

**ФБГОУ ВПО «БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, НАДЕЖНОСТИ,  
РЕМОНТА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

**Тюрева А.А., Козарез И.В.**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ**

**Методические указания  
по выполнению курсового и дипломного проекта  
для студентов обучающихся по специальности  
110304 «Технология обслуживания и ремонта машин  
в агропромышленном комплексе»**

Брянск - 2010

УДК 631.3.004.67 (076)  
ББК 40.72:30.82  
Т 98

**Тюрева, А.А.** Проектирование технологических процессов ремонта и восстановления / А.А. Тюрева, И.В. Козарез. – Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2012. – 181 с.

Методические указания разработаны к.т.н., доцентом Тюревой А.А. и к.т.н., доцентом Козарез И.В. и предназначены для студентов очной и заочной формы обучения высших учебных заведений, обучающихся по специальности 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе».

Рецензент: д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ТОЖ и ПП  
Купреенко А.И.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию Методическим советом инженерного факультета, Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2010 г.

© А.А. Тюрева, 2010  
© И.В. Козарез, 2010  
© Брянская ГСХА, 2010

## ВВЕДЕНИЕ

Из-за удорожания техники и запасных частей к ней и резкого снижения покупательной способности сельских товаропроизводителей АПК, восстановление изношенных деталей является самым доступным способом поддержания парка машин в работоспособном состоянии, что можно объяснить следующим.

– В настоящее время около 70 % себестоимости ремонта составляют затраты на приобретение запасных частей взамен изношенных. Но в тоже время износы 85 % деталей не превышают 0,3 мм, причем многие из них имеют достаточно высокие остаточные ресурсы и только порядка 10 % деталей, поступающих в ремонт, подлежат окончательной выбраковке (подшипники качения, резинотехнические изделия). Поэтому одним из резервов снижения себестоимости ремонта является сокращение затрат на приобретение запасных частей, что достигается восстановлением и повторным использованием изношенных деталей, причем себестоимость восстановления составит 20...60 % от цены новой детали.

– Восстановление деталей – один из основных путей экономии материально-сырьевых и энергетических ресурсов, решение экологических проблем, так как затраты энергии, металлов и других материалов в 25...30 раз меньше, чем затраты при изготовлении новых деталей.

– В процессе восстановления можно существенно повысить качество ремонта, так как ряд технологических способов предусматривают не только обновление геометрических параметров детали, но и придание ее рабочим поверхностям определенных свойств, например, повышающих износостойкость.

В экономически развитых странах на рынке запасных частей восстановленные детали преобладают, они в 1,5...2,5 раза дешевле новых, а по ресурсу, как правило, не уступают им. Это достигается, прежде всего, за счет участия в нем фирм, производящих машины и специализированных фирм по восстановлению изношенных деталей. Например, на мотороремонтном заводе английской фирмы «Бинз Индастриз Лимитед» ремонтируют ежегодно около 60 тыс. двигателей типа «Форд» и восстанавливают блоки цилиндров, головки блоков,

коленчатые и распределительные валы, шатуны, гильзы и другие дорогостоящие детали. Аналогично поставлено восстановление деталей на ремонтных заводах компании «Перкинс» и других. Разработка технологий, оборудования и материалов документации на восстановление деталей проводят в исследовательском центре, насчитывающем около двух тысяч специалистов, а также в исследовательских лабораториях, находящихся в различных странах.

Безотказность машин определяется стабильностью ресурсов восстановленных деталей, которая зависит от правильного выбора способа восстановления и строгого соблюдения технологического процесса.

Государственный образовательный стандарт ВПО специальности 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе» предусматривает изучение дисциплины «Технология ремонта машин». При изучении дисциплины ставится цель подготовить будущих специалистов к решению задач по применению современных технологий технического обслуживания, ремонта и восстановления деталей машин для обеспечения постоянной работоспособности машин и оборудования.

В результате чего специалист по данному профилю должен уметь, в частности, осуществлять контроль параметров технологических процессов, качества готовой продукции и оказываемых услуг технического сервиса. А также эффективно использовать материалы, оборудование, алгоритмы и расчеты параметров технологического процесса.

# 1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Восстановление детали – технологический процесс возобновления исправного состояния и ресурс детали путем возвращения утраченной из-за изнашивания части материала и (или) доведения до нормативных значений свойств, изменившихся в процессе эксплуатации.

Технологический процесс восстановления – это процесс, содержащий целенаправленные действия по изменению определенного состояния деталей с целью восстановления их эксплуатационных свойств.

Процесс восстановления детали включает операции: очистки, определения технического состояния (дефектации), принятия решения по технологии восстановления, восстановления (создания ремонтных заготовок с припуском на восстанавливаемых поверхностях; термической, химико-термической и механической обработки; поверхностного или объемного пластического деформирования; нанесения покрытий), контроля и консервации. Основное содержание процесса восстановления заключается в выполнении операции по созданию припуска на поверхностях детали, термической и механической обработки.

В зависимости от количества изделий, охватываемых процессом ремонта (ГОСТ 3.1109), установлены следующие технологические процессы:

– *единичный* – технологический процесс ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства (восстановление головок блока двигателей А-41).

– *типовой* – технологический процесс ремонта группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками (валы КПП);

– *групповой* – технологический процесс ремонта изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками (восстановление группы деталей или устранение дефектов различной конфигурации в конкретных условиях их производства на специализированных рабочих местах).

В таблице 1 представлен пример разделения технологических процессов по этому признаку.

Таблица 1

Процесс	Вид процесса
Очистка	групповой, единичный
Разборка	единичный
Дефектация	Единичный, типовой
Сборка	единичный
Обкатка, испытание	единичный
Окраска, консервация	Групповой, единичный
Восстановление	Типовой (предпочтительно), единичный

По назначению технологические процессы подразделяют на рабочие и перспективные. *Рабочий* процесс разрабатывают для конкретного ремонтного предприятия, ремонтной мастерской с учетом использования имеющегося оборудования, оснастки и инструмента. *Перспективный* процесс разрабатывают с учетом современных достижений науки, техники и передового опыта.

По степени детализации технологические процессы классифицируют по трем вариантам описания:

– *маршрутное* – сокращенное описание операций, выполняемых по маршрутной карте (МК), в которой их содержание излагается укрупненно, без указания переходов и режимов обработки;

– *маршрутно-операционное* – сокращенное описание операций, выполняемых по МК или карте технологического процесса (КТП), в которых содержание большей части из них излагается коротко, без указания переходов и режимов обработки, а отдельные операции даются полно, с указанием переходов и режимов обработки;

– *операционное* – полное описание всех операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и режимов обработки.

Цель производства по восстановлению деталей заключается в экономически эффективном возобновлении надежности в результате наиболее полного использования остаточной долговечности детали. Поэтому одной из главных проблем развития ремонтного производства является организации восстановления и совершенствование технологических процессов возобновления ресурса.

Организация восстановления связана с решением следующих задач:

- обоснование номенклатуры и объемов восстанавливаемых деталей для данного уровня производства;
- выбор рационального способа восстановления и обоснования технологических процессов восстановления;
- обоснование типажа и количества ремонтно-технологического оборудования, приспособлений и инструмента;
- расчет экономической целесообразности восстановления

Действует трехуровневая система производства по восстановлению изношенных деталей

1. цехи и участки восстановления деталей при специализированных ремонтных предприятиях. Номенклатура и объем восстанавливаемых деталей в них зависят от специализации и программы ремонтируемых машин и агрегатов.

2. участки и посты при мастерских общего назначения. Восстанавливают детали широкой номенклатуры с использованием универсального оборудования.

3. участки и посты в ремонтных мастерских.

Для 1-го и 2-го уровня действуют следующие направления (стратегии):

А) объемы восстановления определяют наличием ремонтного фонда, восстанавливают все ремонтнопригодные детали. Новые запасные части применяют только вместо выбракованных. Такая стратегия применяется к тем деталям, восстановление которых дает большой экономический эффект и способствует снижению себестоимости ремонта.

Б) объемы восстановления определяют наличием запасных частей, число которых лимитировано. Восстанавливают лишь недостающие детали. Данное направление целесообразно использовать для деталей, восстановление которых требует высоких трудовых и материальных затрат.

В) сочетание двух предыдущих, т.е. пока запас новых величин превышает страховую величину – первая стратегия, если запас ниже – вторую.

