплавление наплавки с основным металлом обеспечивается подбором силы тока, что для наплавочных установок с постоянной скоростью подачи электрода соответствует подбору скорости подачи проволоки или ленты.

## 1.2 Сравнительный анализ существующих моделей

Рациональные методы восстановления изношенных деталей – эффективный путь удешевления ремонта. Среди таких методов широкое распространение получил метод вибродуговой наплавки.

Наплавка – это нанесение слоя металла на поверхность заготовки или изделия посредством сварки плавлением. Различают сварку восстановительную и изготовительную. При ремонтных работах любых видов техники в основном используется восстановительная наплавка. Восстановительная наплавка применяется для получения первоначальных размеров изношенных или поврежденных деталей. В этом случае наплавленный металл близок по составу и механическим свойствам основному металлу. Наиболее широко наплавка применяется при ремонтных работах по восстановлению корпусных деталей различных двигателей внутреннего сгорания, распределительных и коленчатых валов, клапанов, шкивов, маховиков, ступиц колес и т. д. Наплавку можно производить почти всеми известными способами сварки плавлением. Важнейшие требования, предъявляемые к наплавке, заключаются в следующем:

– минимальное проплавление основного металла; – минимальное значение остаточных напряжений и деформации металла в зоне наплавки; – снижение до приемлемых значений припусков на последующую обработку деталей. Выбор способа наплавки определяется возможностью получения наплавленного слоя требуемого состава и механических свойств, а также характером и допустимой величиной износа. На выбор способа наплавки оказывают влияние размеры и конфигурация деталей, производительность и доля основного металла в наплавленном слое.

Основные виды наплавки: аргонно-дуговая неплавящимся электродом, плавящимся электродом в защитном газе, ручная дуговая покрытыми электродами, дуговая самозащитной проволокой, плазменная порошковой. Ручная дуговая наплавка штучными электродами является наиболее универсальным

способом, пригодным для наплавки деталей различных сложных форм, и может выполняться в различных пространственных положениях. Для наплавки используют электроды диаметром 3–6 мм. Для обеспечения минимального проплавления основного металла при достаточной устойчивости дуги плотность тока составляет 11–12 А/мм. Основными достоинствами ручной дуговой наплавки являются универсальность и возможность выполнения сложных наплавочных работ в труднодоступных местах. Для выполнения ручной дуговой наплавки используется обычное оборудование сварочного поста. К недостаткам ручной дуговой наплавки можно отнести относительно низкую производительность, тяжелые условия труда из-за повышенной загазованности зоны наплавки, а также сложность получения необходимого качества наплавленного слоя и большое проплавление основного металла. Для ручной дуговой наплавки применяют как специальные наплавочные электроды, так и обычные сварочные, предназначенные для сварки легированных сталей. Выбор электрода для наплавки определяется составом основного металла. Для восстановления размеров изношенных деталей помимо электродов и присадочных прутков применяют наплавочные проволоки. Для износостойкой наплавки широкое применение находят порошковые проволоки, например, для наплавки деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками.

При наплавке неплавящимися электродами применяются литые присадочные прутки. Для плазменной наплавки комбинированной дугой вольфрамовым электродом широко применяются наплавочные порошки. Порошки изготавливаются на основе железа, никеля и кобальта. В качестве источников плазменной дуги при наплавочных работах чаще всего применяются серийные выпрямители. При электродуговой наплавке в качестве источников питания могут быть использованы и сварочные трансформаторы. Для реконструкции или реставрации цилиндрических как внутренних, так и наружных поверхностей, существует несколько различных модификаций сварочных наплавочных аппаратов, но они, в основном, узкоспециализированы по спо-

собу наплавки или применяемому расходному материалу. Наплавочная головка ОКС-6569М-ГОСНИТИ устанавливается на суппорт токарного станка вместо резцедержателя. Уменьшение скорости подачи осуществляется редуктором типа РЧН-120. В качестве источника сварочного тока используется сварочный выпрямитель ВДУ-506 УЗ. На этом станке можно производить наплавочные работы на цилиндрических деталях сварочной проволокой в среде защитных газов, с вибрацией и без нее, под слоем флюса, при установке дополнительного бункера, а также можно дополнительно применять охлаждение зоны шва водой. Бункер под флюс и подача воды – отдельные системы, независимые от работы головки. Скорость подачи проволоки регулируется ступенчато, заменой шестерен редуктора. Амплитуда колебания электрода 0–2,4 мм, частота постоянна – 75 раз в секунду.

На кафедре «Технический сервис» инженерного факультета Нижегородского государственного инженерно-экономического института создан и запущен в работу наплавочный станок, созданный по характеристикам станка ОКС-6569М-ГОСНИТИ. В отличие от промышленной наплавочной головки была создана собственная конструкция, обладающая теми же возможностями, а по некоторым характеристикам более совершенная. Имеется возможность плавной регулировки подачи сварочной проволоки без реконструкции головки. Регулировка амплитуды осуществляется в пределах 0–3 мм, а частота колебания горелки 0–120 раз в секунду. Все это было осуществлено на базе сварочного полуавтомата ПДГ-250-3 и разработанного привода горелки. Привод вибрации горелки осуществляется эксцентриковым механизмом с плавной регулировкой частоты. Амплитуда вибрации также регулируется. Изменение входной скорости привода станка осуществлено через коробку перемены передач автомобиля ГАЗ-51.

Этот станок можно считать наплавочным автоматом. На данном станке можно выполнять наплавочные сварочные работы внутренних и наружных цилиндрических поверхностей диаметром от 10 до 150 мм. Наплавка производится сварочной проволокой различных марок в режимах с вибраци-

ей или без нее и в защитном газе. Также можно дополнительно установить системы подачи флюса и охлаждающей жидкости в сварочную зону. Все эти усовершенствования позволяют получить более качественное выполнение наплавочных работ.

Порядок работы на станке. Включается сварочный полуавтомат ПДГ-250-3 согласно технического описания и инструкции по его эксплуатации, предварительно устанавливается сварочная проволока требуемой марки в кассету. Устанавливается требуемое расстояние от электрода до детали при помощи ограничительного опорного винта. Выбирается требуемый сварочный ток и скорость подачи проволоки. При необходимости согласно технологических требований включается вибрация горелки, подача защитного газа, флюса и охлаждающей жидкости. Электрод устанавливается в стартовую позицию. Включается токарный станок с выбранной скоростью подачи и движения суппорта, одновременно с включением наплавки кнопкой, находящейся на ручке сварочной головки.

Наплавочная зона контролируется визуально. Режим наплавки по окончании работы или при необходимости останавливается отпусканием кнопки «ПУСК». Если наплавочная головка ОКС-6569М устанавливается на базу токарного станка на место резцедержателя, то наша головка расположена вместе с ним, на одном суппорте, имеет те же передвижные возможности. Сохранив суппорт с резцедержателем, базовую скорость привода станка, у нас осталась возможность использовать токарный станок по прямому назначению, т. е. за одну установку детали в патрон производить наплавку и токарную обработку. В резцедержатель можно сконструировать и установить обдирочную подсистему с наждачным кругом, это позволит получить дополнительную экономию против использования дорогостоящих резцов повышенной прочности. Применение этого станка сокращает время работы с деталью и повышает точность ее восстановления, также токарный станок можно использовать по прямому назначению, что сокращает требуемую рабочую зону мастерской.

Опыт применения вибродуговой наплавки показал, что этот метод прост, не требует дефицитных материалов, позволяет наплавлять на детали диаметром от 8 мм и выше слой металла толщиной 0,5-4,0 мм. При этом деталь не испытывает деформаций, а твердость слоя может быть доведена до HRC 50-58 без последующей термической обработки.

В последние годы вместе с наплавкой в жидкости применяют вибродуговую наплавку в других средах: под флюсом, в среде углекислого газа, в потоке воздуха, пара, пены, а также двухэлектродную наплавку и наплавку с использованием ультразвука.

Наибольшего качества восстановления деталей можно добиться при вибродуговой наплавке порошковой проволокой, использование которой позволяет устранить ряд неудобств возникающих при применении других термических способов восстановления деталей, например, применяемые флюсы, особенно при наплавке деталей небольших диаметров, плохо удерживаются на поверхности и впоследствии возникает трудность при удалении шлаковой корки.

В результате обзора и анализа литературных источников нами были рассмотрены несколько близких по конструкции и функциональному назначению устройств для восстановления коленчатых валов вибродуговой наплавкой порошковой проволокой.

*Наплавочная головка УАНЖ* обладает простой надежной конструкцией.

Узел вибрации представляет собой сердечник Ш-образной или П-образной формы, на который надеты две параллельно соединенные катушки. Подвижной частью вибратора является якорь 3, жестко соединенный с рычагом, который может свободно поворачиваться относительно оси.

Узел подачи электрода состоит из асинхронного электродвигателя 12 (рис. 1.9) и понижающего червячного редуктора 11. Кроме сменного ведущего и прижимного ролика, имеется еще разгрузочный ролик, предохраняющий выходной вал редуктора от консольного изгиба под действием прижимного ролика.

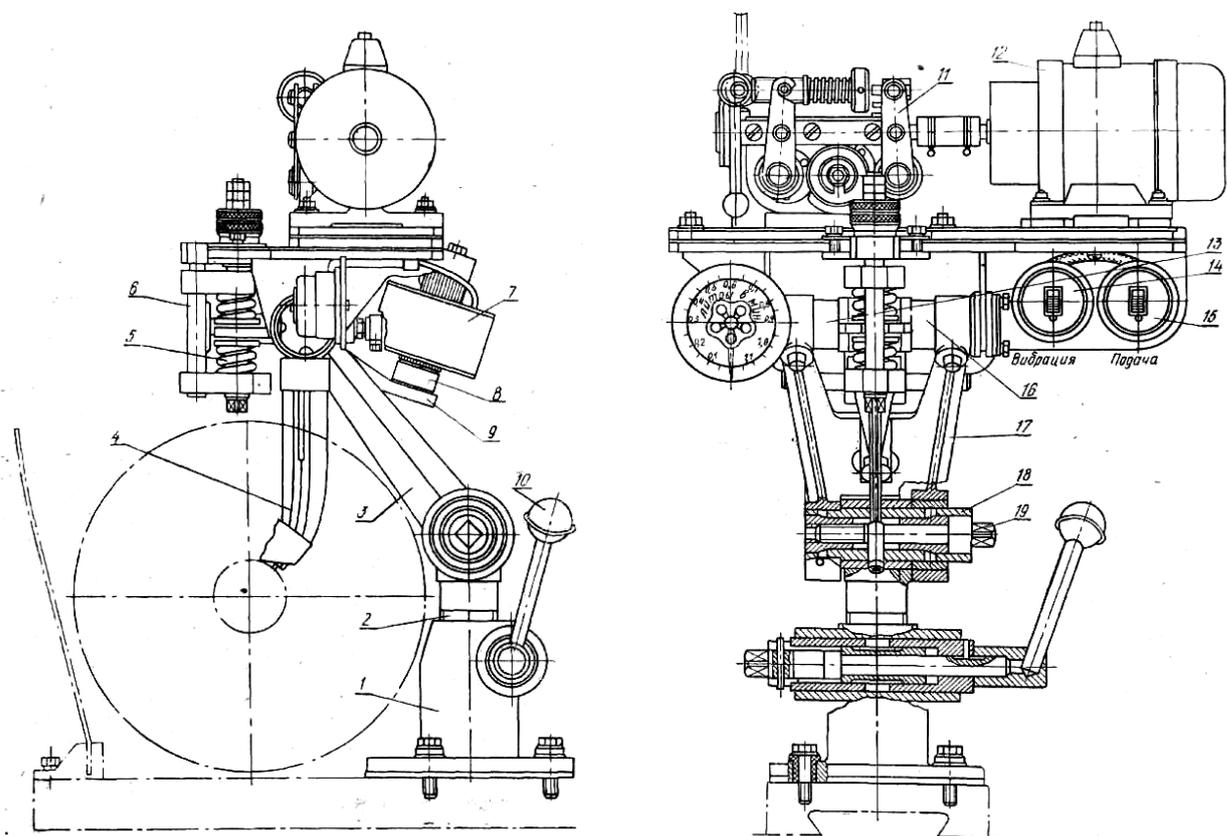


Рис. 1.9 Наплавочная головка УАНЖ

Скорость подачи проволоки регулируют, устанавливая ведущий ролик соответствующего диаметра. При замене ролика для надежной, без пробуксовывания, подачи электрода необходимо отрегулировать положения прижимного и разгрузочного роликов. Для этого вилки роликов вставляют в соответствующие отверстия на скобе редуктора. Для данной головки применяют проволоку диаметром 1,4-2,0 мм.

*Наплавочная головка КМ-5.* Основной отличительной особенностью конструкции головки является то, что электромагнитный вибратор снабжен плоской консольно закрепленной пружиной 5 (Рисунок 3.2), которая жестко связана с якорем 3 и вибрирующим мундштуком 2. Применение плоской пружины обеспечивает стабильность вибрации и исключает необходимость постоянного контроля и регулировки амплитуды вибрации.

Особенность электрической схемы головки КМ-5 – катушку электромагнита можно включать в сварочную цепь последовательно. При такой

схеме включения электромагнит выполняет функции реле тока: процесс наплавки автоматически стабилизируется.

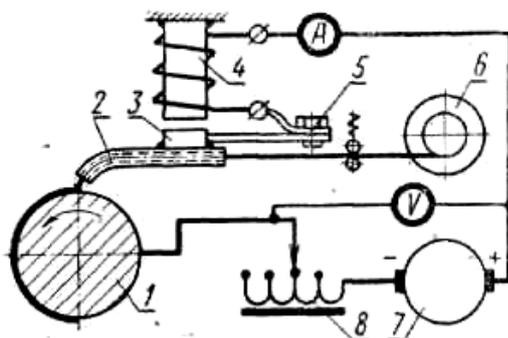


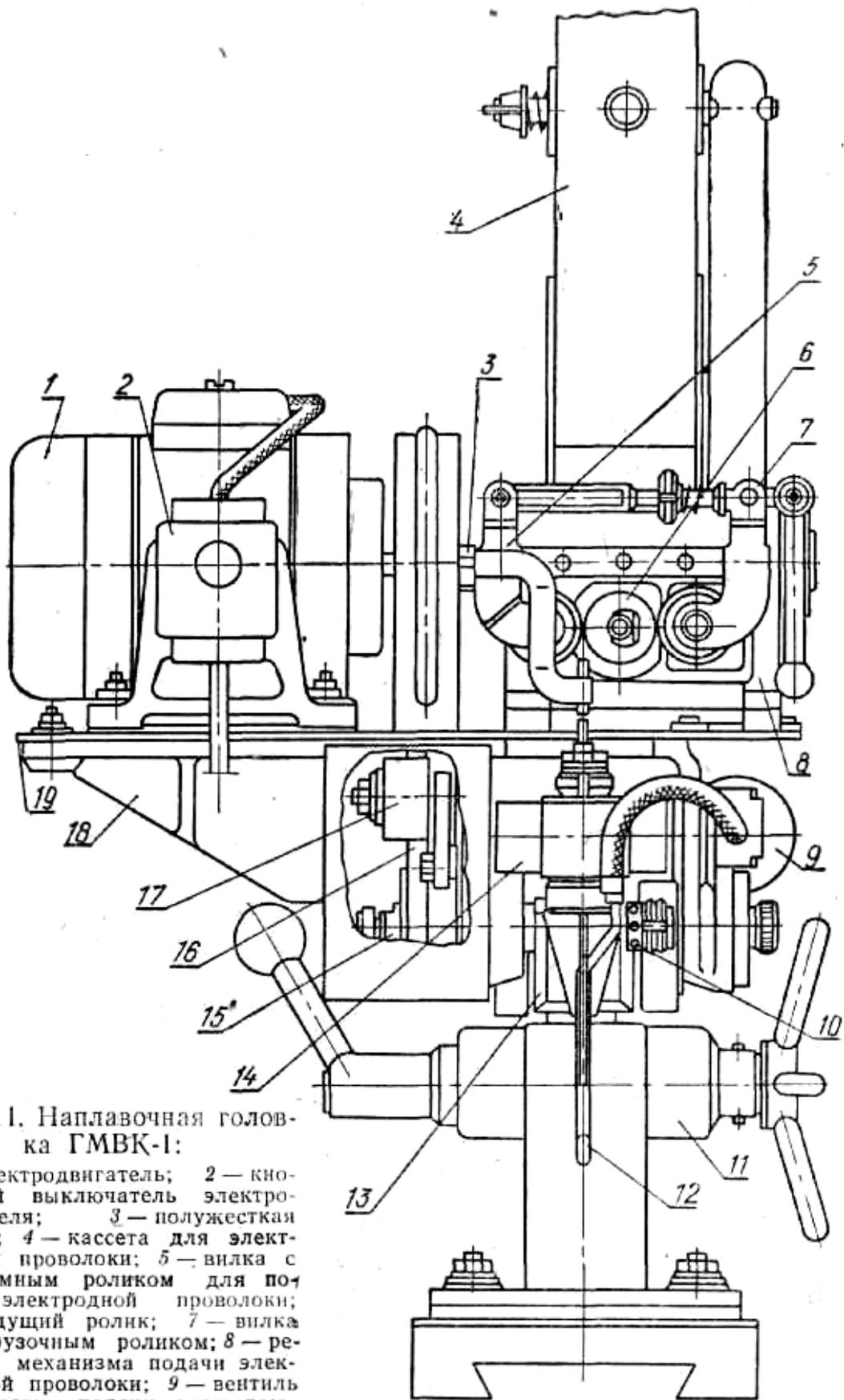
Рис. 1.10 Принципиальная схема наплавочной головки КМ-5

На сердечник наматывают 3-6 витков провода сечением 75-100 мм<sup>2</sup>. Такой же провод, рассчитанный на ток не менее 300 А, используют и в сварочной цепи. Головка может работать при питании и переменным током.

Вибратор работает так. В начальный момент, до включения сварочного генератора 7, электрод подводят к детали. Сварочная цепь замкнута. При включении генератора ток, проходя по катушке 4, намагничивает сердечник, к которому притягивается якорь 3, жестко связанный с пластинчатой пружиной 5 и мундштуком 2. Электрод отходит от детали, сварочная цепь размыкается. Магнитный поток в катушке исчезает, намагничивание сердечника уменьшается, и якорь под действием пружины отрывается от сердечника, вновь замыкая электрод на деталь. Так происходит процесс самовозбуждения вибрации.

При такой схеме включения вибратора предотвращается отрицательное влияние на процесс наплавки колебания напряжения в общей сети. Скорость подачи электродной проволоки изменяют ступенчато при помощи сменных шестерен в редукторе. Головки устанавливают в требуемом положении подъемным винтом с шаровым зажимом.

*Наплавочная головка ГМВК-1* предназначена для наплавки цилиндрических наружных и внутренних поверхностей, шлицов, шпоночных пазов и т.п.



11. Наплавочная головка ГМВК-1:

1 — электродвигатель; 2 — кнопка выключателя электродвигателя; 3 — полужесткая проволока; 4 — кассета для электродной проволоки; 5 — вилка с направляющим роликом для подачи электродной проволоки; 6 — ведущий ролик; 7 — вилка с направляющим роликом; 8 — резервный ролик; 9 — резервный механизм подачи электродной проволоки; 10 — вентиль подачи охлаждающей воды; 11 — рукоятка; 12 — рукоятка; 13 — гайка; 14 — рукоятка; 15 — рукоятка; 16 — рукоятка; 17 — рукоятка; 18 — рукоятка; 19 — рукоятка.

Рис. 1.11 Наплавочная головка ГМВК-1

Обычно наплавку ведут при охлаждении детали жидкостью.

При использовании специального оборудования эту головку можно применять для наплавки в среде защитных газов и пара.

Общий вид головки ГМВК-1 показан на Рисунке 1.11. К литому корпусу 18 на общей плите 19 прикреплен трехфазный асинхронный двигатель мощностью 400 Вт с числом оборотов 2950 в минуту и понижающий редуктор 8 с механизмом подачи проволоки.

Вал электродвигателя при помощи муфты 3 соединен с входным валом редуктора. На выходном валу редуктора укреплен ведущий ролик 6. К нему усилием пружины поджимаются два ведомых ролика. Один из них прижимает к ведущему ролику электродную проволоку, а другой является разгрузочным.

От этого же электродвигателя клиновым ремнем 16 приводится в действие механизм вибрации.

*Наплавочные головки ГМВК-2 и ГМВК-2М* более совершенны и универсальны как по конструкции, так и по назначению.

Эти головки предназначены для наплавки цилиндрических наружных и внутренних поверхностей, плоских поверхностей.

Наплавку можно выполнять с вибрацией и без вибрации электрода при охлаждении детали жидкостью, а также под слоем флюса. Кроме того, можно выполнять многоэлектродную наплавку и наплавку лентой.

Наплавочные головки ГМВК-2 и ГМВК-2М состоят из следующих основных узлов: электродвигателя (рисунок 1.12), редуктора с механизмом подачи электродной проволоки, механического вибратора, направляющего мундштука, опорного узла с механизмом подъема и зажима.

В головках этих марок существенно изменена конструкция редуктора и механизма подачи электродной проволоки, что обеспечивает надежную, бесперебойную работу в широком диапазоне изменения скорости подачи проволоки.

При помощи шкива и червячного зацепления вращение передается ше-

стерням.

С головкой поставляется комплект из 16 шестерен.

В зависимости от сочетания пар шестерен изменяется и скорость подачи электродной проволоки.

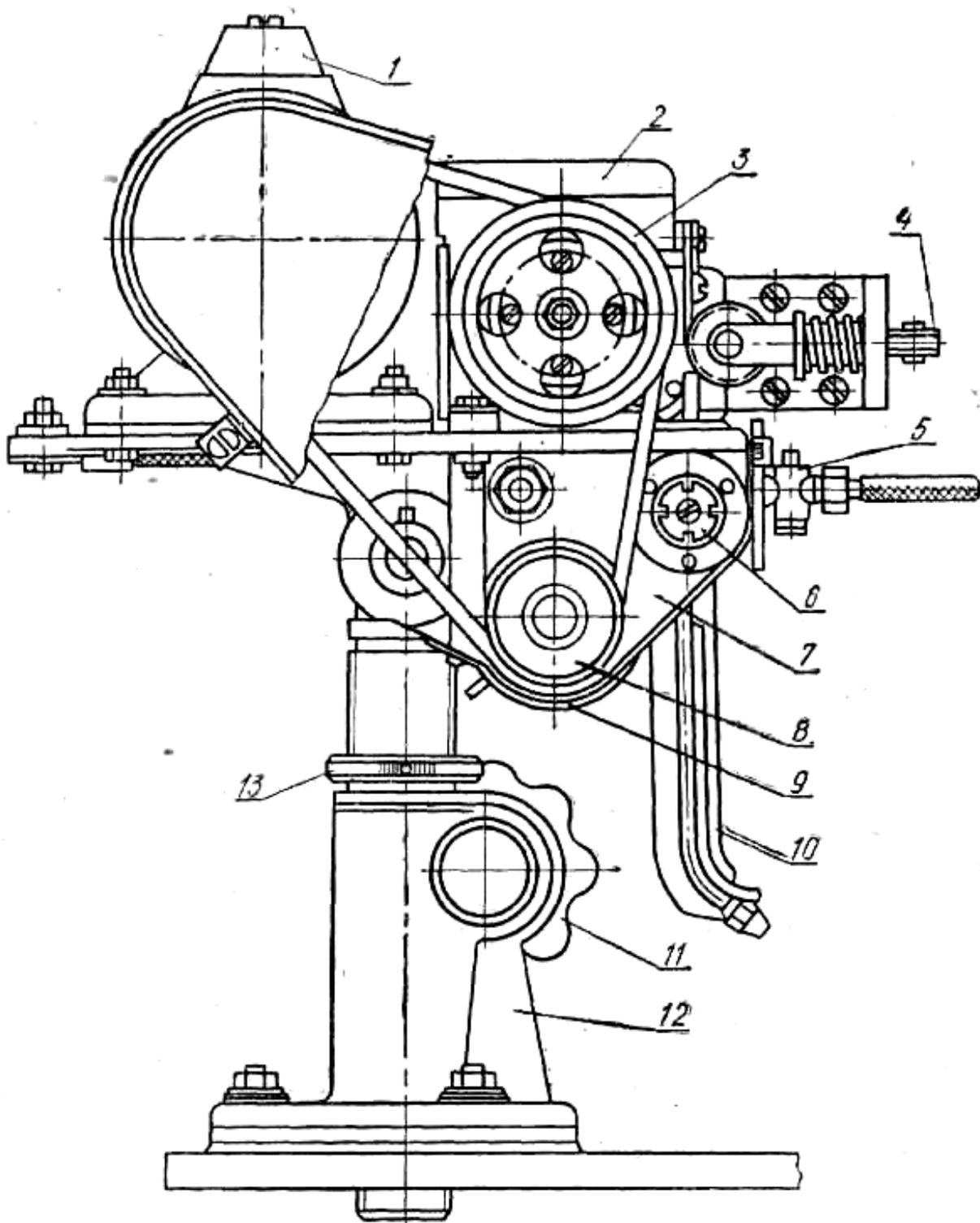


Рис. 1.12 Наплавочная головка ГМВК-2

Проволока подается роликами, вращающимися навстречу один другому.

Подающие ролики не пробуксовывают, так как они вращаются синхронно вследствие того, что к их торцевым поверхностям с одной стороны жестко прикреплены находящиеся в зацеплении одна за другую шестерни.

Толщина роликов увеличена до 20 мм, благодаря чему можно надежно подавать не только электродную проволоку но и ленту.

*Наплавочные головки типа ВГ.* К головкам с механическим вибратором относятся и головки типа ВГ, разработанные в Уральском политехническом институте им. С.М. Кирова (рис. 1.13).

Эти головки предназначены для наплавки углеродистыми проволоками в жидкой среде, а также легированной проволокой в среде защитных газов.

Механизм подачи электродной проволоки состоит из электродвигателя мощностью 0,125 кВт, двух червячных пар, сменных шестерен, ведущего и прижимного роликов.

Головка снабжена набором из десяти сменных шестерен с различным числом зубьев.

Скорость подачи проволоки зависит от величины передаточного отношения шестерен. Она может изменяться в пределах от 0,64 до 1,89 м/мин.

Механизм вибрации принципиально отличается от ранее рассмотренных устройств. На валу электродвигателя имеется эксцентрик с подшипником.

Электродная проволока поджимается к этому эксцентрику роликом.

При включении электродвигателя проволока при помощи эксцентрика совершает поперечные колебания, а конец ее вибрирует вдоль оси проволоки.

Осуществляется принцип так называемой колеблющей вибрации.

Амплитуда вибрации составляет 1,5 мм, а частота вибрации равна 47,5 пер/сек.

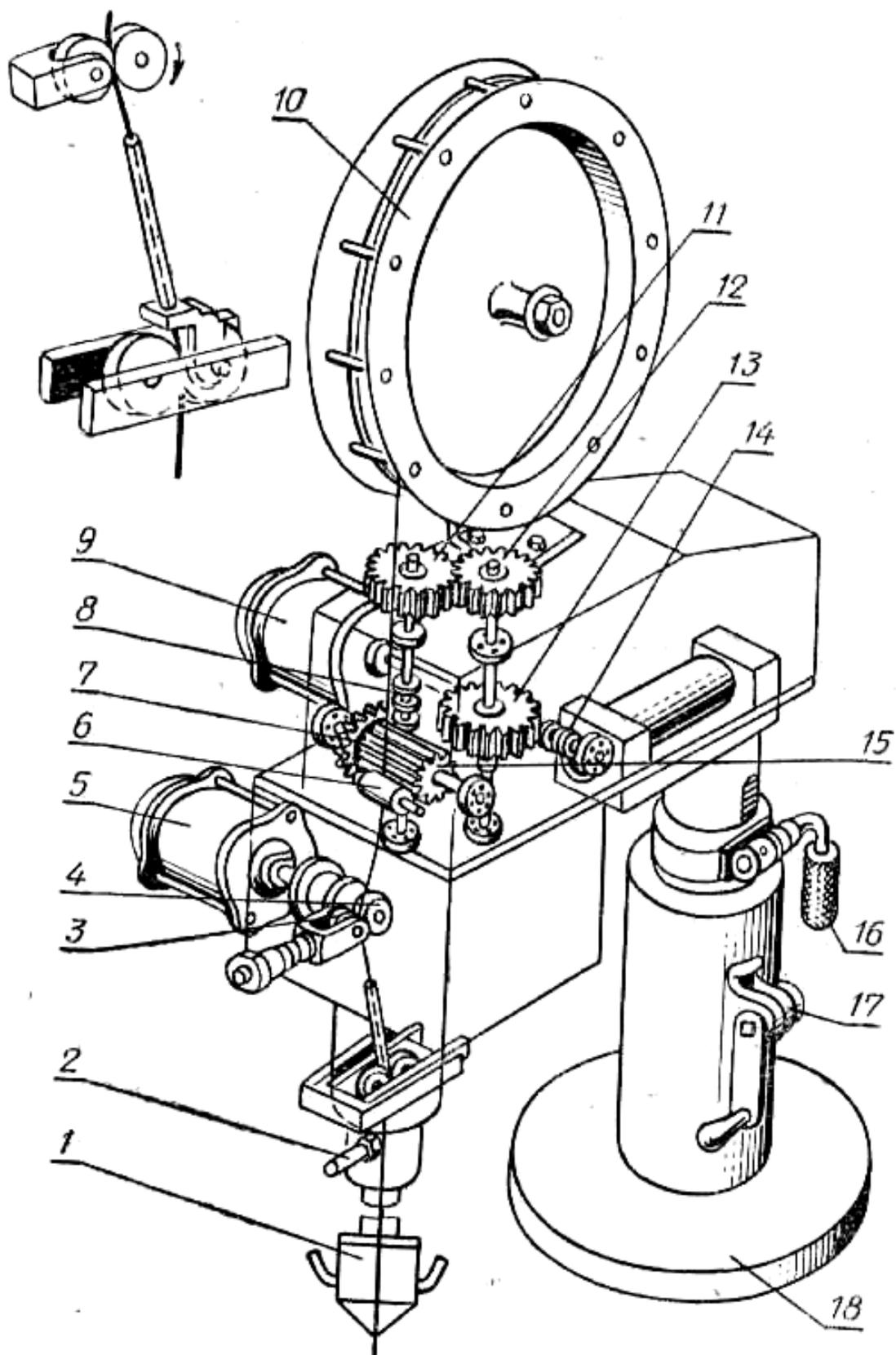


Рис. 1.13 Наплавочная головка типа ВГ

Для наплавки порошковой проволокой используют головку ВГ-7. Технические данные этой головки: частота вибрации – 47,5 пер/сек.