Большое разнообразие деталей с.-х техники, отличающееся по размерам, форме, шероховатости поверхности и изготавливаемых на различном технологи-

ческом оборудовании с разной технологической оснасткой, порождает многообразие технологических процессов и различные затраты труда на их ремонт.

Сокращение числа технологических процессов и разработка общих принципов их проектирования могут быть осуществлены на основе типизации технологических процессов, основывающихся на классификации деталей по конструктивно-технологическим признакам.

В качестве конструктивных признаков рассматриваются: геометрические размеры, материал и масса детали, точность изготовления, шероховатость поверхности. Основными технологическими признаками являются: вид износа, общность дефектов и их сочетаний, применяемые способы и средства восстановления.

Базируясь на конструктивно-технологические признаки, и учитывая возможность применения того или иного способа восстановления, предложено [17] разделять детали на 15 групп: 1 – блоки и головки цилиндров, корпусные детали; 2 – корпуса КПП, редукторов и других деталей трансмиссии; 3 – коленчатые и распределительные валы; 4 – гильзы цилиндров, поршни; 5 – шатуны, кронштейны, вилки; 6 – поршневые пальцы, клапаны, толкатели; 7 – шкивы, маховики, диски сцепления; 8 - стаканы, ступицы колес и шкивов; 9 – шлицевые и карданные валы, оси; 10 – прецизионные детали топливной аппаратуры и гидросистем; 11 – шестерни, звездочки, шлицевые втулки; 12 – звенья гусениц, колеса, барабаны; 13 – опорные катки, поддерживающие ролики и ведущие колеса; 14 – лемеха, лапы, диски, отвалы; 15 – планки, звенья и пальцы транспортеров.

Каждая группа деталей в устранении основных дефектов в условиях различных типов производств существенно отличается. Если в условиях специализированных предприятий и крупных цехов по восстановлению деталей устраняют все их дефекты, то в условиях небольших цехов и участков устраняются лишь менее сложные дефекты, применяя при этом сравнительно простую технологию, не требующую использования точного и высокопроизводительного оборудования.

Восстановление изношенных деталей даже одного наименования, как правило, нельзя организовать по единой технологии на одном общем потоке, поскольку они имеют различные дефекты.

### 1.1 Этапы разработки технологических процессов

Для проектирования технологических процессов восстановления необходима базовая, руководящая и справочная информация.

Базовой информацией принято считать данные, которые отражены в конструкторской документации на изделие и программу его восстановления.

Руководящая информация – это сведения, которые содержатся в стандартах на технологические и процессы и методы управления ими, на оборудование и оснастку; в документации на перспективные способы восстановления; в производственных инструкциях.

Справочная информация содержится в действующих технологических процессах; описаниях прогрессивных способах восстановления деталей; каталогах и справочниках современного оборудования и технологической оснастки; материалах по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расходов материалов и т.д.).

Процесс проектирования осуществляется путем последовательного решения этапов (рисунок 1). Алгоритм разработки технологических процессов ремонта согласно представленной схеме, приведен ниже.

На первом этапе проводят анализ исходных данных для разработки процессов: изучение конструкторской документации на изделие, технических требований на разборку, дефектацию, восстановление. Также рассматривают структуру и организационные возможности ремонтной базы.

Далее проводят поиск аналога единичного или выбор типового процесса, для чего рассматривают документацию рабочих или перспективных единичных, типовых или групповых процессов.

На третьем этапе – составляют маршрут восстановления деталей или разборки, сборки, дефектации, обкатки и испытания сборочной единицы, агрегата

или машины. Для чего выбирают возможные способы, применяемые при восстановлении, уточняют состав средств технологического оснащения, последовательность операций. Разбиение технологического процесса восстановления на операции определяется типом производства, основной характеристикой которого является коэффициент закрепления операций  $K_{з.о.}$ , характеризующий число технологических операций, приходящееся на одно рабочее место за месяц. Степень разбиения технологического процесса на операции увеличивается с уменьшением значения  $K_{з.о.}$ : если  $20 < K_{з.о.} < 40$ , то это мелкосерийное производство; при  $10 < K_{з.о.} < 20$  – среднесерийное; в случае  $1 < K_{з.о.} < 10$  – производство крупносерийное.

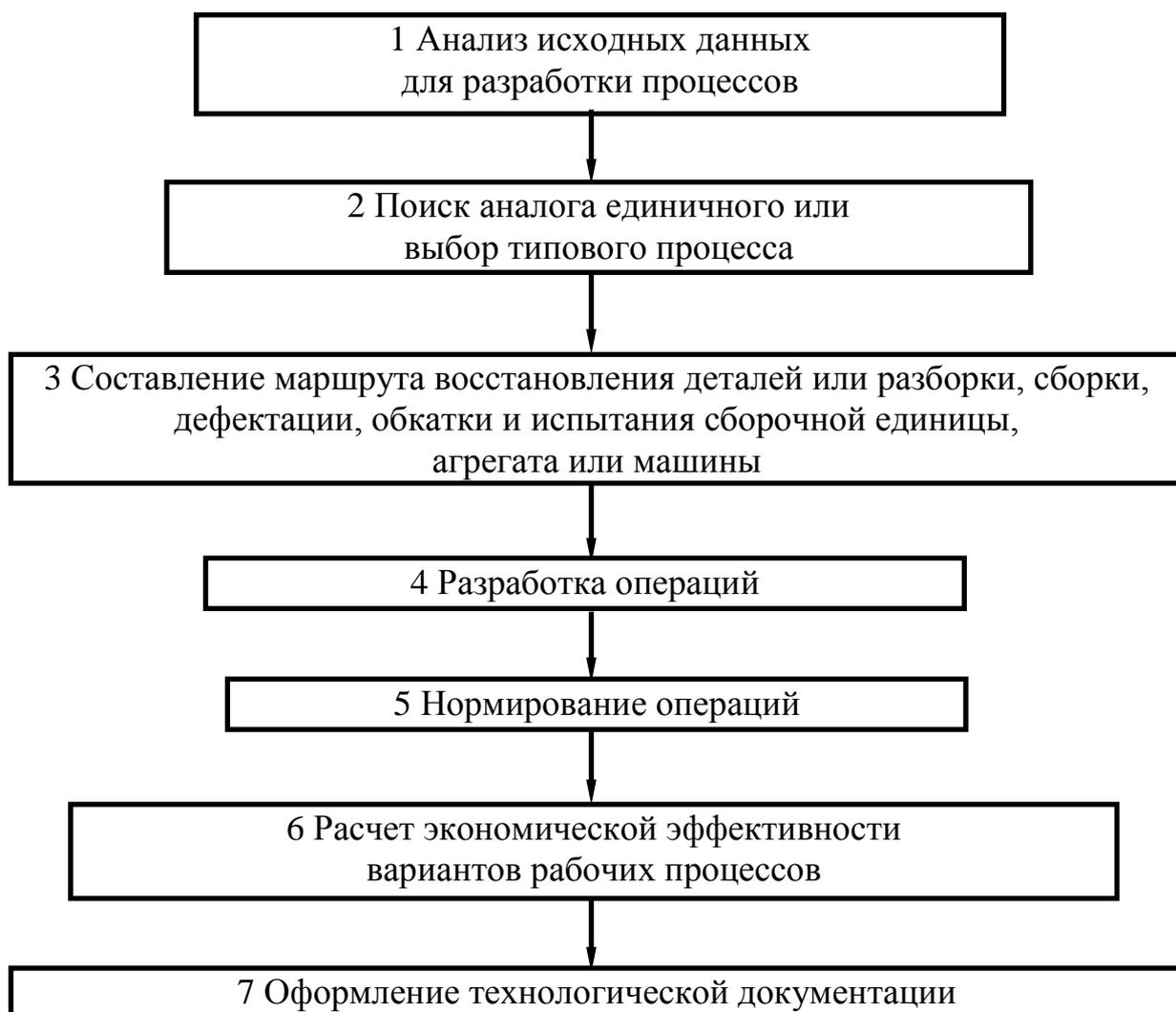


Рисунок 1 – Этапы разработки технологического процесса ремонта

Затем приступают к разработке операций (последовательности переходов и установов) и выбору средств измерения и инструмента.

Нормирование операций сводится к расчету припусков и оптимальных режимов времени на обработку. На этом этапе также определяют разряд работ и производят расчет норм выработки.