Для ремонта деталей наплавкой предназначены наплавочные установки разного типа. Одним из широко-универсальных типов оборудования является установка УД 209, позволяющая производить наплавку под слоем флюса или в среде защитных газов деталей диаметром от 10 до 400 мм. Пределы регулирования сварочного тока – от 60 до 500 А. Общий вид УД 209 показан на рисунке 1.14.

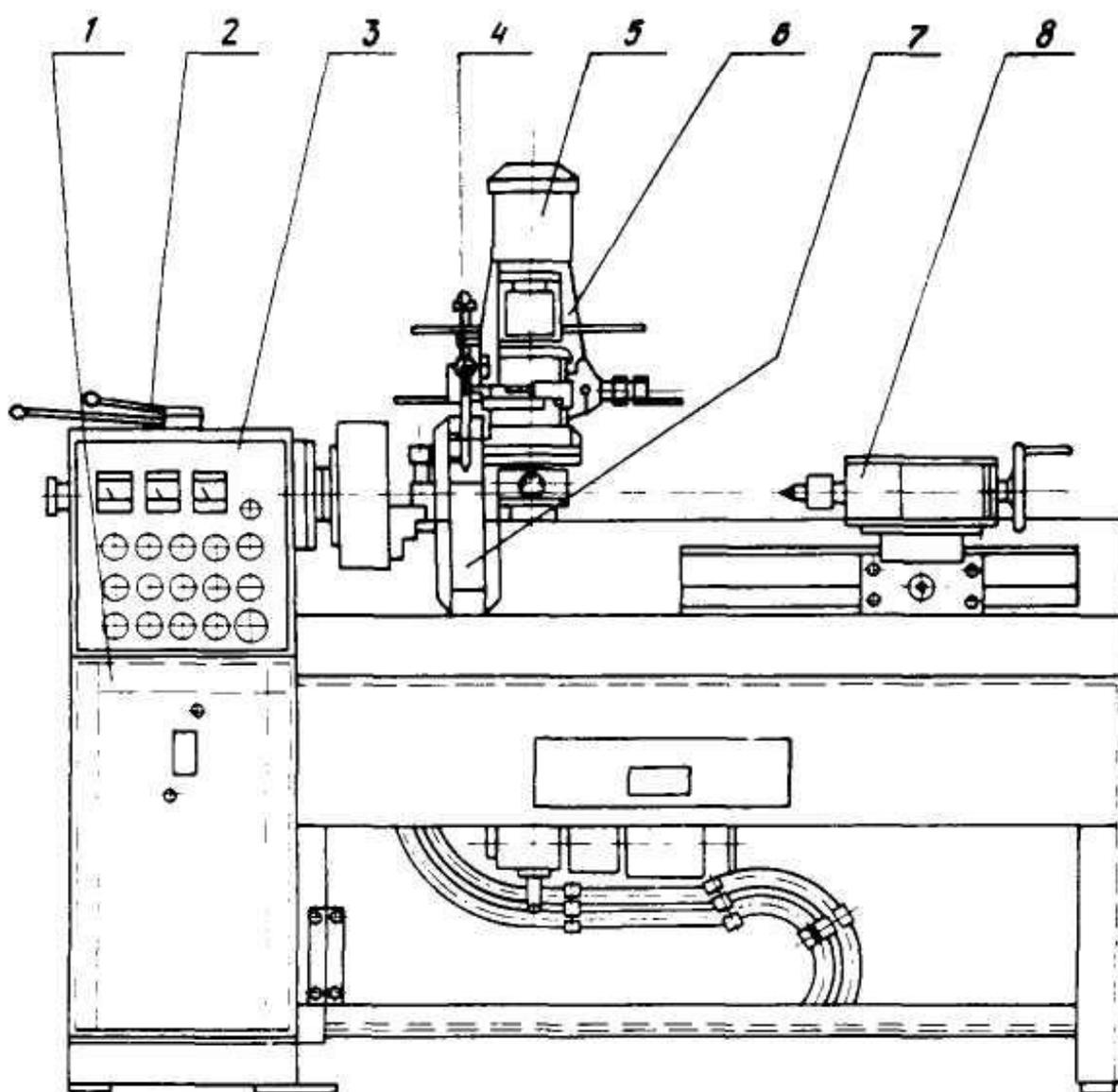


Рис. 1.14 Наплавочная установка УД 209

Установка даёт возможность наплавлять гладкие цилиндрические поверхности, заваривать шлицы, шпоночные канавки, винтовую резьбу. При наплавке применяется наплавочная проволока диаметром от 0,8 до 2 мм со скоростью подачи до 350 м/ч.

Данный наплавочный агрегат служит для установки наплавляемой детали, приведения её в движение, подачи электродной проволоки в зону наплавки, перемещения электродной проволоки вдоль оси наплавляемой детали и, при необходимости, приведения электродной проволоки в колебательное движение.

Наплавочная установка (см. рисунок 1.14) состоит из станины 1; передней бабки 2, через которую проходит шпиндель, вращающий ремонтируемую деталь с помощью крепящегося к нему токарного патрона; каретки 5, сообщающей поступательное перемещение наплавочной проволоке параллельно оси вращения детали; механизма подачи проволоки 6; мундштука 4; задней бабки 8 с выдвигной пинолью для установки в её отверстии вращающегося центра – опоры ремонтируемой детали; газоотсоса 7 и пульта управления 3.

На станине агрегата установлены все узлы и механизмы, в тумбе станины расположены панели электрооборудования.

Каретка 5 установлена на станине станка и служит основанием для механизма подачи проволоки 6 через мундштук 4 в зону наплавки. Смещение мундштука с «зенита» выполняется суппортом, винтовой парой винт-гайка. Механизм подачи проволоки состоит из электродвигателя и червячного редуктора, соединённых между собой изоляционной муфтой и изолирующей прокладкой. Механизм подачи проволоки выполнен совместно с колебателем мундштука и обеспечивает одновременную подачу и колебание электрода. Для регулировки скорости подачи проволоки имеются сменные шестерни.

Поступательное перемещение каретки 5, параллельное оси вращения ремонтируемой детали, осуществляется с помощью винтовой передачи гайка

— ходовой винт. Это движение подачи каретки кинематически увязывается с вращением шпинделя: определённое перемещение каретки на один оборот шпинделя.

Помимо токарного патрона, на шпинделе может быть установлена план-шайба с уголком для крепления деталей — "не валов".

На рассматриваемой установке привод шпинделя имеет бесступенчатое регулирование частоты вращения с помощью электродвигателя с тиристорным преобразователем. Высокая степень редукции привода шпинделя обеспечивается с помощью ременной передачи и стандартного червячного редуктора.

Проведенный анализ существующих конструкций позволил выделить основные требования к устройству для наплавки шеек коленчатых валов. Предлагаемая конструкция такого устройства лишена недостатков существующих.

## **2 УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ**

### **2.1 Предлагаемая конструкция устройства**

Установка содержит станину, механизм привода шпинделя, установленный на станине, пистолет для дробеструйной обработки и напыления, держатель пистолета, копировальное устройство. Копировальное устройство выполнено в виде шлицевого вала, связанного с кривошипом и шпинделем установки посредством шестерни.

Устройство снабжено блоком шестерен, смонтированным в корпусе, который установлен на станине с возможностью перемещения вдоль оси детали по направляющей, а также муфтой включения копировального устройства. Пистолет шарнирно закреплен к кривошипам, а шлицевый вал связан с кривошипами посредством ведущей шестерни, двух ведомых шестерен, соединенных между собой промежуточной шестерней. При этом ведущая шестерня установлена на шлицевом валу с возможностью перемещения вдоль его оси, а кривошипы жестко связаны с валами ведомых шестерен.

Установка состоит из корпуса 1 (рис. 2.1), в котором смонтировано копировальное устройство с механизмом вращения шпинделя. Корпус установлен на станине 2, снабженной бункером 3 для сбора абразивного материала.

Копировальное устройство выполнено в виде шлицевого вала 4, блока шестерен, находящегося в корпусе 5; блок шестерен состоит из ведущей шестерни 6, двух ведомых шестерен 7, 8, соединенных между собой промежуточной шестерней 9.

На валах ведомых шестерен жестко закреплены кривошипы копира 10 с шарнирами 11 и держателем пистолета 12, на котором закреплен пистолет 19. Механизм привода вращения шпинделя содержит электродвигатель 13 и редуктор 14.

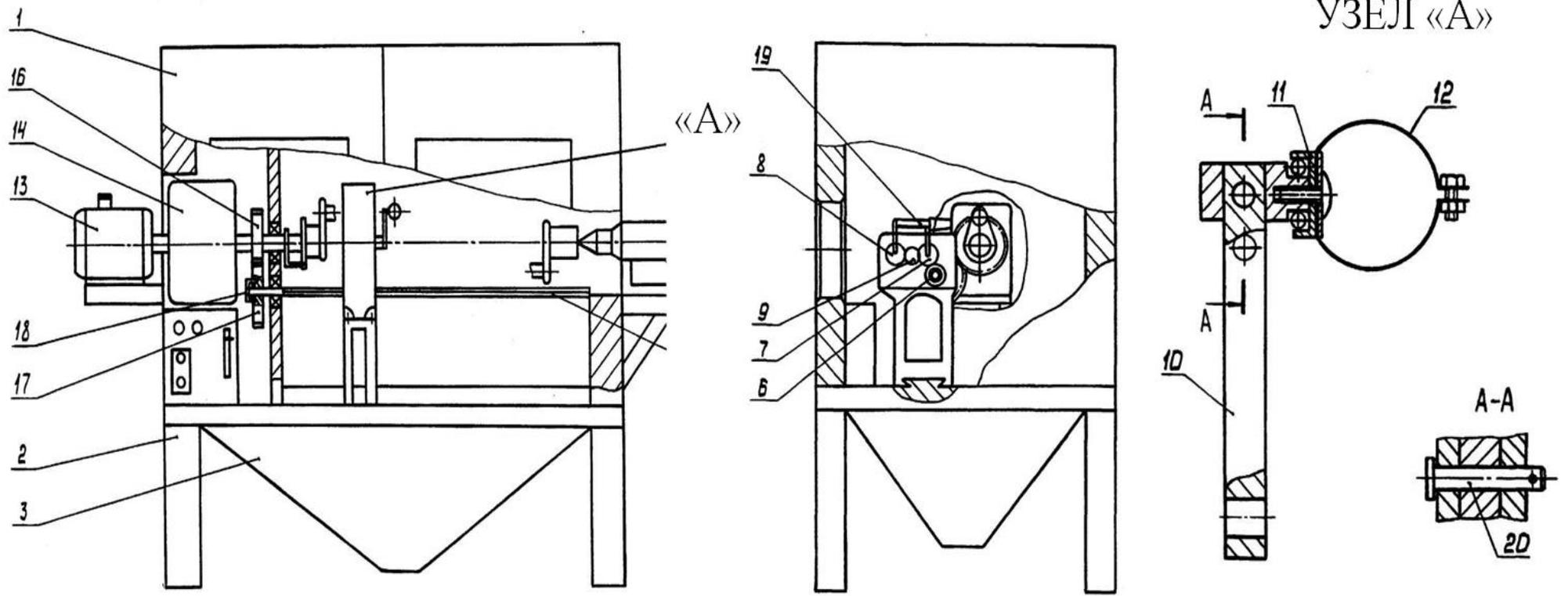


Рис. 2.1 Схема устройства для восстановления шеек коленчатых валов

Привод копировального устройства осуществляется от шпинделя 15 установки посредством зубчатой передачи с передаточным числом  $U=1$ . Зубчатая цилиндрическая передача состоит из ведущей шестерни 16, закрепленной на шпинделе 15, ведомой шестерни 17, установленной на шлицевом валу 4, с возможностью фиксации при помощи муфты 18.

Устройство работает следующим образом. В планшайбу крепится коленчатый вал и фиксируется центром пиноли. В исходном состоянии при восстановлении коренных шеек коленчатого вала ведомая шестерня 17 и вал 4 разъединены. Кривошипы копира 10 с шарнирами 11 и держателем пистолета 12 устанавливаются так, чтобы держатель пистолета был напротив восстанавливаемой шейки и в держатель крепится пистолет 19. После этого включается привод вращения шпинделя и пистолет 19 для нанесения покрытия.

Поскольку крутящий момент от шпинделя 15 не передается на шлицевый вал 4, держатель пистолета 12 находится в неподвижном состоянии, обеспечивая тем самым постоянную дистанцию обработки на вращающуюся коренную шейку. После нанесения покрытия на первую коренную шейку отключается пистолет 19 и привод шпинделя.

Путем осевого перемещения корпуса копира 5 относительно оси детали держатель пистолета 12 устанавливается напротив следующей коренной шейки. При нанесении покрытия на шатунную шейку ее устанавливают в нижнюю мертвую точку проворачиванием коленчатого вала вручную. Держатель пистолета устанавливают в нижнюю мертвую точку. В этом положении ведомая шестерня 17 муфтой 18 соединяется со шлицевым валом 4. После чего предварительно вытащив стопорные шплинты 20, устанавливают радиус кривошипов напротив отверстия, соответствующего радиусу восстанавливаемой шейки, и зашплинтовываются.

Выполнив эти операции, включается привод вращения шпинделя установки. При этом, крутящий момент со шпинделя передается на шлицевой вал 4 копировального устройства, посредством зубчатой передачи. Поскольку передаточное число привода  $U=1$ , а радиус кривошипа 10 копировального

устройства равен радиусу кривошипа коленчатого вала, пистолет 19, закрепленной в держателе 12, копирует вращательное движение восстанавливаемой шатунной шейки вокруг оси вращения шпинделя. Это обеспечивает нанесение равномерного слоя покрытия на восстанавливаемую шатунную шейку.

После нанесения слоя покрытия необходимой толщины выключают пистолет 19, привод вращения шпинделя. Выводят из зацепления ведомую шестерню 17, осевым перемещением корпуса копира 5 устанавливают пистолет 19 напротив следующей шатунной шейки. Выполнив вышеперечисленные операции, наносится покрытие.

Применение данной установки позволит значительно снизить износ шлицевого вала и повысить ресурс установки в целом.

## 2.2 Расчет режимов наплавки

Марку электродных проволок выбирают в зависимости от требуемой твердости наплавленного металла по табл. 3.1, а режимы наплавки – по табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Марки электродной проволоки

Проволока	Св-0,8	НП-20	НП-40	НП-60	НП-80	Св-30ХГСА
Твердость слоя НРС <sub>Э</sub>	12...32	13...35	15...45	25...60	25...65	15...50

Таблица 2.2 – Режимы наплавки

Показатели	Толщина наплавленного металла $h$ , мм		
	0,3...0,9	1,0...1,6	1,8...2,5
Рекомендуемый диаметр электрода $d$ , мм	1,6	2,0	2,5
Рекомендуемое напряжение источника питания $U$ , В	12...15	15...20	20...25

Сила тока определяется

$$I = (60...57) \cdot d_{np}, A$$

где  $d_{np}$  – диаметр электродной проволоки, мм.

По величине и характеру возникающих дефектов на поверхности шеек восстанавливаемых коленчатых валов, можно принять толщину наплавляемого слоя металла в пределах 1,0...1,6 мм с учетом припуска на дальнейшую механическую обработку.

Таким образом, по таблице 2.2 определяем диаметр применяемого электрода из порошковой проволоки –  $d_{np} = 2,0$  мм.

Определим силу тока с учетом принятых значений

$$I = (60...57) \cdot 2,0 = 120...114, A$$

Принимаем  $I = 115$  А.

Индуктивность дросселя зависит от источника питания, длины соединительных кабелей. Ее подбирают экспериментально по минимальному разбрызгиванию металла и качеству его сплавления с основой.

Скорость подачи электродной проволоки подсчитывается по формуле

$$V_{II} = (0,1 \cdot I \cdot U) / d_{np}^2, \text{ м/ч,}$$

где  $U$  – рекомендуемое напряжение источника питания, В, по таблице 2.2 выбираем  $U = 15$ , В

$$V_{II} = (0,1 \cdot 115 \cdot 15) / 2^2 = 43,1 \text{ м/ч.}$$

Скорость наплавки

$$V_H = (0,785 \cdot d_{np}^2 \cdot V_{II} \cdot \eta) / h \cdot S \cdot a, \text{ м/ч}$$

где  $\eta$  – коэффициент перехода электродного материала в наплавленный металл ( $\eta = 0,8...0,9$ );

$h$  – заданная толщина наплавляемого слоя, мм;

$s$  – шаг наплавки, мм/об,

$a$  – коэффициент, учитывающий отклонение фактической площади сечения наплавленного валика ( $a = 0,7 \dots 0,85$ ).

Между скоростью подачи электродной проволоки и скоростью наплавки существует оптимальное соотношение, при котором обеспечивается хорошее качество наплавки. Обычно  $V_H = (0,4 \dots 0,8)V_n$ . С увеличением диаметра электродной проволоки до 2,5...3,0 мм –  $V_H = (0,7 \dots 0,8)V_n$ .

Частота вращения детали при наплавке цилиндрической поверхности определяется по формуле

$$n = (1000 \cdot V_H) / 60\pi d,$$

где  $d$  – диаметр наплавляемой детали, мм, для рассматриваемого коленчатого вала автомобиля КамАЗ –  $d = 60$  мм.

Шаг наплавки влияет на прочность сцепления наплавленного металла с основой и волнистостью поверхности. Шаг наплавки

$$s = (1,6 \dots 2,2) \cdot d_{np}, \text{ мм/об};$$

$$s = (1,6 \dots 2,2) \cdot 2,0 = 3,2 \dots 4,4 \text{ мм/об}.$$

Принимаем  $s = 4,0$  мм/об.

$$V_H = (0,785 \cdot 2^2 \cdot 43,1 \cdot 0,9) / 1,0 \cdot 4,0 \cdot 0,8 = 38,1 \text{ м/ч};$$

$$n = (1000 \cdot 38,1) / 60 \cdot 3,14 \cdot 60 = 3,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Амплитуда колебаний

$$A = (0,75 \dots 1,0) \cdot d_{np}, \text{ мм};$$

$$A = (0,75 \dots 1,0) \cdot 2,0 = 1,5 \dots 2,0 \text{ мм}.$$

Принимаем  $A = 2,0$  мм.

Вылет электрода

$$H = (5 \dots 8) \cdot d_{np}, \text{ мм}.$$

$$H = (5 \dots 8) \cdot 2,0 = 10 \dots 16 \text{ мм.}$$

Принимаем  $H = 15 \text{ мм.}$

Выбранные режимы уточняют в процессе пробных наплавки. Качество последних можно улучшить применением дополнительных защитных сред: углекислого газа, флюсов, водяного пара, а также порошковых проволок.

Величина основного времени при вибродуговой наплавке зависит от диаметра и длины наплавляемой поверхности, от скорости наплавки (окружной скорости детали) или числа оборотов детали и величины продольной подачи суппорта.

Основное время наплавки определяется по формуле

$$T_O = L \cdot i/n \cdot s$$

где  $L$  – длина (ширина) наплавляемой поверхности, мм, для к/в КамАЗ

$$- L = 56 \text{ мм;}$$

$i$  – число проходов,  $i = 1$ .

$$T_O = 56 \cdot 1 / 3,4 \cdot 4,0 = 4,1 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время  $T_B$ , связанное с процессом наплавки: включение генератора, подвод мундштука, включение вибратора, пуск станка, включение продольной подачи суппорта, включение подачи жидкости, очистка поверхности детали от ржавчины и окалины и все последующие действия до выключения установки после окончания наплавки принимается  $0,9 \text{ мин}$  на один проход.

Вспомогательное время  $T_B$  затрачиваемое на установку и снятие детали выбирается из табл. 2.3.

Таблица 2.3 – Вспомогательное время на установку и снятие детали

Масса детали, кг	Время на установку и снятие деталей, мин		
	В трехкулачковом патроне	В центрах	В центрах с люнетом
До 10 кг	1,0	0,5	1,0
Свыше 10 кг	1,5	1,0	1,5

Принимаем  $T_B = 1,0 \text{ мин.}$

Дополнительное время  $T_{дон}$  составляет 15 % от оперативного времени.

Оперативное время  $T_{он}$  состоит из суммы основного и вспомогательного времени.

$$T_{он} = T_O + T_B = 4,1 + 1,0 = 5,1 \text{ мин};$$

$$T_{дон} = 5,1 \cdot 0,15 = 0,77 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время  $T_{нз}$  при вибродуговой наплавке следующее:

Таблица 2.4 – Подготовительно-заключительное время

Высота центров установки, мм	Время, мин
200	16
300	20

Принимаем  $T_{нз} = 16 \text{ мин.}$

Нормируемое время выражается формулой.

$$T_H = T_O + T_B + T_{дон} + T_{нз}/n_{ум}, \text{ мин}$$

где  $n$  – количество деталей в партии,  $n = 1$ .

$$T_H = T_O + T_B + T_{дон} + T_{нз}/n_{ум} = 4,1 + 1,0 + 0,77 + 16/1 = 21,87 \text{ мин.}$$

Полученные данные заносим в сводную таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Расчетные режимы наплавки

Наименование параметра	Расчетная величина
Диаметр детали, мм	60
Толщина наплавляемого слоя, мм	1,0...1,6
Диаметр электрода, мм	2,0
Сила тока, А	115
Напряжение, В	15
Скорость наплавки, м/ч	38,1
Шаг наплавки, мм/об	4,0
Амплитуда колебаний, мм	2,0
Вылет электрода, мм	15
Время на операцию, мин	21,87

### **3 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

#### **3.1 Общие положения**

Нанесение травмы человеку в условиях производства обусловлено наличием физически и химически опасных производственных факторов.

Физически опасные производственные факторы - это движущиеся машины, незащищенные подвижные элементы оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы, повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования или материалов, опасное напряжение электрических сетей, энергия сжатого воздуха, газа, ударной волны при взрыве и т. п.

Серьезную опасность для жизни и здоровья людей представляют отлетающие части обрабатываемого материала и инструмента, которые обладают большой кинетической энергией.

Химически опасные производственные факторы характеризуются возможностью воздействия на организм человека едких, ядовитых и раздражающих веществ.

Возникновение тех или иных опасных производственных факторов зависит от характера технологического процесса, конструкции оборудования, уровня организации труда и т. д.

Предупреждение производственного травматизма - сложная комплексная проблема, требующая усиленного внимания, прежде всего специалистов инженерно-технического профиля, а также представителей медицинской и других наук.

Руководитель предприятия обеспечивает безопасность жизнедеятельности при эксплуатации производственных зданий, сооружений, нормальные условия труда. При заключении коллективного договора с комитетом профсоюза предусматривается проведение мероприятий по безопасности жизнедеятельности и выделение средств на их осуществление.

Главный инженер несет ответственность за состояние вопросов по безопасности жизнедеятельности на производстве и выполняет запланированные мероприятия; внедрению прогрессивных технологий (менее травмоопасных); организации обучения; организации проведения медицинских осмотров; организации эксплуатации машин и механизмов.

Главный инженер контролирует своевременное проведение инструктажей с вновь поступившими работниками.

Систематически проверяет техническое состояние станков, машин, подъемно-транспортного оборудования, электрических устройств. Запрещает эксплуатацию машин, станков, если дальнейшее производство работ сопряжено с опасностью для жизни рабочего.

Анализ производственного травматизма по видам ремонтных работ показывает, что значительное число травм происходит при разборочно-сборочных операциях.

Правильное пользование инструментом - главное условие безопасности работы слесаря-сборщика.

Монтажный инструмент в процессе использования изнашивается, нарушаются его формы и размеры, нередко появляются трещины и изломы.

Приложение усилия к такому инструменту может вызвать его поломку и травмирование работающего. За состоянием инструмента обязан следить сам рабочий.

Слесарные молотки должны иметь ровную, без заусенцев, слегка вогнутую поверхность бойка для центрирования удара. Рукоятки молотков должны быть овальными, из твердых пород дерева с влажностью не более 12 % и плотно насажены с помощью клина из мягкой стали.

Требования нормативно-технической документации, которые необходимо соблюдать при обеспечении БЖД работников сведены в таблицу 3.1.

Техническое обслуживание машин в зависимости от сложности операций проводится в различных условиях: в дороге, в гараже, на специализированных пунктах технического обслуживания.

Таблица 3.1 – Требования нормативно-технической документации

№ п/п	Требования	Нормативный Документ
1	Рабочее место, его оборудование и оснащение, применяемые в соответствии с характером работы, должны обеспечивать безопасность, охрану здоровья и работоспособность работающих	ГОСТ 12.2.061-81. Оборудование
2	Шум на рабочем месте не должен превышать 80 дБА.	ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.
3	Производственное оборудование должно иметь встроенное устройство для удаления выделяющихся в процессе работы вредных веществ непосредственно от места их образования и скопления.	ГОСТ 12.2.003-74.
4	Искусственное освещение в производственных помещениях должно устлаваться с лампами накаливания или люминисцентными лампами в виде общего освещения с равномерным или локализованным размещением светильников и комбинированного. Применение одного местного освещения не допускается. Норма освещенности рабочего места должна составлять при общем освещении 300 лк.	СНиП П-4-79
5	Приводные части станда, а также передачи, к которым возможен доступ людей, должны быть ограждены.	ГОСТ 12.2.002-80. Ограждения. Общие требования.
6	Движущиеся и вращающиеся элементы оборудования, к которым возможен доступ обслуживающего персонала, должны быть ограждены со всех сторон и по всей длине, независимо от высоты расположения и скорости движения.	ГОСТ 12.2.027-80. Оборудование гаражное и авторемонтное.
7	Органы управления, связанные с определенной последовательностью их применения, должны группироваться таким образом, чтобы действия работающего осуществлялись слева направо и сверху вниз.	ГОСТ 12.2.064-81. Органы управления производственным оборудованием.
8	В конструкциях органов управления, предназначенных для включения оборудования, должны быть предусмотрены средства защиты от случайного включения.	ГОСТ 12.2.027-80.
9	Электрическая схема станда должна исключать возможность его самопроизвольное включение/выключение.	ГОСТ 12.2.007-75. Изделия электротехнические. Общие требования.
10	Каждая электрическая машина должна иметь элемент заземления.	ГОСТ 12.2.007-75. Изделия электротехнические. Общие требования.
11	Рабочее место около станда должно быть оснащено стандом со схемой строповки передней оси автомобиля.	ГОСТ 12.3.009-76. Погрузочно-разгрузочные работы. Общие требования.

Для проведения операций технического обслуживания в полевых условиях агрегат устанавливают на ровной горизонтальной площадке. Для придания устойчивого положения под колеса трактора и сельскохозяйственной машины подкладывают прочные упоры. Для осмотра или ремонта колес, а также некоторых других узлов ходовой части приходится приподнимать обслуживаемую машину. Эту операцию следует проводить только с применением исправных грузоподъемных средств (домкраты, тали). Домкраты устанавливают в местах, указанных в заводских инструкциях. Для обеспечения полной безопасности под навешенную машину ставят прочные козлы или подставки, которые необходимо периодически проверять на соответствующую грузоподъемность.

Запрещается применять в качестве упоров случайные предметы: кирпичи, шлакоблоки, диски колес и пр. Важнейшим требованием безопасности при проведении технического обслуживания или устранении неисправностей является выполнение их при остановленной машине и неработающем двигателе или отключенном электроприводе. В практике отмечаются многочисленные случаи травмирования из-за самовключения отдельных механизмов. Так, на зерноуборочных комбайнах возможны самовключения ходовых муфт сцепления и муфт привода молотилки.

Особую осторожность следует соблюдать при отсоединении трубопроводов или шлангов гидравлической системы машин. Перед выполнением этой операции необходимо убедиться, что рабочие органы навешиваемой машины опущены на землю. Травмирование может произойти и от струи масла, вытекающей под большим давлением.

На постах технического обслуживания транспортных средств широко используют эстакады. Для обеспечения безопасности въезда и съезда в конструкции эстакады необходимо предусмотреть отбойные реборды и направляющие с уклоном не более 25 %. В конце тупиковой эстакады устанавливают опорный брус. Боковые площадки должны иметь перила высотой 1 м.

Для удобства и безопасности обслуживающего персонала на стацио-

нарных пунктах технического обслуживания машин и в профилакториях гаража оборудуют смотровые канавы, оснащенные подъемниками, необходимым инструментом и оборудованием.

Особая осторожность должна быть соблюдена при разборке и регулировке некоторых деталей и сборочных единиц (карбюраторы, трубопроводы и другие детали топливной аппаратуры) двигателей, работающих на этилированном бензине. Все операции по техническому обслуживанию с ними необходимо проводить только после тщательной очистки и промывки их в ванне с керосином. Следует помнить, что такие детали покрыты пленкой с концентрацией значительного количества тетраэтилсвинца, который при попадании в организм человека может вызывать сильное отравление.

Особая опасность возникает при обслуживании аккумуляторных батарей. Правилами технического обслуживания предусмотрена периодическая (через 60 ч) прочистка вентиляционных отверстий в пробках элементов аккумуляторов. Засорение этих отверстий может привести к разрыву корпуса аккумулятора и разбрызгиванию электролита.