В ходе расчета экономической эффективности вариантов рабочих процессов определяют оптимальный вариант рабочего процесса.

Последним этапом является оформление технологической документации (заполнение форм технологической документации).

По результатам выполнения первого-четвертого этапов должны быть выбраны наиболее целесообразные для данных условий ремонтно-обслуживающего предприятия технологические способы, оборудование, приспособления, средства измерения и маршруты восстановления деталей или ремонта сборочной единицы, агрегата или машины. Порядок разработки, согласования и утверждения ремонтной документации выполняют в соответствии с ЕСТПП и ЕСКД.

Таким образом, при разработке технологического процесса восстановления детали, рекомендуется придерживаться следующей последовательности.

#### 1 Комплексный анализ:

– конструкции детали, условий её работы в сборочной единице, а также технических требований к детали и к её отдельным элементам;

– материала, термообработки и твёрдости;

– точности обработки и шероховатости рабочих поверхностей, а также их взаимного расположения;

– величины и характера износа.

2 Изучение технических условий на дефектацию; анализ причин возникновения дефектов, определение влияния отдельных дефектов на работу детали.

3 Разработка ремонтного чертежа восстанавливаемой детали и обоснование технологических баз.

4 Разработка вариантов маршрутного и (или) операционного технологических процессов восстановления поверхности на основе:

- выбора рационального способа устранения дефектов;
- использования различных видов обработки для одной и той же поверхности;
- различной степени концентрации и дифференциации операций;
- применения оборудования различной производительности и разных приспособлений, инструментов при выполнении одной и той же операции;
- использования различных методов организации технологического процесса.

5 Выбор рациональной последовательности и содержания технологических операций и переходов.

6 Выбор технологического и подъёмно-транспортного оборудования и оснастки с учётом ГОСТ на ЕСТПП.

7 Расчёт: межоперационных размеров, допусков и припусков; рациональных режимов обработки и нормирование затрат труда и материалов на реализацию технологических процессов; определение профессии и квалификации исполнителей.

8 Определение экономической эффективности восстановления детали по принятому технологическому процессу.

9 Оформление технологической документации на технологический процесс восстановления детали.

## 1.2 Анализ объекта ремонта

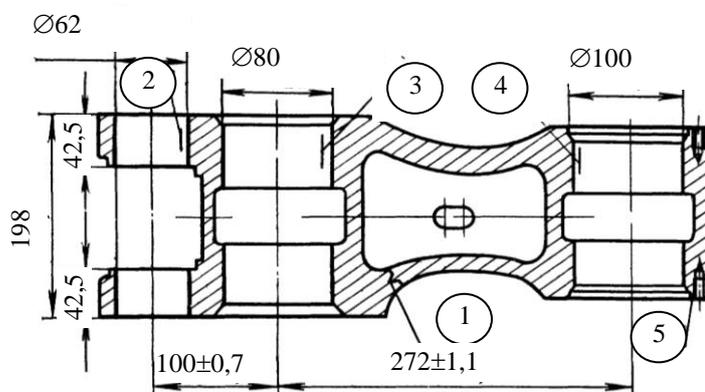
Составление технической характеристики детали выполняется на основе изучения рабочего чертежа детали и технологического процесса ее изготовления. К основным параметрам восстанавливаемой детали относят: материал из которого изготовлена деталь, твердость, массу и габаритные размеры, качество обработки поверхностей.

Анализ состояния детали начинают с установления причин потери

работоспособности. Для этого изучается конструкция сборочной единицы, в которую входит деталь, а также условия ее работы. Наиболее распространенные дефекты детали сводят в таблицу (рисунок 2).

Наименование сборочной единицы:  
ходовая система  
трактора Т-150

Наименование детали:  
балансир внешний  
 материал – сталь 45Л;  
 масса – 28,6 кг;  
 твердость 156...241 НВ



№	Наименование дефекта	Размеры, мм		Способы и средства контроля
		по чертежу	допустимые	
1	Трещины поверхности	Не допускаются		Осмотр
2	Износ поверхности под ось качания	$62^{+0,046}$	62,9	Нутромер НИ 50-100-2
3	Износ поверхности отверстия под цапфу	$80^{+0,046}$	157	Нутромер НИ 100-160-2
4	Износ поверхности отверстия под подшипники оси катков	$100^{+0,023}_{-0,012}$	100,05	Нутромер НИ 100-160-2
5	Повреждение резьбы и облом болтов в отверстиях	Не допускаются		Осмотр

Рисунок 2 – Анализ объекта ремонта

### 1.3 Разработка маршрутов восстановления

Тип производства является организационно-технологической характеристикой производственного процесса ремонта и оказывает существенное влияние на разработку технологического процесса, выбор способа восстановления, оборудования и инструмента. В ремонтном производстве различают три основных типа производства: единичное, серийное и массовое.

В зависимости от типа производства, восстановление деталей может быть организовано по подефектной, маршрутной, групповой и маршрутно-групповой технологиям.

При *подефектной технологии* изношенные детали формируются в небольшие партии для устранения каждого отдельного дефекта, причем комплектование деталей в партии осуществляется только по наименованиям. После

устранения дефекта эта партия распадается. Такая форма организации имеет ряд существенных недостатков и применяется только на предприятиях с большими объемами восстановления.

*Маршрутная технология* основана на взаимосвязи дефектов, минимальном перемещении деталей, наименьшей разницей в трудоемкости устранения дефектов, объединении различных дефектов, которые могут быть устранены на общих рабочих местах одинаковыми технологическими способами. При восстановлении по этой технологии одноименные детали восстанавливают партиями, скомплектованными по наличию общих сочетаний дефектов для определенного технологического маршрута. Он характеризуется тем, что партия, не распадается в процессе ее восстановления, а сохраняется от начала и до конца маршрута.

При *групповой технологии* детали классифицируются по конструктивным и технологическим особенностям, что позволяет объединить их в технологические группы. При этом учитываются следующие принципы: общность геометрических форм изношенных деталей, материала, термической обработки и точности обработки поверхности; наличие у каждой группы специфических дефектов; возможность применения однотипных способов восстановления и общность оборудования для их реализации. Формирование групп деталей проводят на участке дефектации.

*Маршрутно-групповую технологию* применяют при восстановлении деталей широкой номенклатуры с использованием преимуществ маршрутной технологии. В этом случае детали комплектуют в партии по сочетанию дефектов и технологическим признакам.

Применение маршрутной технологии позволяет повысить качество восстановления за счет выбора наиболее целесообразного способа восстановления на высокопроизводительном оборудовании. В качестве примера на рисунке 2 представлена схема технологического процесса восстановления головки цилиндров. В зависимости от сочетания дефектов восстановление головки цилиндров автотракторных двигателей может быть реализовано по четырем маршрутам (цифры I, II, III, IV на рисунке 3).