Проверять уровень электролита необходимо с помощью стеклянной трубки. При проверке напряжения нагрузочной вилкой необходимо убедиться в отсутствии газа в аккумуляторах, для чего вывертывают пробки, чтобы дать возможность газу выйти наружу. После закрытия заливных отверстий проверяют напряжение. Замерять напряжение нужно очень осторожно, так как при установке нагрузочной вилки аккумулятор замыкается через сопротивление и возникает большой ток, а сопротивление нагревается до высокой температуры.

Большое число несчастных случаев, в том числе с тяжелыми и смертельными исходами, происходит при монтаже и демонтаже шин без применения специальных приспособлений. Основные причины травмирования: срыв стопорного кольца при неправильной установке его или снятии, срыв монтажных лопаток, разрыв шин во время накачивания, использование неисправного инструмента и приспособлений. Определенную опасность представляет

перекатка колес большегрузных автомобилей вручную.

Для охлаждения двигателя в зимнее время широко применяют специальные жидкости - антифризы. Антифриз - не безвредная жидкость, он обладает свойствами, неблагоприятно влияющими на здоровье людей. Поэтому с ним нужно обращаться осторожно, предупреждая попадание в рот и на кожу.

Зубила, пробойники и другой подобный инструмент не должны иметь повреждений, боковые грани в местах зажима рукой должны быть без заусенцев и острых ребер. Общая их длина должна быть не менее 150 мм, а оттянутой части зубила - 60...70 мм.

При рубке металла обязательно пользоваться защитными очками, так как отлетающие осколки металла могут нанести опасную травму глазу. Гаечные ключи должны соответствовать размерам гаек и головок болтов и не иметь трещин, забоин и заусенцев.

Наиболее опасные приемы при отвертывании гаек и болтов: отвертывание с помощью молотка и зубила, вставка подкладки в зев ключа при несоответствии размера, наращивание ключей друг другом или трубкой, удары по ключу молотком. Для облегчения отвертывания гаек и болтов, расположенных в неудобных местах, применяют ключи с «трещоткой» и торцовые с шарнирными рукоятками.

На разборочно-сборочных работах для облегчения труда и повышения его безопасности применяют различные съемники, приспособления, ручной механизированный инструмент.

Нельзя работать со съемниками, имеющими механические дефекты (например, трещины), сорванную или смятую резьбу, погнутые стержни, болты, планки, рейки и т. д.

При установке съемника на ремонтируемый узел необходимо следить, чтобы его лапки надежно захватывали деталь, а силовой винт имел хороший упор по оси узла.

Во время натяга съемника нужно внимательно следить за положением лапок (не соскальзывают ли они) и съемника в целом, чтобы он не сорвался с

разбираемого узла.

Большую опасность представляет разборка узлов со сжатыми пружинами.

Так, наиболее сложными и опасными моментами в процессе сборки и разборки кареток опорных катков гусеничных тракторов являются снятие и установка пружины. При выполнении этой операции необходимо пользоваться специальными приспособлениями.

## **3.2 Инструкция по безопасности жизнедеятельности при работе с установкой для восстановления коленвалов**

### **3.2.1 Общие требования безопасности**

К работе допускаются лица не моложе 18 лет, ознакомленные с устройством и прошедшие инструктаж по технике безопасности и медицинскую комиссию.

Рабочий должен выполнять только ту работу, которая ему поручена мастером или начальником цеха (участка).

Рабочему запрещается: касаться электропроводки или корпусов работающих электродвигателей; стоять под грузом и на пути его перемещения; курить в цехах, на рабочих местах и других местах, где применяются легко воспламеняющиеся материалы и газы. Курить разрешается только в специально отведенных местах.

Необходимость соблюдения правил внутреннего распорядка, запрещается распитие спиртных напитков. Спецодежда, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты должны соответствовать установленным нормам. На рабочем месте необходимо иметь аптечку и разные средства пожаротушения. Необходимо знать и применять способы устранения опасностей и оказать помощь пострадавшему.

### 3.2.2 Требования безопасности перед началом работы

Перед началом работы необходимо: одеть и застегнуть спецодежду (ГОСТ 12.5.48 – 83 ССБТ), чтобы не было свисающих концов, волосы подбраны под головной убор. Проверить заземление двигателя, целостность привода (согласно ГОСТ 12.1.009 – 89), проверить исправность механизмов управления, трубопроводов высокого давления и их крепление, отсутствие подтеканий жидкостей в местах соединения, комплектность средств пожаротушения, медицинские аптечки.

### 3.2.3 Требования безопасности во время работы

Во время установки устройства необходимо надежно закрепить коленвал на установке для восстановления коленвалов. При монтаже восстанавливаемой детали на рабочий стол необходимо соблюдать правила транспортировки и подъема-опускания грузов. Перед включением устройства убедитесь, что пуск никому не угрожает. Производить включение трансформатора только при отсутствии оголенных проводов и надежном креплении токоподводящих приспособлений.

При предварительной подготовки детали и непосредственно при восстановлении необходимо соблюдать меры безопасности при работе с активными веществами. На протяжении всего рабочего процесса восстановления необходимо обеспечить устойчивый отсос паров электролита и вентиляцию помещения. Детали, превышающие допустимый вес снимать с устройства только с помощью кран-балки.

Во время работы запрещается: находится посторонним лицам на участке; отлучаться с рабочего места; принимать пищу на рабочем месте.

Регулировка и устранение неисправности во время работы устройства не разрешается категорически запрещается монтаж, демонтаж и ремонт элементов и узлов электрооборудования установки при наличии напряжения в сети питания.

### 3.2.4 Требования безопасности в конце работы

По окончании работы снять восстановленную деталь с рабочего стола устройства и убрать рабочее место, обесточить электропривод и закрыть кран гидропривода. Привести в порядок рабочее место. Доложить руководителю работ обо всех нарушениях, которые выявлены в процессе работы, а так же о мерах, принятых по их устранению. Спецодежду сдать в место хранения. Вымыть руки и лицо теплой водой с мылом, принять душ.

### 3.2.5 Требования безопасности в аварийных ситуациях

При появлении посторонних шумов, запаха гари, дыма, выявление неисправностей, искрение электрооборудования, нагрева электрооборудования и других неисправностей необходимо немедленно остановить устройство и вызвать ремонтных рабочих.

При возгорании электрической части устройства немедленно отключить электроэнергию, подать сигнал тревоги и приступить к тушению.

В случае травмирования принять меры по оказанию доврачебной помощи, позвать медицинского работника и сообщить руководителю работы.

После аварийной остановки стенд должен быть освобожден от предмета ремонта.

## **3.3 Расчет заземления устройства для восстановления коленчатых валов**

Сопротивление растеканию тока в заземлителе зависит от удельного сопротивления грунта и размеров заземлителя

$$R_{\text{рт}} = 0,366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{2l}{d} + 0,51 \lg \frac{4h + 1}{4h - 1}, \quad (3.1)$$

где  $R_{pt}$  – сопротивление растеканию тока, Ом;

$\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом · м;

$l$  – длина заземлителя, м;

$d$  – диаметр заземлителя, м;

$h$  – глубина забивки, м.

$$R_{pm} = 0,366 \frac{70}{2,4} \lg \frac{2 \cdot 2,4}{0,06} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 0,8 + 2,4}{4 \cdot 0,8 - 2,4} = 8,86 \text{ Ом}$$

Количество заземлителей определяется по формуле

$$n = \frac{R_{pt} \cdot k}{R_3 \cdot \eta_{эз}}, \quad (4.2)$$

где  $n$  – количество заземлителей, шт.;

$k_c$  – коэффициент сезонности,  $k_c = 1,8$ ;

$R_3$  – наибольшая нормированная величина сопротивления заземления,  $R_3 = 10$  Ом;

$\eta_{эз}$  – коэффициент экранирования заземлителя,  $\eta_{эз} = 0,8$ .

$$n = \frac{8,86 \cdot 1,8}{10 \cdot 0,8} = 1,99$$

Принимаем 2 стержня.

### 3.4 Экологическая безопасность

Воздействие машинного парка на экосистемы выражается:

- в загрязнении атмосферы, водных объектов и земель, изменении химического состава почв и микрофлоры, образовании производственных отходов, шламов, замазученного грунта, котельных шлаков, золы и мусора;
- в потреблении природных ресурсов - атмосферного воздуха, необходимого для протекания рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) транспортных средств; нефтепродуктов и природного газа, являющихся топливом для ДВС; воды для систем охлаждения ДВС и мойки транспортных средств, производственных и бытовых нужд; земельных ресурсов;
- в создании высоких уровней шума и вибрации;
- в возможности активизации неблагоприятных природных процессов типа водной эрозии, заболачивания местности, образования селевых потоков, оползней, обвалов;
- в травматизме и гибели людей, животных, нанесении большого материального ущерба при авариях и катастрофах;
- в разрушении почвенно-растительного покрова и уменьшении урожайности сельскохозяйственных культур.

Основными потребителями природных ресурсов и загрязнителями окружающей среды являются транспортные средства и мобильная техника. Например, один грузовой автомобиль при годовом пробеге 15 тыс. км сжигает 1,8 т бензина, на получение которого требуется около 3 т нефти.

Для образования нормальной горючей смеси в двигателе на 1 кг бензина необходимо 15 кг воздуха. С учетом этого соотношения и процентной доли кислорода в воздухе, расчетное количество расходуемого воздуха автомобилем составит 27 т, в том числе 5,6 т кислорода.

При выполнении технического обслуживания транспортных средств задействованы подразделения, зоны периодических и оперативных форм технического обслуживания. Выполнение ремонтных работ ведется на производ-

ственных участках. Используемые в процессах ТО и ремонта технологическое оборудование, станки, средства механизации и котельные установки являются стационарными источниками загрязняющих веществ

Во многих технологических процессах образуются производственные сточные воды. Состав и количество этих вод различны. Сточные воды образуются при мойке подвижного состава, очистке узлов и деталей в моечных машинах, при ремонте аккумуляторных батарей, гальванической и механической обработке деталей, гидравлических испытаниях различных емкостей и т.д.

Ремонтные работы сопровождаются также загрязнением почвы, накоплением металлических, пластмассовых и резиновых отходов вблизи производственных участков и отделений.

С экологических позиций все виды воздействия на экосистемы должны быть ниже способностей природы к самовосстановлению. В противном случае наступает деградация природных систем и их полное уничтожение.

#### 3.4.1 Расчет загрязнения

Основными элементами, вредными для здоровья человека, выделяющимися при работе дизельного двигателя являются: окись углерода, окись азота и окись альдегидов.

Их выделение рассчитывают по формуле

$$G = \frac{(160 + 13,5V_n) \cdot \rho}{100}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3},$$

где  $\rho$  – содержание вредных веществ в отработавших газах, мг;

$V_n$  – рабочий объем цилиндров двигателя, л;

Для дизеля СМД-18Н:

$$V_n = 6,33 \text{ л.}$$

$$G = \frac{(160 + 13,5 \cdot 6,33) \cdot 0,054}{100} = 0,132 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Содержание окиси углерода при работе двигателя  $G = 0,132 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$ . Расчет содержания других вредных веществ, проводится аналогично. Результаты расчетов сводим в таблицы 4.2 и 4.3.

При недостаточной вентиляции рабочие могут получить отравление окисью углерода.

Симптомами отравления являются: головная боль, головокружение, бессонница, отсутствие аппетита, тошнота и усиленное сердцебиение.

Смертельной считается концентрация  $2,5 \frac{\text{мл}}{\text{л}}$ . Эти вещества попадают также в окружающую среду.

Таблица 3.2 – Содержание вредных веществ в отработавших газах четырехтактного дизельного двигателя.

Наименование	Окись углерода, мг/м <sup>3</sup>	Окись азота, мг	Окись альдегидов, мг
Прогрев двигателя	0,071	0,07	0,051
Прогретый двигатель	0,054	0,05	0,037

Таблица 3.3 – Содержание вредных веществ в отработавших газах четырехтактного дизельного двигателя в зависимости от времени работы

Наименование	Окись углерода, мг/м <sup>3</sup>	Окись азота, мг	Окись альдегидов, мг
За 1 час	0,132	0,122	0,091
За смену	1,056	0,981	0,726
За месяц	23,232	21,582	15,972
За год	272,448	253,098	187,308

### **3.5 Безопасность жизнедеятельности при чрезвычайных ситуациях**

ЧС - составная часть системы общегосударственных социальных и оборонных мероприятий, осуществляемых в мирное и военное время в целях защиты населения и народного хозяйства страны от современных средств поражения и последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий.

Задачи, стоящие перед ЧС (по целенаправленности и содержанию проводимых мероприятий), можно разделить на следующие группы:

- 1) организация и обеспечение защиты населения от современных средств поражения и последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий;
- 2) обеспечение устойчивого функционирования народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени;
- 3) организация и проведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ в очагах поражения и зонах катастрофического загромождения, а также других мероприятий по ликвидации последствий нападения противника, стихийных бедствий, крупных аварий и катастроф.

Эти группы задач тесно взаимосвязаны, и решение каждой из них достигается выполнением комплекса мероприятий, имеющих общую направленность.

Организация и обеспечение защиты населения от современных средств поражения и последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий - главная задача гражданской обороны. Люди, как известно, составляют наивысшую ценность общества, и обеспечение их безопасности - важнейшая цель всех оборонных мероприятий.

Обеспечение защиты населения от современных средств нападения достигается проведением целого комплекса мероприятий, направленных на максимальное ослабление результатов воздействия оружия массового поражения, и созданием благоприятных условий для проживания и деятельности населения, функционирования объектов и сил гражданской обороны при вы-

полнении задач. К таким мероприятиям относятся: обеспечение всего населения защитными сооружениями и средствами индивидуальной защиты; всеобщее обязательное обучение населения способам защиты от оружия массового поражения и действиям по ликвидации последствий нападения противника, аварий, катастроф и стихийных бедствий; рассредоточение рабочих, служащих и эвакуация населения из крупных городов и зон возможного затопления; обеспечение жизнедеятельности эвакуированного населения; проведение противоэпидемических, санитарно-гигиенических, специальных профилактических и других медицинских мероприятий.

Организация и проведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ (СНАВР) в очагах поражения и зонах катастрофического затопления тесно связаны с первыми группами задач. Без успешного проведения СНАВР невозможно решить задачу защиты населения и восстановить нормальную производственную деятельность объектов народного хозяйства, подвергшихся ядерным ударам противника, или воздействию стихийных бедствий, аварий, катастроф.

СНАВР - это большой комплекс мероприятий ЧС, проводимых в целях спасения людей, оказания помощи пораженным, локализации и устранения аварий. Для ведения СНАВР привлекаются все силы ЧС объекта, которые должны быть полностью укомплектованы личным составом, оснащены специальной техникой, приборами, инструментами и другим необходимым

Ответственность за организацию и состояние гражданской обороны на объекте агропромышленного комплекса несет его руководитель, который является начальником гражданской обороны объекта. Он отвечает за постоянную готовность гражданской обороны на объекте, за своевременное планирование и проведение всех ее мероприятий на объекте в мирное и военное время. В помощь начальнику гражданской обороны объекта назначается заместитель. При начальнике гражданской обороны объекта создаются штаб и службы ЧС.

Штаб ЧС объекта является органом управления начальника граждан-

ской обороны, организатором всей практической деятельности по вопросам гражданской обороны на объекте. В зависимости от величины и важности объекта штаб комплектуется штатными работниками гражданской обороны и должностными лицами объекта, не освобожденными от основных обязанностей. Работа штаба организуется на основе решений, приказов, распоряжений и указаний начальника гражданской обороны объекта и указаний вышестоящего штаба ЧС.

Начальник штаба ЧС является первым заместителем начальника гражданской обороны объекта; он имеет право от имени начальника ЧС отдавать приказы и распоряжения по вопросам гражданской обороны на объекте.

Количество и состав служб ЧС, создаваемых на объекте, зависит от местных условий и возможностей объекта, т. е. наличия необходимых людских ресурсов и материальной базы. При наличии соответствующих возможностей на объектах агропромышленного комплекса могут создаваться следующие службы ЧС: оповещения и связи, медицинская, противопожарная, инженерная, противорадиационной и противохимической защиты, защиты сельскохозяйственных животных и растений, транспортная, охраны общественного порядка, материально-технического снабжения. При необходимости и наличии соответствующей базы могут создаваться и другие службы. Возглавляют службы главные специалисты объекта, руководители отделов, цехов, бригад и других подразделений, на базе которых создаются службы.

#### 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Для экономического обоснования разработанного устройства, определим затраты на его изготовление.

Затраты на изготовление конструкции составляют:

$$C_{\text{ц кон}} = C_{\text{кд}} + C_{\text{од}} + C_{\text{пд}} + Z_{\text{п}} + C_{\text{вм}} + N_{\text{оп}} \quad (4.1)$$

где  $C_{\text{ц кон}}$  - стоимость изготовления конструкции, руб.;

$C_{\text{кд}}$  - стоимость изготовления корпусных деталей, рам, каркасов, руб.;

$C_{\text{од}}$  - затраты на изготовление оригинальных деталей, руб.;

$C_{\text{пд}}$  - цена покупных деталей, узлов, изделий, руб.;

$Z_{\text{п}}$  - оплата труда производственных рабочих, занятых на изготовлении и сборки конструкции, руб.;

$C_{\text{вм}}$  - стоимость вспомогательных материалов (2...4% от затрат на основные материалы), руб.;

$N_{\text{оп}}$  - общепроизводственные накладные, расходы на изготовление или модернизации конструкции, руб.

$$C_{\text{кд}} = C_{\text{мк}} + Z_{\text{пк}} \quad (4.2)$$

где  $C_{\text{кд}}$  - затраты на изготовления корпусных деталей, рам, каркасов, руб.;

$C_{\text{мк}}$  - стоимость материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей, руб.;

$Z_{\text{пк}}$  - оплата труда (с отчислениями на социальные нужды) производственных рабочих, занятых на изготовление деталей, руб.;

$$C_{\text{мк}} = C_{\text{зк}} \cdot Q_{\text{кд}};$$

где  $C_{\text{зк}}$  - цена 1 кг металла (готовых изделий), руб.;

$Q_{\text{кд}}$  - масса заготовки, кг.

К корпусным деталям устройства относятся сварные соединения рама и вилка массой 372 кг. Материал Сталь 09Г2С.

Стоимость 1 кг 09Г2С равна 30,4 руб.

$$C_{МК} = Ц_{ЗК} \cdot Q_{КД} \quad (4.3)$$

$$C_{МК} = 30,4 \cdot 372 = 11309 \text{ руб.}$$

Таким образом, общая стоимость материала израсходованного на изготовление корпусных деталей равна 11309 руб.

Затраты на оплату труда рабочих при изготовлении корпусных деталей, руб.

$$З_{ПК} = З_О + З_Д + C_{СОЦ} \quad (4.4)$$

где  $З_О$  и  $З_Д$  - основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих, руб.;

$C_{СОЦ}$  - отчисления на социальные нужды, руб.

$$З_О = T_{ИЗГ} \cdot C_Ч \quad (4.5)$$

где  $T_{ИЗГ}$  - средняя трудоемкость изготовления деталей, чел-ч;

$C_Ч$  - средняя ставка сварщика, исчисляемая по IV разряду, руб./ч;

Средняя трудоемкость изготовления корпусных деталей

$$T_{ИЗГ} = 0,12 \text{ чел-ч/кг ;}$$

$$C_Ч = 91 \text{ руб./ч ;}$$

Общая масса свариваемых деталей равна 372 кг.

$$T_{ИЗГ} = 0,12 \cdot 372 = 44,6 \text{ чел-ч ;}$$

$$З_О = 44,6 \cdot 91 = 4062 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата, руб.

$$З_Д = (K_Д - 1) \cdot З_О \quad (4.6)$$

где  $K_d$  - коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате равный 1,125...1,130.

$$Z_d = (1,130 - 1) \cdot 4062 = 528 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужны, руб.

$$C_{соц} = K_{соц} \cdot (Z_o + Z_d) / 100 \quad (4.7)$$

где  $K_{соц} = 26,1$  - процент начислений на социальные нужды, %.

$$C_{соц} = 26,1 \cdot (4062 + 528) / 100 = 1198 \text{ руб.}$$

$$Z_{ПК} = 4062 + 528 + 1198 = 5788 \text{ руб.}$$

Затраты на изготовление корпусных деталей, руб.;

$$C_{кд} = C_{МК} + Z_{ПК} \quad (4.8)$$

$$C_{кд} = 11309 + 5788 = 17097.$$

Затраты на изготовление оригинальных деталей, руб.

$$C_{од} = Z_{по} + C_{мо} \quad (4.9)$$

где  $Z_{по}$  - оплата труда (с отчислениями на социальные нужды) производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, руб.;

$C_{мо}$  - стоимость материала заготовок для изготовление оригинальных деталей, руб.

$$C_{мо} = Q_{зо} \cdot Ц_{зо} \quad (4.10)$$

где  $Q_{зо}$  - масса заготовок для изготовления оригинальных деталей, кг;

$Ц_{зо}$  - цена килограмма заготовки для изготовления оригинальных деталей, руб.

В оригинальные детали входят:

- 2 вала общей массой 20кг Сталь 40х, стоимость за 1 кг - 40 руб.;

- 4 втулки общей массой 44 кг Сталь 30, стоимость за 1 кг - 38 руб.;
- 2 крышки втулки общей массой 0,6 кг Сталь 30, стоимость за 1кг - 38 руб.;

$$C_{MO} = 20 \cdot 40 + 44 \cdot 38 + 0,6 \cdot 38 = 2495 \text{ руб.}$$

Общая стоимость материала израсходованного на изготовление оригинальных деталей равна 2495 руб.

Затраты на оплату труда рабочих при изготовлении оригинальных деталей, руб.

$$Z_{\text{ПО}} = Z_{\text{О}} + Z_{\text{Д}} + C_{\text{СОЦ}} \quad (4.11)$$

где  $Z_{\text{О}}$  и  $Z_{\text{Д}}$  – основная и дополнительная оплата труда производственных рабочих, руб.;

$C_{\text{СОЦ}}$  – отчисления на социальные нужды, руб.

Основная заработанная плата производственных рабочих, руб.

$$Z_{\text{О}} = T_{\text{ИЗГ}} \cdot C_{\text{Ч}} \quad (4.12)$$

где  $T_{\text{ИЗГ}}$  - средняя трудоемкость изготовления деталей, чел-ч;

$C_{\text{Ч}}$  - средняя ставка токаря-фрезеровщика, исчисляемая по IV разряду, руб./ч;

Средняя трудоемкость изготовления корпусных деталей

$$T_{\text{ИЗГ}} = 0,3 \text{ чел-ч/кг};$$

$$C_{\text{Ч}} = 130 \text{ руб./ч};$$

Общая масса свариваемых деталей равна 372 кг.

$$T_{\text{ИЗГ}} = 0,3 \cdot 64,6 = 19,38 \text{ чел-ч};$$

$$Z_{\text{О}} = 19,38 \cdot 130 = 2519,4 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата, руб.

$$Z_{\text{Д}} = (K_{\text{Д}} - 1) \cdot Z_{\text{О}}$$

где  $K_{\text{Д}}$  - коэффициент, учитывающий доплаты к основной зарплате равный 1,125...1,130.

$$З_d = (1,130 - 1) \cdot 2519,4 = 327,5 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды, руб.

$$C_{соц} = K_{соц} \cdot (З_о + З_d) / 100$$

где  $K_{соц} = 26,1$  - процент начислений на социальные нужды, %.

$$C_{соц} = 26,1 \cdot (2519,4 + 327,5) / 100 = 743 \text{ руб.}$$

$$З_{по} = 2519,4 + 327,5 + 743 = 3590 \text{ руб.}$$

$$C_{од} = 3590 + 2495 = 6085 \text{ руб.}$$

Стоимость покупных деталей, изделий, агрегатов ( $C_{пд}$ ) берется по рыночным ценам (руб.), действующим в данный момент.

Таблица 4.1 – Стоимость покупных деталей

Наименование	Цена за одну деталь, руб	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Промышленные метизы		52	650
Подшипник 7212А	432	4	1728
Манжета 60x80x7	130	2	260
Шпонка 18x11x56	160	1	160
Редуктор 1ч-63м	7200	1	7200
Электродвигатель 4ААМ50В4ЕЭ	5020	1	5020

$$C_{пд} = 650 + 1728 + 260 + 160 + 7200 + 5020 = 15018 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда производственных рабочих, занятых на сборке конструкции, рассчитываются аналогично оплате на изготовление.

Основная оплата труда производственных рабочих, занятых на сборке конструкции, руб.

$$З_{сб} = T_{сб} \cdot C_ч \tag{4.13}$$

где  $T_{сб}$  - средняя трудоемкость сборки элементов конструкции, чел-ч;

$C_{\text{ч}}$  - средняя ставка слесаря, исчисляемая по IV разряду, руб./ч;

$C_{\text{ч}} = 91$  руб./ч;

$T_{\text{СБ}}$  - нормативная трудоемкость сборки элементов конструкции, чел-ч.

$$T_{\text{СБ}} = K_{\text{С}} \cdot t_{\text{СБ}} \quad (4.14)$$

где  $K_{\text{С}} = 1,08$  - коэффициент, учитывающий соотношение между полным и оперативным временем сборки ;

$t_{\text{СБ}}$  - суммарная трудоемкость сборки составных частей конструкции чел-ч.

$$t_{\text{СБ}} = \Sigma(t_{\text{СЧ}} \cdot N_{\text{Д}}) / 60 \quad (4.15)$$

где  $t_{\text{СЧ}}$  - трудоемкость сборки отдельных видов соединений, мин;

$N_{\text{Д}}$  - количество соединений, шт.

$t_{\text{СБ}} = 2$  чел-ч ;

$$T_{\text{СБ}} = 1,08 \cdot 2 = 2,16 \text{ чел-ч ;}$$

$$З_{\text{СБ}} = 2,16 \cdot 91 = 196,56 \text{ руб.}$$

Стоимость вспомогательных материалов определяется по формуле:

$$C_{\text{ВМ}} = P \cdot (C_{\text{МК}} + C_{\text{МО}} + C_{\text{ПД}}) / 100 \quad (4.16)$$

где  $P$  – процент вспомогательных материалов от стоимости основных,  $P = 2...4\%$ .

$$C_{\text{ВМ}} = 3 \cdot (11309 + 2493 + 15018) / 100 = 864 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, руб.

$$H_{\text{ОП}} = 0,01 \cdot З_{\text{О}} \cdot R_{\text{ОП}} \quad (4.17)$$

где  $З_{\text{О}}$  - основная заработная плата производственных рабочих участ-

вующих в изготовлении конструкции, руб.;

$R_{\text{ОП}}$  - процент общепроизводственных расходов ( $R_{\text{ОП}} = 142\%$ ).

$$Z_0 = Z_{\text{ПК}} + Z_{\text{ПО}} + Z_{\text{СБ}} \quad (4.18)$$

$$Z_0 = 5788 + 3590 + 196,56 = 9574,56 \text{ руб.}$$

$$H_{\text{ОП}} = 0,01 \cdot 9574 \cdot 142 = 13595 \text{ руб.}$$

Полная стоимость изготовления устройства:

$$C_{\text{Ц кон}} = 17097 + 6085 + 15018 + 9574,56 + 864 + 13595 = 62233,56 \text{ руб.}$$

Так как изготовление устройства предлагаем выполнить силами предприятия, в затраты включаются и общехозяйственные расходы ( $H_{\text{ОХ}}$ ), то есть

$$C_{\text{Общ.кон}} = C_{\text{Ц кон}} + H_{\text{ОХ}} \quad (4.19)$$

$$H_{\text{ОХ}} = 0,01 \cdot R_{\text{ОХ}} \cdot Z_{\text{П}}, \text{ руб.};$$

$R_{\text{ОХ}}$  - процент общехозяйственных расходов;

$$R_{\text{ОХ}} = 20\%;$$

$$H_{\text{ОХ}} = 0,01 \cdot 20 \cdot 9574,56 = 1915 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{Общ.кон}} = 62233,56 + 1915,44 = 64149 \text{ руб.}$$

Удельные прямые эксплуатационные затраты на единицу работы определяем по формуле:

$$\text{Э}_{\text{з.уд.}} = Z_{\text{П}} + A_{\text{Т}} + P_{\text{Т}} + П_{\text{З}} \quad (4.20)$$

где  $\text{Э}_{\text{з.уд.}}$  - удельные прямые эксплуатационные затраты, руб./ч;

$Z_{\text{П}}$  - заработная плата обслуживающего персонала, руб./ч;

$A_{\text{Т}}$  - амортизационные отчисления на полное восстановление основных средств, руб./ч.;

$P_{\text{Т}}$  - затраты на ремонт и ТО, руб./ч.;

$П_{\text{З}}$  - прочие прямые затраты, руб./ч.;

Затраты на оплату труда определяем по формуле:

$$З_{\Pi} = C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \cdot R_{\text{соц}} \quad (4.21)$$

где  $C_{\text{ч}}$  - тарифная ставка,  $C_{\text{ч}} = 91$  руб.,

$K_{\text{д}}$  - коэффициент дополнительной оплаты труда,  $K_{\text{д}} = 1,13$ .