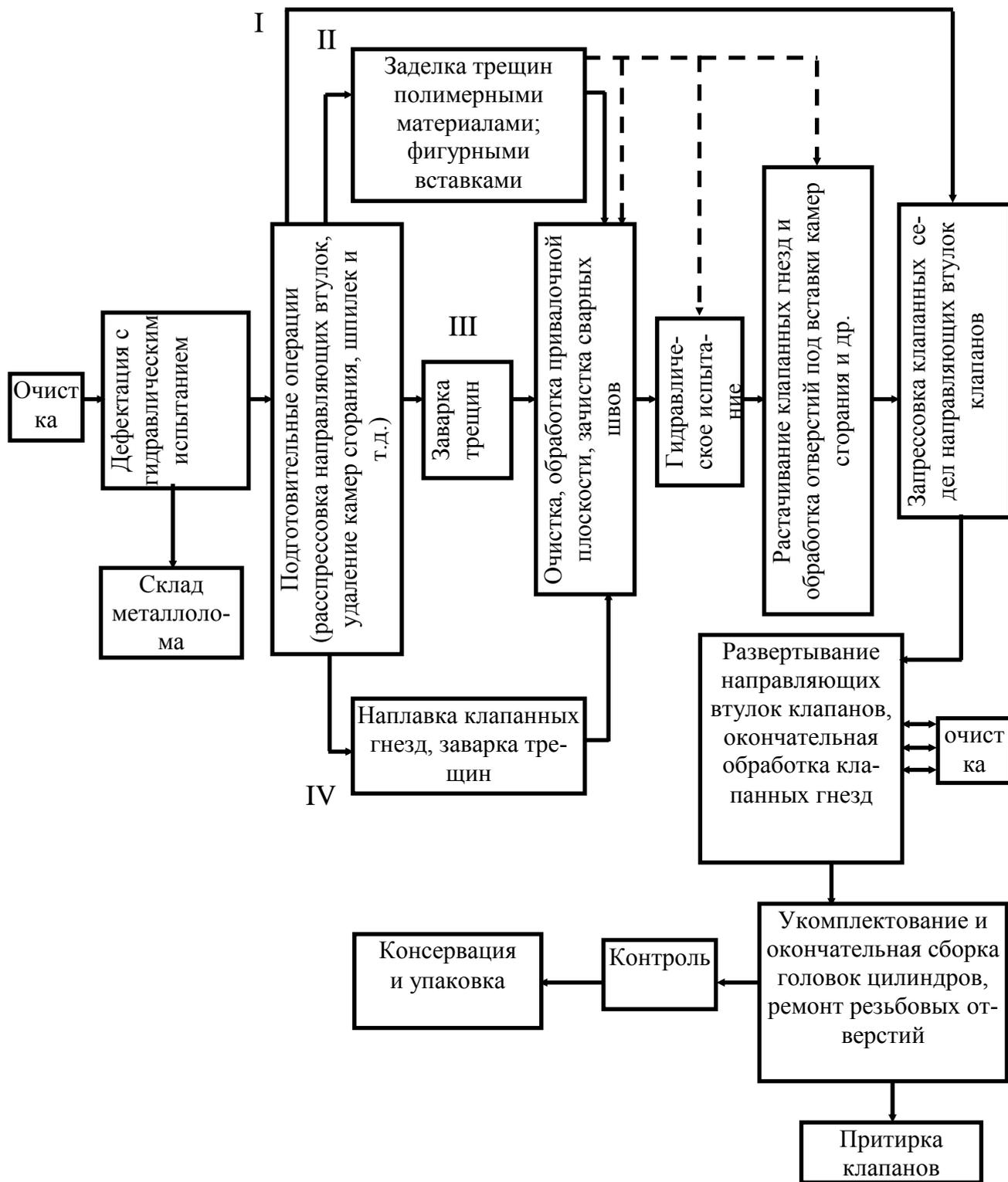


Рисунок 3 – Схема технологического процесса восстановления головки цилиндров при четырех технологических маршрутах

В общем случае количество технологических маршрутов восстановления может изменяться от одного, когда все изношенные детали с любым сочетанием дефектов объединяются в единый маршрут, до числа сочетаний дефектов, когда для детали с каждым отдельным сочетанием дефект он формируется в отдельный маршрут.

Изменение числа технологических маршрутов восстановления в значительной мере влияет на эффективность производства.

Увеличение числа маршрутов требует увеличения площадей для хранения деталей, ожидающих ремонта, так как одновременно будет формироваться столько партий деталей, сколько принято технологических маршрутов, а также увеличения затрат, связанных с усложнением организации и управления производством.

Снижение количества маршрутов, наоборот, сокращает время на комплектование производственной партии деталей, а, следовательно, снижает потребности в производственных площадях, но в том случае в каждый технологический маршрут объединяются детали с различными сочетаниями дефектов, а это значит, что в маршрут включаются детали как бы с «несуществующими» дефектами.

При формировании технологических маршрутов восстановления обычно руководствуются следующими положениями:

- сочетание дефектов, но каждому маршруту должно быть устойчивым,
- количество маршрутов по каждой ремонтируемой детали должно быть минимальным,
- маршруты должны обеспечивать экономическую целесообразность их реализации.

Учитывая эти требования, обычно изношенные детали формируются в 2...4 маршрута.

#### 1.4 Разработка технологических операций маршрута восстановления

В общем случае технологический процесс восстановления детали условно можно разбить на два этапа: восстановление геометрических размеров детали различными способами, среди которых наибольшее применение нашли способы, основанные на нанесении на изношенную поверхность покрытий и последующая механическая обработка нанесенных покрытий.

В тоже время в технологический процесс восстановления должны быть включены операции по подготовке изношенных поверхностей для восстановления (очистка, предварительная механическая обработка), а заканчиваться

технологический процесс должен проводиться с контролем операций. Особенности состава (операций) технологических процессов восстановления, методами, применяемыми в ремонтном производстве можно узнать в специальной литературе [3, 4, 10. 17].

Таким образом, при составлении технологического маршрута восстановления определяют последовательность выполнения операций, обеспечивающих получение детали, отвечающей техническим требованиям. При этом придерживаются следующих рекомендаций.

1 В первую очередь назначают операции по восстановлению или созданию технологических баз.

2 Далее проводят операции, связанные с термическим воздействием на деталь (кузнечные, сварочные, наплавочные и т.д.), так как при этом, вследствие остаточных внутренних напряжений, возникает деформация деталей

3 Операции, при выполнении которых производится срез металла большой толщины, также выполняются в числе первых, так как при этом выявляются возможные внутренние дефекты

4 Перед нанесением покрытий на изношенные части проводят механические операции по подготовке поверхности к наращиванию: обработка до удаления следов износа и придания правильной геометрической формы. В ряде случаев, например при металлизации, нанесении полимерных материалов, гальванических покрытий проводят специальные подготовительные операции, обеспечивающие более качественное сцепление нанесенного покрытия с основным металлом. Затем наносят покрытие, проводят черновую обработку, термообработку (по-необходимости), чистовую механическую обработку и контроль качества.

5 Механическую обработку после нанесения покрытия в первую очередь предусматривают для тех поверхностей, при снятии металла с которых в наименьшей степени уменьшается жесткость детали, исключается возможность прогиба и вибраций при обработке других поверхностей. Как правило, прежде всего, обрабатывается поверхность, относительно которой, скоординированы

другие поверхности детали. В последнюю очередь обрабатывают легкоповреждаемые поверхности (наружная резьба). Помимо этого следует учитывать, что при составлении маршрута не рекомендуется совмещать черновые и чистовые операции, так как они выполняются с различной точностью

5 Если при восстановлении детали применяется термическая обработка, то операции выполняются в такой последовательности: черновая механическая, термическая, чистовая механическая.

Содержание назначенных операций должно отражать полный объем работы для их выполнения, то есть должно включать вспомогательные и основные (технологические) переходы.

## 2 ОБЗОР СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ПРИМЕНЕНИЮ

В зависимости от физической сущности процессов и технологических признаков способы восстановления принято делить на десять групп [10].

1 *Слесарно-механическая обработка* (обработка под ремонтный размер, постановка дополнительной ремонтной детали, обработка до выведения следов износа и придания правильной геометрической формы, перекомплектовка). При слесарно-механической обработке износы поверхностей устраняют слесарной или механической обработкой с изменением их первоначальных размеров. Для получения необходимой посадки применяют соединяемые детали с измененными параметрами или ставят компенсатор износа.

2 *Пластическое деформирование* (вытяжка, оттяжка; правка (на прессах, наклепом), механическая раздача, гидротермическая раздача, электрогидравлическая раздача, раскатка, механическое обжатие, осадка. Выдавливание, накатка, электромеханическая высадка). Используя способы, основанные на пластическом деформировании, размеры изношенных поверхностей восстанавливают за счет перераспределения металла от нерабочих участков к рабочим, причем объем детали остается постоянным. Способы характеризуются простотой, высокой производительностью и качеством.

3 *Нанесение полимерных материалов* (напыление: газопламенное; в псевдосжиженном слое (вихревое, вибрационное, вибровихревое; опрессовка, литье под давлением, нанесение шпателем, валиком, кистью). Технология нанесения полимерных материалов отличается простотой и доступностью, низкой себестоимостью, высокой производительностью и хорошим качеством.

4 *Ручная сварка и наплавка* (газовая, дуговая, аргонодуговая, кузнечная, термитная, плазменная, контактная). Широко распространена в ремонтном производстве из-за простоты и доступности ручная сварка и наплавка, однако она малопроизводительна, металлоемка и не всегда обеспечивает требуемое качество.

5 *Механизированная дуговая сварка и наплавка* (автоматическая под флюсом; в среде защитных газов: аргоне; углекислом газе, водяном паре; с комбинированной защитой; дуговая с газопламенной защитой; вибродуговая; порошковой проволокой или лентой; широкослойная; лежачим электродом; плазменная; многоэлектродная; с одновременным деформированием; с одновременной механической обработкой). При механизированной дуговой сварке и наплавке источником теплоты для плавления присадочного материала и поверхности детали служит теплота электрической дуги. 70...80 % изношенных деталей восстанавливают сварочно-наплавочными способами, но из-за ряда факторов (термическое воздействие на основной металл, значительные припуски на механическую обработку, коробление) целесообразны при восстановлении сильноизношенных деталей.

6 *Механизированные бездуговые способы сварки и наплавки* (индукционная (высокочастотная); электрошлаковая; контактная сварка и наварка; трением; газовая; электроннолучевая; ультразвуковая; диффузионная; лазерная; взрывом; магнитоимпульсная; печная наварка). Источником теплоты при механизированной бездуговой сварке и наплавке служат потери от вихревых токов, джоулева теплота, теплота сгораемых газов и пр. Этим способам присущи недостатки дуговых способов сварки и наплавки.

7 *Газотермическое напыление* (металлизация) (дуговая; газопламенная; плазменная; детонационная; высокочастотная; электроимпульсная; ионноплаз-

менная). Газотермическое нанесение (металлизация) заключается в напылении расплавленного присадочного материала (металл, полимеры и т.д.) с помощью сжатого воздуха на подготовленную поверхность детали. Способы различаются в зависимости от источника теплоты: дуговое – теплота электрической дуги; газопламенное – газового пламени и т.д. Нанесение металла называют металлизацией. Способы характеризуются высокой производительностью. Серьезным недостатком является плохое сцепление покрытия с основным металлом.

8 *Гальванические и химические покрытия* (железнение: постоянным током, периодическим током, проточное, местное (вневанное); хромирование: проточное, струйное; меднение; цинкование; нанесение сплавов и композиционных покрытий; электроконтактное нанесение (электронатирание)). В основе гальванических способов лежит явление электролиза. Их различают по виду осаждаемого металла; роду используемого тока; способу осаждения. Высокопроизводительны, не оказывают термического воздействия на деталь, позволяют точно регулировать толщину покрытия, в ряде случаев исключить последующую механическую обработку. Недостатками является многооперационность, сложность и экологическая вредность технологии.

9 *Термическая и химикотермическая обработка* (закалка, отпуск; диффузионное: борирование, цинкование, титанирование, хромирование, хромотитанирование, хромоазотирование). Термическую обработку применяют для упрочнения и восстановления физико-механических свойств деталей. Химикотермическую (диффузионная металлизация) – для восстановления и повышения износостойкости малоизношенных деталей.

10 *Другие способы* (заливка жидким металлом; намораживание; напекание; пайка; пайко-сварка; электроискровое наращивание и легирование).

Использование способов восстановления направлено на возобновление геометрической формы и размеров детали, взамен изношенных в процессе эксплуатации или внутреннего строения материала детали (рисунок 4).

- Для компенсации износа и возобновления геометрических параметров детали проводят: наращивание поверхностных слоев материала взамен изно-

шенных; пластическое деформирование для устранения пластических деформаций эксплуатационного происхождения или для перераспределения материала на восстановления размеров изношенного участка; замену части детали и установку дополнительных элементов; удаление части материала тем или иным способом обработки ее поверхностных слоев.

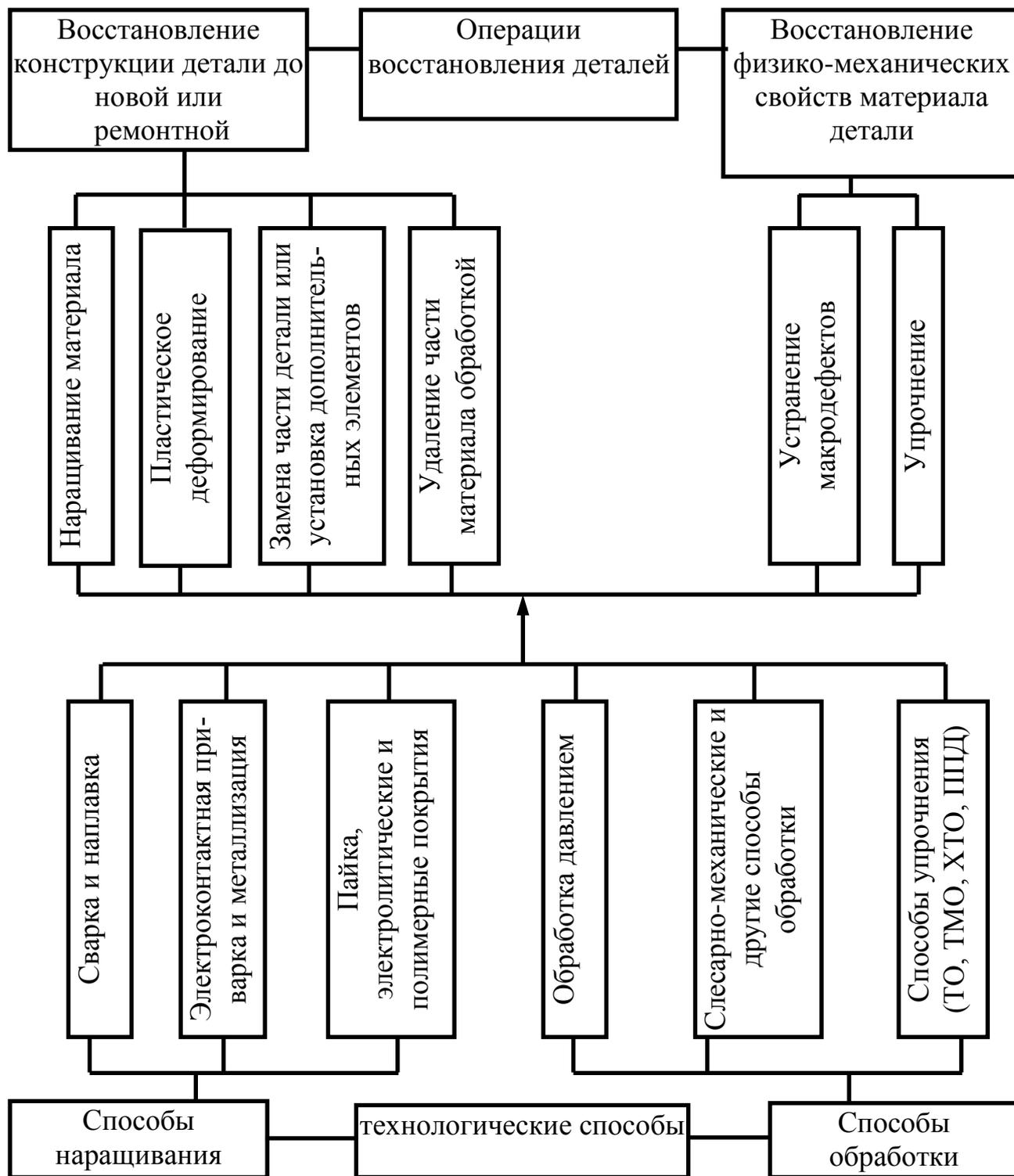


Рисунок 4 – Операции восстановления деталей и применяемые для этого технологические способы

К операциям по восстановлению физико-механических свойств материала деталей следует отнести устранение макроскопических дефектов (например, выявленных очагов разрушения) и упрочнение материала тем или иным способом обработки (термической, термомеханической, поверхностным пластическим деформированием) для ослабления вредного воздействия микроповреждений в наиболее ответственных участках деталей (рисунок 4).

По степени теплового воздействия на деталь в процессе восстановления можно выделить способы, при которых:

- происходит перевод поверхностного слоя детали в зоне соединения в жидкую фазу без применения давления (методы на основе сварки плавлением и заливки жидким металлом);

- один или два соединяемых металла (поверхностный слой детали, присадочный материал) остаются в твердой фазе (газотермическое напыление, пайка, сварка давлением);

- используются дополнительные элементы (вставки, стяжки, пластины и т.д.), химические и электрохимические методы, полимерные материалы.

Необходимо учитывать, что в зависимости от способов восстановления затраты снижаются в такой последовательности: замена части детали → установка дополнительной детали → электролитическое наращивание → сварка и наплавка → восстановление полимерными материалами → восстановление обработкой под ремонтный размер (самый дешевый).