$R_{\text{соц}}$  – отчисление на социальные нужды,  $R_{\text{соц}} = 26,1$  %.

$$З_{\Pi} = 91 \cdot 1,13 \cdot 0,261 = 27 \text{ руб./ч.}$$

Амортизационные отчисления на полное восстановление основных средств находим на формуле:

$$A_{\text{T}} = (B_{\text{СТ}} \cdot a') / (100 \cdot T_{\text{з}}) \quad (4.22)$$

где  $B_{\text{СТ}}$  - стоимость внедряемого оборудования, руб.;

$a'$  - норма амортизационных отчислений для устройства,  $a' = 5\%$ ;

$T_{\text{з}}$  - среднегодовая загрузка устройства,  $T_{\text{з}} = 320$  ч.

$$A_{\text{T}} = (64149 \cdot 5) / (100 \cdot 320) = 10 \text{ руб./ч.}$$

Затраты на ремонт и ТО находим по формуле:

$$P_{\text{T}} = (B_{\text{СТ}} \cdot a_1) / (100 \cdot T_{\text{з}}) \quad (4.23)$$

где  $a_1$  - норма амортизационных отчислений на ремонт и ТО,

$a_1 = 2\%$ .

$$P_{\text{T}} = (64149 \cdot 2) / (100 \cdot 320) = 4 \text{ руб./ч.}$$

Прочие и прямые затраты находим по формуле:

$$\Pi_{\text{з}} = n \cdot \Sigma\Pi_{\text{ЗАР}} \quad (4.24)$$

где  $n$  - процент прочих прямых затрат,  $n = 10\%$ ;

$\Sigma\Pi_{\text{ЗАР}}$  - сумма прямых затрат, руб./ч.

$$\Pi_{\text{з}} = 0,1 \cdot (27 + 10 + 4) = 4,1 \text{ руб./ч.}$$

$$\text{Э}_{\text{з.уд.}} = 27 + 10 + 4 + 4,1 = 45,1 \text{ руб./ч.}$$

Затраты на оплату труда рабочих:

$$З_{\Pi} = З_{\text{О}} + З_{\text{Д}} + С_{\text{соц}} \quad (4.24)$$

где  $З_{\text{О}}$  - основная заработная плата, руб./ч;

$З_{\text{Д}}$  - дополнительная заработная плата, руб./ч;

$С_{\text{соц}}$  - начисления на социальные нужды, руб./ч.

$$З_{\text{О}} = С_{\text{ч}} \cdot Т_{\text{СБ}}$$

где  $С_{\text{ч}}$  – часовая тарифная ставка, руб./ч,  $С_{\text{ч}} = 91$  руб./ч;

$$Т_{\text{СБ}} = 1 \text{ чел.-ч.}$$

$$З_{\text{О}} = 91 \cdot 1 = 91 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{Д}} = (К_{\text{Д}} - 1) \cdot З_{\text{О}}$$

где  $К_{\text{Д}}$  - коэффициент дополнительной оплаты труда,  $К_{\text{Д}} = 1,130$ .

$$З_{\text{Д}} = (1,130 - 1) \cdot 91 = 11,8 \text{ руб.}$$

$$С_{\text{соц}} = (R_{\text{соц}} \cdot (З_{\text{О}} + З_{\text{Д}})) / 100 \quad (4.25)$$

где  $R_{\text{соц}}$  – отчисления на социальные нужды,  $R_{\text{соц}} = 26,1\%$ .

$$С_{\text{соц}} = (26,1 \cdot (91 + 11,8)) / 100 = 26,8 \text{ руб.}$$

$$З_{\Pi} = 91 + 11,8 + 26,8 = 129,6 \text{ руб.}$$

Экономия эксплуатационных затрат:

$$\text{Э}_{\text{ЭЗ}} = З_{\Pi} - \text{Э}_{\text{з.уд.}} = 129,6 - 45,1 = 84,5 \text{ руб.}$$

Годовая экономия:

$$\text{Э}_{\text{ГОД}} = 84,5 \cdot 320 = 27040 \text{ руб./год.}$$

Срок окупаемости:

$$T_{\text{Д}} = B_{\text{СТ}} / \text{Э}_{\text{ГОД}} = 64149 / 27040 = 2,37 \text{ года.}$$

Округлим значение срока окупаемости до десятых.

$$T_{\text{Д}} = 2,4 \text{ года.}$$

Таблица 4.2 – Экономическая эффективность работы

Наименование показателя	Величина
Дополнительные капитальные вложения, руб.	64149
Годовая экономия от внедрения устройства, руб.	27070
Снижение затрат труда при внедрении станда, %	33,3
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	2,4

Таким образом, при дополнительных капитальных вложениях в размере 64149 руб., внедрение предлагаемой конструкции устройства позволит сэкономить 27040 руб. в год. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений 2,4 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

1. Анализ современного состояния восстановления коленчатых валов показал, что наиболее серьезным дефектом считается износ коренных и шатунных шеек.

2. Существующие конструкции устройства для восстановления валов наплавкой имеют ряд существенных недостатков, которые устранены в предложенной конструкции.

3. Предлагаемая конструкция устройства для вибронаплавки коренных и шатунных шеек коленчатых валов позволит сократить затраты труда на 33,3 %..

4. Приведено описание необходимых мер обеспечения БЖД на производстве и при работе с устройством. Выполнены необходимые уточняющие расчеты.

5. Технико-экономическая оценка работы показала, что при дополнительных капитальных вложениях в размере 64149 руб., внедрение предлагаемой конструкции станда позволит сэкономить 27040 руб. в год. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составит 2,4 года.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабусенко С.М. Проектирование ремонтных предприятий. – М.: Колос, 1981.
2. Черепанов С.С. Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. – М.: 1985.
3. Смелов А.П. Курсовое и дипломное проектирование по ремонту машин. – М.: Колос, 1984.
4. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания. – М.: Транспорт, 1985.
5. Полуян А.Г. Методическое указание по обоснованию оптимального варианта рабочего места. – зерноград, АЧИМСХ, 1983.
6. Типовые нормы времени на капитальный ремонт для специализированных предприятий. Автомобиль ГАЗ-53А. – М.: 1977.
7. Ананасенко А.В. Проектирование ремонтных предприятий. – Киев.: Высшая школа, 1981.
8. Полуян А.Г. Методическое указание по составлению графика цикла восстановления (ремонта) деталей. – зерноград, АЧИМСХ, 1983.
9. Петров Ю.Н. Основы ремонта машин. – М.: Колос, 1972.
10. Мельникова Ф.И. Методическое указание по экономическому обоснованию дипломного проекта по ремонту машин. зерноград, 1992.
11. Малышев Г.А. Теория авторемонтного производства. М.: Транспорт, 1977.
12. Шадрычев В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей. – М.: Машиностроение, 1976.
13. Тельков Н.Ф. Ремонт машин. – М.: Агропромиздат, 1992.
14. Левитский И.С. Технология ремонта машин и оборудования. – М.: Колос, 1975.
15. Чернявский С.А. и др. Курсовое проектирование деталей машин. – М.: Машиностроение, 1979.

16. Левитский И.С. Организация ремонта и проектирование сельскохозяйственных ремонтных предприятий. – М.: Колос, 1964.
17. Ануриев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. Т.1. – М.: Машиностроение, 1982.
18. Ануриев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. Т.2. – М.: Машиностроение, 1982.
19. Салов Ф.М. Охрана труда на предприятиях автотранспорта. 1991.
20. Иващенко Н.И. Технология ремонта автомобилей. – Киев.: Высшая школа, 1977.

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	4
Введение	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАССМАТРИВАЕМОГО ВОПРОСА	6
1.1 Основные дефекты коленчатых валов и способы их устранения	6
1.2 Сравнительный анализ существующих моделей	23
2 УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ	38
2.1 Предлагаемая конструкция устройства	38
2.2 Расчет режимов наплавки	41
3 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ	46
3.1 Общие положения	46
3.2 Инструкция по безопасности жизнедеятельности при работе с уста- новкой для восстановления коленвалов	52
3.3 Расчет заземления устройства для восстановления коленчатых валов	54
3.4 Экологическая безопасность	56
3.5 Безопасность жизнедеятельности при чрезвычайных ситуациях	59
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ	62
Заключение	72
Литература	73
Содержание	75

17.51.01

Дефект	Способ устранения
Износ коренных и шапунных шеек; овальность, конусность, задиры посадочных мест под распределительную шестерню, шкив и маховик	Шлифование под ремонтный размер. Нанесение покрытий электродуговой наплавкой, электроконтактной приваркой ленты, газотермическим напылением порошковых материалов. Наплавка с последующим обтачиванием и шлифованием, электроконтактная приварка ленты с последующим шлифованием
Износ масляной резьбы	Углубление резьбы резцом и шлифование шейки до выведения следов износа
Износ шпоночных канавок.	Фрезерование под увеличенный размер шпонок, новой шпоночной канавки; наплавка с последующим фрезерованием шпоночной канавки.
Износ посадочного места наружного кольца шарикоподшипника в торце вала	Растачивание посадочного места, запрессовка втулки с последующим растачиванием, наплавка с последующим растачиванием
Износ отверстий под штифты крепления маховика	Развертывание под ремонтный размер
Износ резьбы	Растачивание или зенкерование с последующим нарезанием резьбы увеличенного размера, углубление резьбовых отверстий с последующим нарезанием такой же резьбы под удлиненные болты (пробки)
Скручивание вала (нарушение расположения кривошипов)	Шлифование шеек под ремонтный размер с последующей балансировкой, наплавка шеек с последующим обтачиванием, шлифованием и балансировкой
Торцевое биение фланца маховика	Подрезание торца фланца на токарном станке с последующей балансировкой
Изгиб вала: до 0,15...0,2 мм до 0,2... 1,2 мм Трещины	Шлифование шеек под ремонтный размер. Правка под прессом или чеканка шеек Шлифование шеек под ремонтный размер, разделка трещин с помощью абразивного инструмента.
Коррозия трущихся поверхностей	Зачистка шлифовальной шкуркой, шлифование и полирование

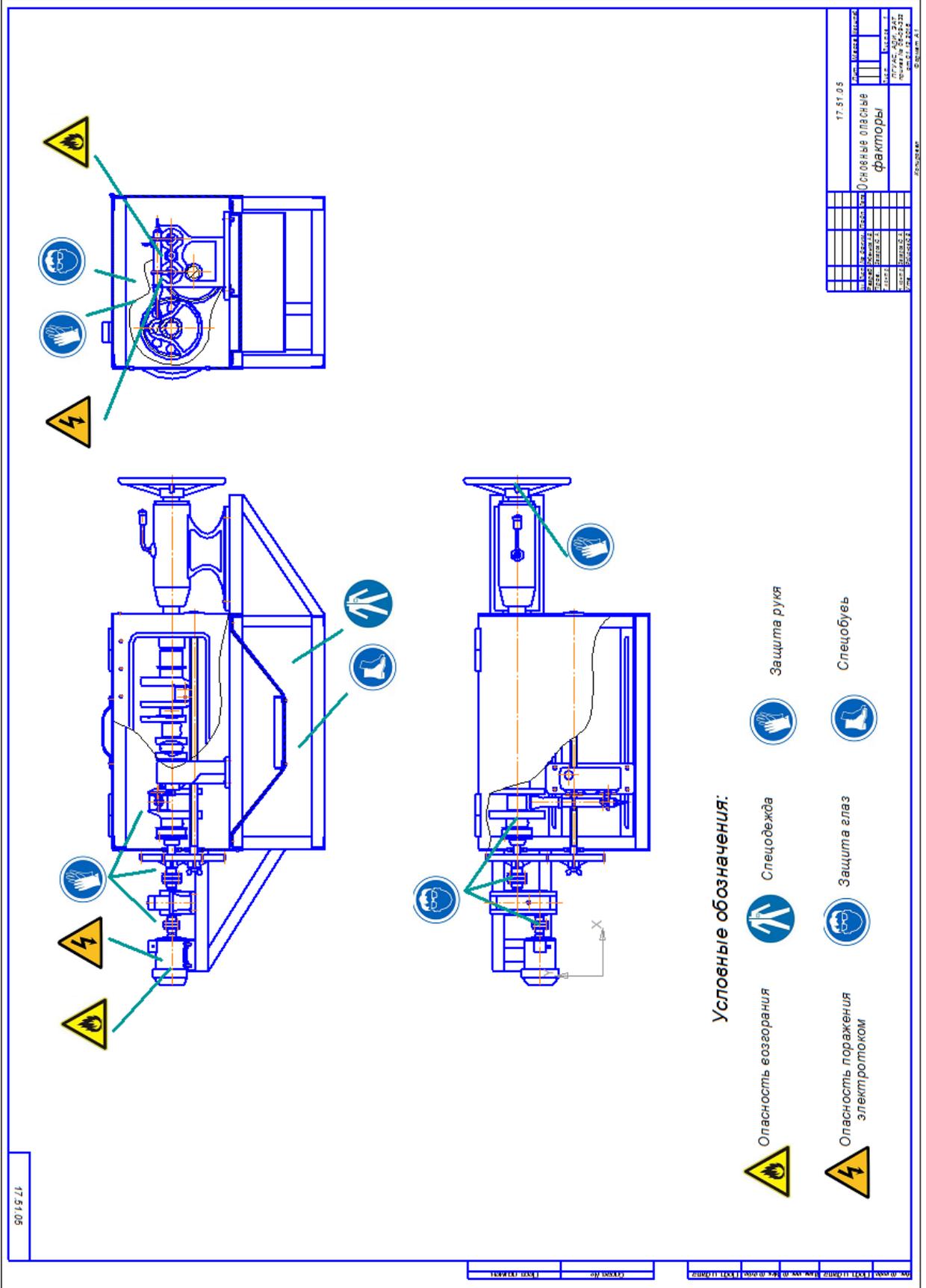
17.51.01

№	Имя	Фамилия	Инициалы	Подпись	Дата
1	Иванов	Иван	Иванович		
2	Петров	Петр	Петрович		
3	Сидоров	Сидор	Сидорович		
4	Смирнов	Смирнов	Смирнович		
5	Толкачев	Толкачев	Толкачевич		
6	Труфанов	Труфанов	Труфанович		
7	Харин	Харин	Харинич		
8	Хохлов	Хохлов	Хохлович		
9	Цыганков	Цыганков	Цыганкович		
10	Чайков	Чайков	Чайкович		
11	Шаров	Шаров	Шарович		
12	Шевыряков	Шевыряков	Шевырякович		
13	Шибанов	Шибанов	Шибанович		
14	Широк	Широк	Широк		
15	Шурин	Шурин	Шурин		
16	Щеголов	Щеголов	Щеголов		
17	Щербина	Щербина	Щербина		
18	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
19	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
20	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
21	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
22	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
23	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
24	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
25	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
26	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
27	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
28	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
29	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
30	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
31	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
32	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
33	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
34	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
35	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
36	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
37	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
38	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
39	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
40	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
41	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
42	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
43	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
44	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
45	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
46	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
47	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
48	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
49	Щербинин	Щербинин	Щербинин		
50	Щербинин	Щербинин	Щербинин		