Исходя из анализа современных способов восстановления можно предложить рекомендации по их применению, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Способы восстановления деталей и область их применения

Способ восстановления	Область применения
1	2
<b>СВАРКА</b>	
ручная дуговая	Заварка трещин, обломов, приварка накладок, вставок, заплат, наплавка износостойких материалов

Продолжение таблицы 2

1	2
автоматическая и механизированная дуговая	Заварка трещин, обломов, приварка накладок, вставок, заплат, сварка тонколистового материала
аргонодуговая	Сварка и наплавка алюминия и коррозионно-стойких сталей
газовая	Заварка трещин, обломов, сварка тонколистового материала
контактная	Сварка тонколистового материала
трением	Стыковая сварка деталей и их элементов разной конфигурации при повышенных требованиях к качеству сварки
электрошлаковая	Приварка обломов, сварка крупногабаритных деталей
электронно-лучевая	Сварка ответственных деталей с высокой точностью
ультразвуковая	Сварка цветных металлов, стали
взрывом	Сварка разнородных материалов
давлением	Сварка деталей и их элементов, различных по конфигурации
<b>НАПЛАВКА</b>	
дуговая под флюсом	Наплавка деталей диаметром более 50 мм при повышенных требованиях к качеству наплавленного материала с толщиной наплавленного слоя более 1 мм
дуговая в углекислом газе	Наплавка стальных деталей диаметром более 16 мм широкой номенклатуры, работающих в различных условиях
дуговая порошковой проволокой или лентой	Наплавка износостойких слоев на деталях, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания, ударных нагрузок
аргоно-дуговая	Наплавка алюминиевых деталей и деталей из коррозионно-стойких сталей
контактная	Наплавка гладких цилиндрических внутренних и наружных поверхностей с износом не более 1 мм
вибродуговая	Наплавка стальных деталей, работающих в различных условиях при невысоких требованиях к сопротивлению усталости
газовая	Наплавка цилиндрических и профильных поверхностей с местным износом при повышенных требованиях к износостойкости
плазменная	Наплавка ответственных деталей при повышенных требованиях к износостойкости и сопротивлению усталости

Продолжение таблицы 2

1	2
электрошлаковая	Наплавка деталей со значительным износом, превышающим 6 мм по толщине
индукционная	Наплавка износостойких материалов
<b>МЕТАЛЛИЗАЦИЯ</b>	
газопламенная	Наружные и внутренние цилиндрические поверхности, работающие при отсутствии динамических нагрузок
дуговая	Наружные и внутренние цилиндрические поверхности с невысокими требованиями к прочности сцепления
плазменная	Наружные и внутренние цилиндрические поверхности
детонационная	Покрытия с особыми свойствами
<b>ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ</b>	
раздача	Восстановление наружных поверхностей полых деталей
вытяжка	Восстановление длины детали
обжатие	Восстановление внутренних размеров детали
выдавливание	Местное деформирование с целью восстановления профиля и размеров рабочих поверхностей
оттяжка	Восстановление формы рабочих поверхностей
правка	Восстановление формы
термомеханическая обработка	Восстановление физико-механических характеристик. Упрочнение
<b>ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ</b>	
железнение	Восстановление наружных и внутренних поверхностей деталей с износом не более 0,2...0,5 мм
хромирование	Восстановление наружных и внутренних поверхностей деталей с износом не более 0,2 мм и высокими требованиями по износостойкости
<b>НАНЕСЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	
	Восстановление формы поверхности облицовок и оперений; антифрикционных, электроизоляционных и декоративных покрытий. Восстановление посадочных поверхностей, заделка трещин и пробоин
<b>СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ</b>	
обработка под ремонтный размер	Восстановление формы и посадки
применение дополнительной ремонтной детали	Восстановление наружных поверхностей деталей, профильных поверхностей, отверстий, резьбовых соединений

Продолжение таблицы 2

1	2
ДРУГИЕ СПОСОБЫ	
Пайка	Восстановление герметичности
Диффузионная металлизация	Восстановление поверхностей с износом не более 0,02...0,05 мм, поверхностное упрочнение
Термическая и химико-термическая обработка	Восстановление физико-механических свойств, структуры материала, упрочнение
Заливка жидким металлом	Наплавка деталей со значительным износом при повышенным требованиям к износостойкости

Рассматривая способы восстановления применительно к различным видам сопряжений деталей можно сделать следующие выводы.

1 *Детали прецизионных пар дизельной топливной аппаратуры* имеют износ не более нескольких микрометров. Рекомендуемые способы восстановления – исправление геометрической формы поверхности отверстия втулок и поверхности плунжеров с последующим нанесением на поверхность износостойкого слоя химическим никелированием или гальваническим хромированием и механической обработкой (доводкой и притиркой), диффузионной металлизацией.

2 *Валы и оси, имеющие посадочные поверхности под подшипники и другие детали, предельный износ которых не превышает 0,3 мм.* Целесообразно восстанавливать гальваническим хромированием или железнением, вибродуговой, плазменная наплавкой, наплавкой в среде углекислого газа, электроконтактной приваркой стальной ленты.

3 *Цилиндрические стальные детали с предельным износом от 0,3 до 2 мм* – вибродуговой наплавкой; наплавкой в среде CO<sub>2</sub>; электроконтактным напеканием металлических порошков; железнением; электроконтактной приваркой стальной ленты.

4 *Цилиндрические детали с предельными износами более 2 мм и диаметром рабочей части более 50 мм* (опорные катки, поддерживающие ролики и т.д.). Предпочтительно восстанавливать способами, позволяющими получить

покрытия значительной толщины: наплавка под слоем флюса; электрошлаковая наплавка; заливка жидким металлом.

5 *Стальные и бронзовые детали с износом, компенсируемым конструктивным запасом металла самой детали* (поршневые пальцы, бронзовые втулки). Их можно восстанавливать пластической деформацией в холодном и горячем состоянии.

6 *Стальные детали с местным износом на цилиндрических поверхностях* (шлицевые валы, коромысла клапанов) восстанавливают пластическим деформированием, ручной наплавкой изношенных мест, вибродуговой наплавкой или автоматической наплавкой под слоем флюса.

7 *Чугунные детали с местным износом* – ручной сваркой и наплавкой с применением специальных электродов.

8 *Чугунные и другие детали с трещинами и пробоинами*. Трещины в чугунных деталях заделывают холодной сваркой и наплавкой; нанесением оксидных композиций; слесарно-механическими способами.

9 *Детали из алюминиевых сплавов с трещинами, коррозионными разрушениями, поломками*. Восстанавливают аргонодуговой и газовой сваркой с применением специальных флюсов или без них.

10 *Клапанные и другие пружины сжатия*. Наиболее рациональный способ восстановления таких деталей – поверхностный наклеп фасонным роликом при обкатывании поверхности витков.

11 *Массивные стальные детали с большим износом* целесообразно восстанавливать заливкой металла и электрошлаковой наплавкой.

## 2.1 Выбор рациональных способов восстановления

Устранение того или иного дефекта может быть реализовано несколькими методами восстановления. Для обеспечения требуемого послеремонтного ресурса и наилучших экономических показателей в каждом конкретном случае необходимо выбрать наиболее рациональный способ восстановления.

Выбор рационального способа восстановления зависит от конструктивно-

технологических особенностей деталей: формы, размера, материала, термообработки, поверхностной твердости и шероховатости; от условий ее работы: характер нагрузки, род и вид трения; величина износ и стоимости восстановления.

Для учета всех этих факторов рекомендуется последовательно пользоваться тремя критериями (по В.А. Шадричеву):

- технологическим критерием (критерий применимости);
- критерием долговечности;
- технико-экономическим критерием.

*Технологический критерий* (критерий применимости) учитывает, с одной стороны, особенности подлежащих восстановлению поверхностей деталей, а с другой – технологические возможности соответствующих способов восстановления. Он не оценивается количественно и относится к категории качественных. Решение, принятое на его основе, следует считать предварительным.