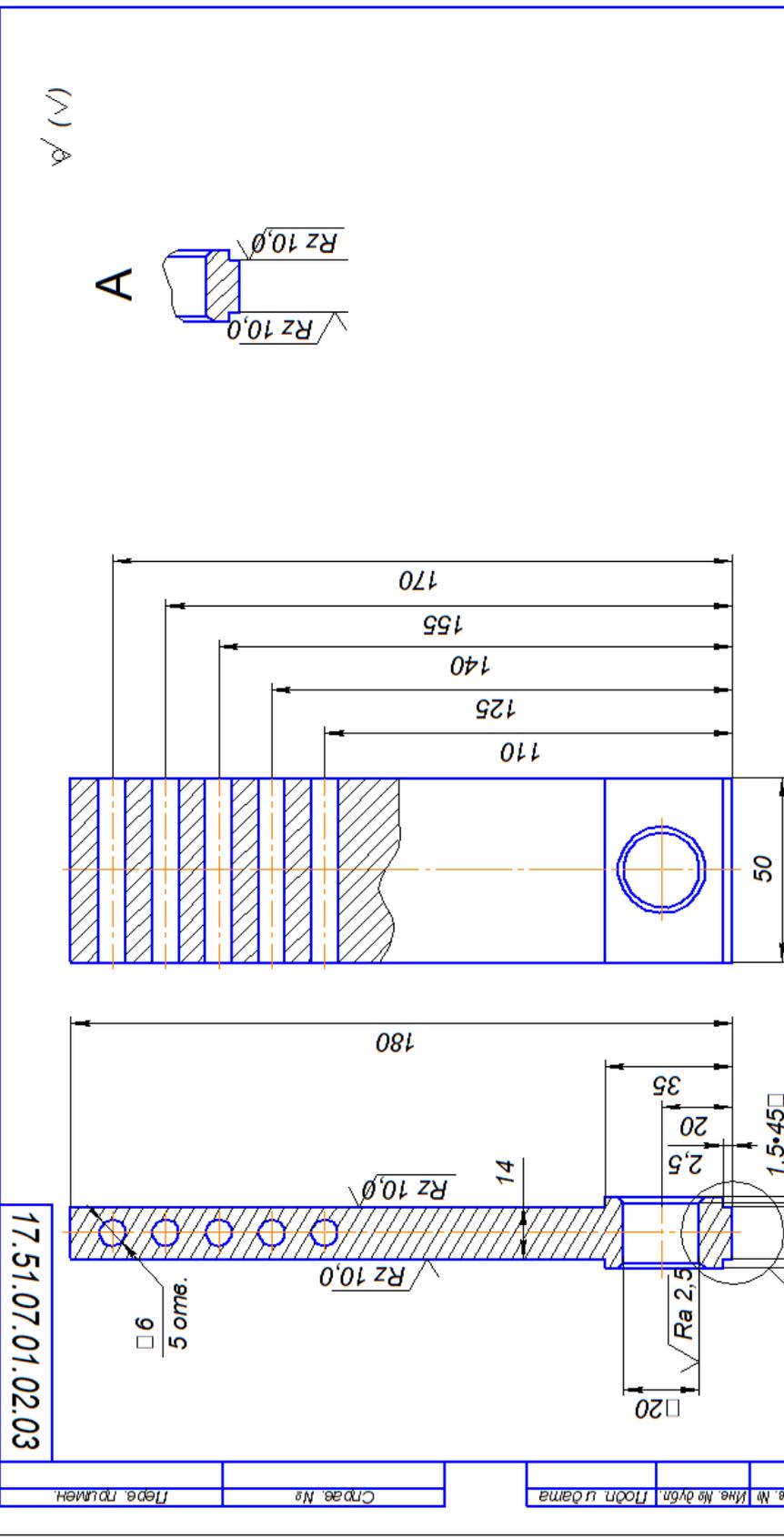












1. \*Размер для справок.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров по  $\pm IT14/2, H14, h14$ .

17.51.07.01.02.03		Лист	Масса	Масштаб
Шатун				1:1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Разраб. А.Б.			
Пров.	Валерий Ю.А.			
Т.Колл.Д.				
Н.Колл.Д.	Валерий Ю.А.			
Утв.	Родников Ю.В.			
Полоса		20х200 ГОСТ 1577-93		Листов 1
		Сталь 40Х ГОСТ 4643-71		Лист 1
		ПГУАС-АДИ-ЭАТ		приказ № 06-09-332
		от 01.12.2016		Формат А3

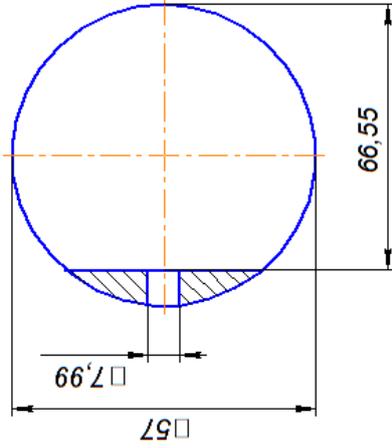
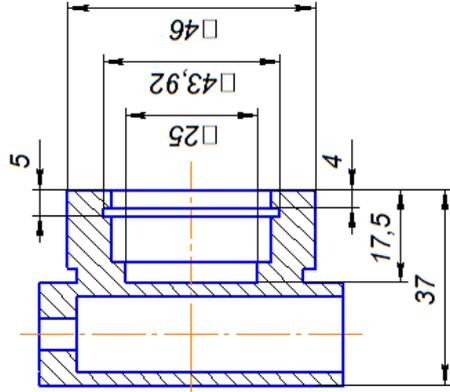
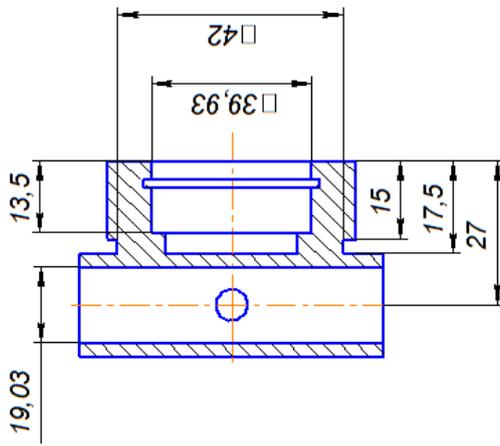
Копировал

17.51.07.01.02.03

Име. № подл.	Лист и дата	Взам. лич. №	Лист № дроб.	Лист и дата
Справ. №				
Листе. грам. №				

17.51.07.01.02.02

$\sqrt{Rz\ 10,0\ (\checkmark)}$



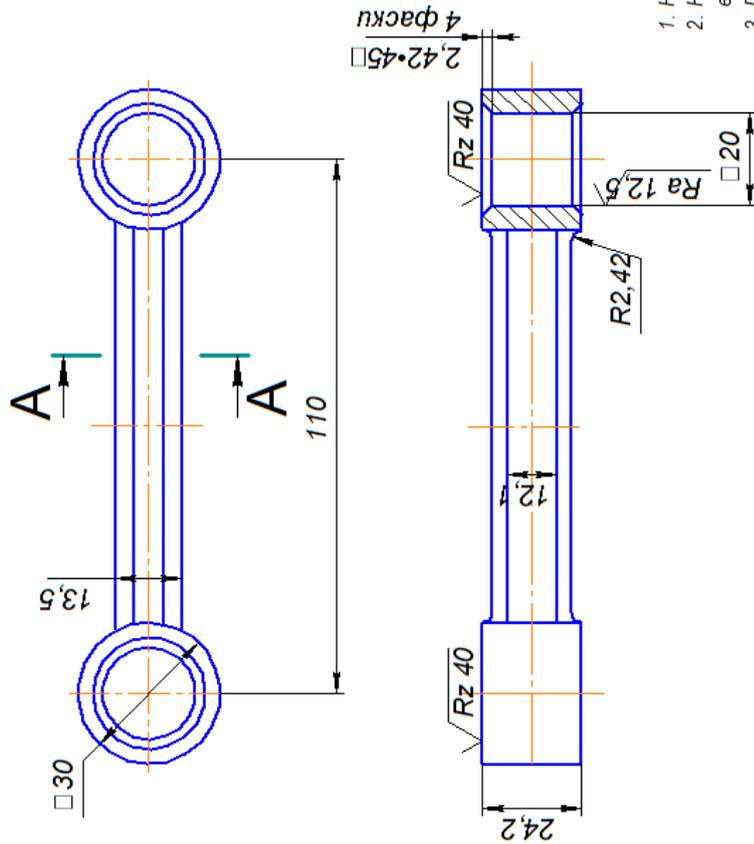
1. Несоосность  $\square 25$ ,  $\square 30$ ,  $\square 33$ ,  $\square 42$ ,  $\square 46$ ,  $\square 57$  мм допускается не более 0,02 мм.
2. Шероховатость диаметров по п.1 не менее Ra 1,25 по 8 квалификации
3. Неуказанные предельные отклонения размеров по IT14/2, H14, h14.
4. Проточка в отверстии  $\square 30$  мм по ГОСТ 9833-73 под кольцо стопорное 030-034-25.
5. Неуказанные радиусы сопряжений не более: наружные - R1, внутренние r 0,5.

17.51.07.01.02.02		Лист	Масса	Масштаб
Стакан			-	1:1
Изм.	Исполн.	Провер.	Утвер.	Листов 1
Разработ.	Инженер А.В.	Заваров Ю.А.	Заваров Ю.А.	ЛПУА С, АДИ, ЭАТ
Проект.	Заваров Ю.А.	Заваров Ю.А.	Заваров Ю.А.	приказ № 06-09-332
Исполн.	Заваров Ю.А.	Заваров Ю.А.	Заваров Ю.А.	от 01.12.2016
Утвер.	Заваров Ю.А.	Заваров Ю.А.	Заваров Ю.А.	Формат А3

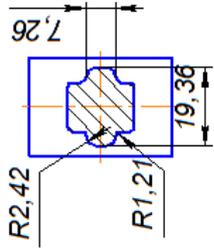
Имя, № подл.	Подп. и дата	Взам. и №	Имя, № дубл.	Подп. и дата
Стрел. №	Листов	Лист	Лист	Лист
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

17.51.07.01.02.01

А (✓)



A-A

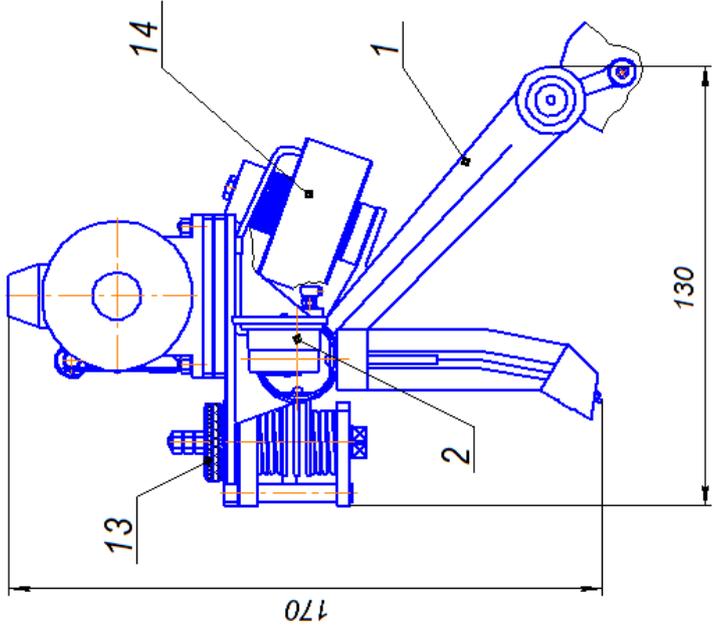
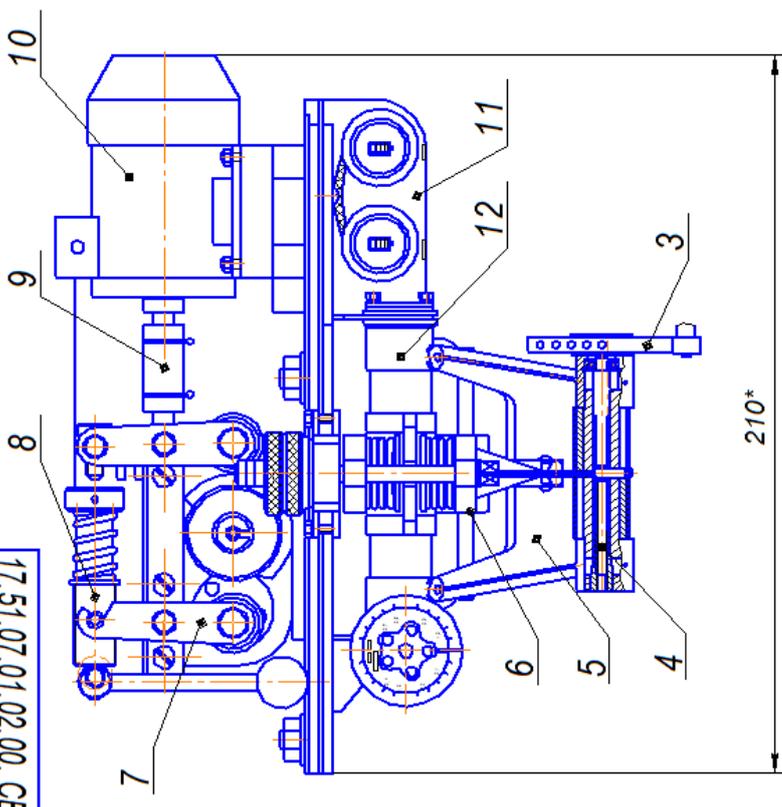


1. Неуказанные предельные отклонения размеров по  $\pm T/14/2$ , H14, h14.
2. Неуказанные литейные радиусы не более: наружные R1, внутренние r0,5.
3. После отливки проверить наличие внутренних флоков металлографическим способом. Наличие более 3 флоков на 1 см<sup>2</sup> не допускается.

17.51.07.01.02.01		Лит.	Масса	Масштаб
<b>Рычаг</b>				1:1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб. Вильямов А.В.				
Проект. Захаров Ю.А.				
Т.Колпир.				
Н.Колпир.		Захаров Ю.А.		
Утв.		Робиков Ю.В.		
Сталь 10Х12НДП ГОСТ 977-88		Листов 1		
Копировал		Лист 1		
Формат А3		ЛГУАС, АДИ, ЭАТ		
		приказ № 06-09-332		
		от 01.12.2016		

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	Справа №	Пере. примен.

17.51.07.01.02.00.СБ



1. Максимальная потребляемая мощность с двумя сварочными выпрямителями - 85 кВт.
2. Загрузка колесной пары на вращатель - пневматическая.
3. Максимальный диаметр наплавляемой поверхности - 1200 мм.
4. Высота наплавляемого слоя - 2-6 мм.
5. Максимальный сварочный ток - 500 А.
6. Скорость наплавки - 10-70 м/час. (регулировка бесступенчатая).
7. Частота вращения колесной пары при наплавке - 0,1...0,2 об/мин.
8. Тип привода перемещения наплавочных головок - электрический.
9. Тип привода вращения колесной пары - электрический.
10. Величина поперечного перемещения наплавочных головок - 150 мм.

17.51.07.01.02.00.СБ

Головка  
наплавочная

Лит.	Масса	Масштаб
		1:2,5
Лист 1	Листов 1	
ПГУАС, АДЛ, ЭАТ приказ № 06-09-332 от 01.12.2016		

Копировал  
Формат А3

Имя № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Лист № дубл.
Лист № инв.	Имя инв. №
Срвае. №	Лист № дубл.
Лист № инв.	Имя инв. №

Имя № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Лист № дубл.
Лист № инв.	Имя инв. №
Срвае. №	Лист № дубл.
Лист № инв.	Имя инв. №