По технологическому критерию производят отбор способов на основании возможностей их применения для устранения конкретного дефекта заданной детали с учетом величины и характера износа, материала детали и ее конструктивных особенностей. По этому критерию назначают все способы, с помощью которых технологически возможно устранить заданный дефект (см. п. 2). Применимость способов восстановления определяют в такой последовательности:

- на основании величины износа выбирают способы, позволяющие восстановить нормальные размеры изношенных поверхностей;

- рассматривают возможности технического осуществления каждого способа, исходя из технологических свойств материала изношенной детали (свариваемость, деформируемость), конструктивной формы (возможность перераспределения материала с нерабочих участков к изношенным, замены части детали или установки дополнительной ремонтной детали) и технических возможностей оборудования;

- оценивают возможные физико-механические свойства покрытий (твердость, износостойкость) с техническими требованиями к качеству поверхностных слоев детали и условиями их работы;

– оценивают влияние применяемых способов восстановления на размеры и физико-механические свойства смежных поверхностей восстанавливаемой детали, на ее форму и прочность;

– рассматривают возможность последующей механической обработки.

Технологические возможности способов восстановления деталей устанавливаются по их характеристикам (таблица 3).

Таблица 3 – Технологические характеристики способов восстановления

Способ восстановления		показатель					вид металлов и сплавов	вид поверхности
		минимальный диаметр, мм		толщина покрытия, мм				
		наружный	внутренний	min	max			
1	2	3	4	5	6	7		
Пластическое деформирование		–	–	–	–	сталь, цветные металлы и сплавы		
Обработка под ремонтный размер		–	–	–	–	все материалы	Наружные и внутренние цилиндрические, плоские	
Сварка ручная	дуговая	10	40	1,0	6,0	сталь, чугун	Наружные и внутренние цилиндрические, плоские	
	газовая	10	40	1,0	6,0			
	аргонодуговая	10	40	1,0	6,0	цветные металлы и сплавы		
Наплавка механизированная	под слоем флюса	50	–	1,5	5,0	сталь	Наружные цилиндрические, плоские	
	вибродуговая	15	50	0,5	3,0	сталь, чугун		
	в среде CO <sub>2</sub>	15	–	0,5	3,5	сталь		
Металлизация	дуговая	30	–	0,3	8,0	все материалы		
	газопламенная	30	–	0,3	1,5			
	плазменная	30	–	0,3	2,0			

Продолжение таблицы 3

1		2	3	4	5	6	7
Электролитические покрытия	железнение	12	40	0,1	3,0	сталь, серый чугун	Наружные и внутренние цилиндрические
	хромирование	5	40	0,05	0,3	сталь	
Постановка дополнительной ремонтной детали		–	–	–	–	все материалы	Наружные цилиндрические, плоские
Полимерными материалами		–	–	–	–	все материалы	
Электроконтактная приварка		10	60	0,1	1,5	все материалы	Наружные и внутренние цилиндрические

После отбора способов, которые могут быть применены для восстановления той или иной изношенной поверхности детали, исходя из технологических соображений, отбирают те из них, которые обеспечивают наибольший последующий межремонтный ресурс этих поверхностей, т.е. удовлетворяют требуемому значению коэффициента долговечности  $K_D$  (*критерий долговечности*), который оценивает эксплуатационные свойства детали, восстановленной каждым из способов, выбранных по технологическому критерию и определяется из выражения

$$K_D = \frac{T_B}{T_H}, \quad (1)$$

где  $T_B$  – ресурс восстановленной детали;  
 $T_H$  – ресурс новой детали.

При выборе способа восстановления коэффициент долговечности  $K_D$  определяют как функцию трех коэффициентов:

$$K_D = f(K_I, K_B, K_{CC}), \quad (2)$$

где  $K_I$  – коэффициент износостойкости;  
 $K_B$  – коэффициент выносливости;  
 $K_{CC}$  – коэффициент сцепляемости.

Численные значения коэффициентов-аргументов определяется на основании стендовых и эксплуатационных испытаний новых и восстановленных деталей. В таблице 4 представлены их примерные значения, полученные по результатам исследований для наиболее распространенных методов восстановления.

Таблица 4 – Коэффициенты износостойкости, выносливости, сцепляемости

Метод восстановления	Значение коэффициентов		
	износостойкости, $K_{И}$	выносливости, $K_{В}$	сцепляемости, $K_{В}$
Наплавка в углекислом газе	0,85	0,9...1,0	1,0
Вибродуговая наплавка	0,85	0,62	1,0
Наплавка под слоем флюса	0,90	0,82	1,0
Дуговая металлизация	1,0...1,3	0,6...1,1	0,2...0,3
Газопламенное напыление	1,0...1,3	0,6...1,1	0,3...0,4
Плазменное напыление	1,0...1,5	0,7...1,3	0,4...0,5
Хромирование (электролитическое)	1,0...1,3	0,7...1,3	0,4...0,5
Железнение (электролитическое)	0,9...1,2	0,8	0,65...0,8
Контактная наплавка (приварка металлического слоя)	0,9...1,1	0,8	0,8...0,9
Ручная наплавка	0,9	0,8	1,0
Клеевые композиции	1,0	-	0,7
Электромеханическая обработка (высадка и сглаживание)	до 3,00	0,8	1,0
Обработка под ремонтный размер	1,0	1,0	1,0
Установка дополнительной детали	1,0	0,8	1,0
Пластическое деформирование	0,8...1,0	1,0	1,0

Численное значение коэффициента долговечности принимается равным значению того коэффициента, который имеет наименьшую величину.

При определении коэффициента долговечности следует учитывать, что применительно к деталям, не испытывающим в процессе работы значительных динамических и знакопеременных нагрузок, численное значение  $K_{Д}$  определя-

ется только численным значением  $K_{И}$ , а для деталей работающих в условиях динамических нагрузок, решающим признаком оказывается  $K_{В}$ . Для деталей, восстановленных методами электролитического осаждения металлов и методами газотермического напыления и работающих в условиях динамических нагрузок, таким признаком является  $K_{СЦ}$ .

Из числа способов, отобранных по технологическому критерию, к дальнейшему анализу принимаются те, которые обеспечивают коэффициент долговечности восстановленных поверхностей не менее 0,8.

Если установлено, что требуемому значению коэффициента долговечности для данной поверхности детали удовлетворяют два или несколько способов восстановления, то выбор из них оптимального проводится по *технико-экономическому критерию*, который отражает технический уровень применяемой технологии, затраты на восстановление и эксплуатацию детали. Технико-экономический критерий определяется как отношение себестоимости восстановления к коэффициенту долговечности для отобранных по второму критерию способов. Окончательному выбору подлежит тот способ, который обеспечивает минимальное значение этого отношения:

$$K_{Т-Э} = \frac{C_{В}}{K_{Д}} \rightarrow \min \quad (3)$$

где  $K_{Д}$  – коэффициент долговечности восстановленной поверхности;  
 $C_{В}$  – себестоимость восстановления соответствующей поверхности, руб.

При обосновании способов восстановления поверхностей значение себестоимости восстановления  $C_{В}$ , определяется из выражения

$$C_{В} = C_{У} \cdot S, \quad (4)$$

где  $C_{У}$  – удельная себестоимость восстановления, руб./см<sup>2</sup>;  
 $S$  – площадь восстанавливаемой поверхности, см<sup>2</sup>.

Примерные значения удельной себестоимости восстановления поверхностей различными способами следующие (таблица 5).

Таблица 5 – Удельная себестоимость восстановления поверхностей различными способами [11]

Способ восстановления	Удельная себестоимость восстановления $C_y$ , руб./см <sup>2</sup>
Наплавка в среде углекислого газа	0,6...0,8
Вибродуговая наплавка	0,8...1
Наплавка под слоем флюса	1,2...1,4
Дуговая металлизация	0,8...1,2
Газопламенное напыление	0,8...1,2
Плазменное напыление	1...1,4
Хромирование электролитическое	0,4...0,9
Железнение электролитическое	0,05...0,5
Контактная наплавка (приварка) металлического слоя	0,85...1,2
Ручная наплавка	0,4...0,6
Полимерные материалы	0,3...0,6
Электромеханическая обработка	0,8...0,9
Обработка под ремонтный размер	0,08...0,14
Установка дополнительной ремонтной детали	0,4...1
Пластическое деформирование	0,08...0,14

Выбранный способ восстановления детали должен быть обеспечен средствами технологического оснащения, удовлетворять экологическим требованиям и требованиям техники безопасности.

### 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СЛОЯ МАТЕРИАЛА, НАНОСИМОГО НА ИЗНОШЕННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ (расчет толщины наносимого покрытия)

Величина слоя материала наносимого на изношенную поверхность, зависит от величины износа, качества точности и класса шероховатости номинального размера поверхности и выбранного способа восстановления. Как правило, чем ниже качество точности поверхности и выше класс шероховатости поверхности, тем величина слоя материала наносимого на изношенную поверхность больше (требуется большее количество переходов при обеспечении номинального значения размера, восстанавливаемой поверхности).

При назначении режимов обработки восстанавливаемых поверхностей деталей необходимо определить толщину снимаемого слоя при удалении износа с поверхности детали и значение величины наносимого слоя, компенсирующего износ и обеспечивающего получение номинального размера поверхности детали, с заданными требованиями по точности и шероховатости.

Толщина наносимого слоя зависит от требований по точности и шероховатости поверхности и определяется величиной толщины снимаемого слоя и припуском на последующую механическую обработку.

Величина снимаемого перед восстановлением с изношенной поверхности слоя определяется износом поверхности и толщиной слоя, снимаемого для обработки поверхности.

Как правило, при удалении изношенной поверхности глубина резания назначается немного больше. Припуск на механическую обработку включает в себя дефектный слой, толщина которого для разных способов нанесения материала на восстанавливаемые поверхности показана в таблице 6. Припуски на черновую и чистовую обработки определяются в зависимости от требований по точности и классу шероховатости номинального размера поверхности. Например: если точность размера и класс шероховатости поверхности можно обеспечить методами резания лезвийным инструментом (восьмой–десятой квалитет точности и шероховатость до 5-го класса), то припуск может лежать в пределах 0,8...1,5 мм, а припуск на чистовую обработку  $h_2$  – в пределах 0,4...0,6 мм.

Таблица 6 – Величина дефектного слоя при нанесении покрытия различными способами

Метод восстановления	Глубина дефектного слоя, мм
1	2
Металлизация:	
– плазменно-дуговая	0,02...0,05
– электродуговая	0,5...1
– газовая	0,02...0,05
– высокочастотная	0,025...0,05
Наплавка:	
– автоматическая под слоем флюса	0,2...0,5

Продолжение таблицы 6

1	2
– порошковыми проволоками	1,2...2,4
– в среде защитных газов	0,4...0,8
– вибродуговая	0,2...0,5
– ручная (электродами)	0,5...1
– плазменная	0,05...0,1
– индукционная	0,15...0,3
– газовая	0,25...0,5
– электрошлаковая	1...2
Электролитическое осаждение:	
– хромирование	0,02...0,03
– железнение	0,03...0,05
– никелирование	0,02...0,03
Нанесение полимерных материалов:	
– напыление	0,35...0,7
– газопламенное	0,02...0,05
– в электростатическом поле	0,02...0,06
– в псевдосжиженном слое	0,15...0,21
– литьё под давлением	1...2,5

Припуск на механическую обточку восстанавливаемых поверхностей во многом зависит от способа устранения дефекта поверхности (сварка, наплавка, металлизация, электролитические покрытия и т.д.). Минимальные припуски при наплавке и металлизации приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Минимальный припуск при наплавке и металлизации восстанавливаемых деталей

Способ восстановления	Минимальный односторонний припуск, мм
Восстановление деталей сваркой и наплавкой:	
– ручная наплавка	2...3
– наплавка над слоем флюса	1
– электроконтактная наплавка	0,8...1
Напыление	0,4

При расчете величины слоя материала, наносимого на изношенную поверхность, следует учитывать припуски под окончательную обработку поверхности методами точения и шлифования (таблицы 8 и 9).

Таблица 8 – Припуск на чистовое обтачивание

Диаметр детали, мм	Припуски, мм, на диаметр при длине детали, мм					
	до 100	100...400	400...800	800...1200	1200...1600	1600...2000
1	2	3	4	5	6	7
6...18	1,2	1,5	1,5	–	–	–
18...30	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	–
30...50	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0
50...80	2,0	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0
80...120	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5

Таблица 9 – Припуски на обтачивание под центровое шлифование

Диаметр детали, мм	Припуски, мм на диаметр при длине детали, мм				
	до 100	100...250	250...500	500...800	800...1200
до 10	0,2	0,3	0,3	0,4	–
10...18	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
18...30	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
30...50	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
50...80	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
80...120	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7

В учебных целях и при выполнении курсового проекта толщина покрытия ( $h$ ), наносимого на наружные цилиндрические поверхности, может быть определена из выражения

$$h = \frac{I}{2} + z_1 + z_2, \quad (5)$$

где  $I$  – износ детали, мм;

$z_1$  – припуск на обработку на сторону,  $z_1 = 0,1 \dots 0,3$  мм;

$z_2$  – припуск на механическую обработку после нанесения покрытия (таблица 6), мм.

Таблица 10 – Припуск на механическую обработку при восстановлении деталей различными способами

Способ восстановления	Минимальный односторонний припуск, $Z_2$ , мм
1	2
Ручная электродуговая наплавка	1,4...1,7
Наплавка под слоем флюса	0,8...1,1
Вибродуговая наплавка	0,6...0,8

Продолжение таблицы 10

1	2
Наплавка в среде углекислого газа	0,6...0,8
Плазменная наплавка	0,4...0,6
Аргонно-дуговая наплавка	0,4...0,6
Электроконтактная приварка	0,2...0,5
Газотермическое напыление	0,2...0,6
Железнение	0,1...0,2
Хромирование	0,05...0,1

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ, ПОДБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОСНАСТКИ

Правильность подбора параметров режимов, присущих тем или иным способам восстановления, непосредственно влияют на ресурс восстановленных деталей, особенно при нанесении покрытий. Кроме того, они должны обеспечивать выполнение технических требований к восстановленной детали, изложенных на ремонтном чертеже. Методики расчета и выбора параметров технологических режимов даны ниже.

Оборудование и технологическая оснастка принимается для конкретных производств восстановления. На крупных специализированных ремонтных предприятиях с большой программой, позволяющей полностью загрузить оборудование, повышение производительности и снижение затрат на восстановление может быть достигнуто путем организации ремонта на поточно-механизированных линиях. На участках по восстановлению деталей в более мелких ремонтных предприятиях, как правило, используют универсальное оборудование.

Выбор оборудования в зависимости от его функционального назначения, технических возможностей и требуемой степени механизации и автоматизации операций проводят по литературе [3, 14, 15]. При этом следует принимать во внимание: вид обработки; требуемую точность и шероховатость поверхности детали; соответствие проектируемой операции назначению и производительности оборудования; экономичность выполнения операций и удобство работы; габаритные размеры (высота центров, расстояние между центрами); кинематические характери-

стики (частота вращения шпинделя, подача); принятую схему базирования. Таким образом, подбор технологического оборудования производится, учитывая, что:

- оборудование должно обеспечивать формирование восстановленных поверхностей, соответствующих техническим требованиям;
- габаритные размеры оборудования должны соответствовать габаритным размерам восстанавливаемой детали;
- использование выбранного оборудования должно быть наиболее эффективным по сравнению с другим.

Выбор *технологической оснастки* производится на основе анализа возможности реализации технологического процесса, технических возможностей оснастки, а также конструктивных характеристик детали и восстанавливаемых поверхностей. Технологическая оснастка должна, по-возможности, подбираться стандартизованных типоразмеров с указанием общепринятых обозначений. Если для проектируемого технологического процесса восстановления детали отсутствуют серийная оснастка, то необходимо модернизировать существующую или разработать новые образцы, которые могут быть изготовлены в период технической подготовки производства. Выбор оснастки для выполнения механической обработки зависит от точности, которую необходимо получить, с учетом погрешности установки и требуемой производительности.

После выбора оборудования и оснастки заполняют ведомость оборудования и оснастки (таблица 11).

Таблица 11 – Ведомость оборудования и оснастки для восстановления деталей газопламенным напылением порошковых материалов

Наименование оборудования и оснастки	Обозначение
Аппарат для напыления	021-4 ВНПО «Ремдеталь»
Вращатель	011-1-09 «Ремдеталь»
Установка для струйной обработки деталей	026-7 «Ремдеталь»
Станки токарные и круглошлифовальные	3В1161, 3А151, 3Б12, 3А423
Печь для сушки порошка	ТХ8-1479
Набор сит с сетками	N-01, N 004, №-0071
Стол сварщика	Мод. С 10020 «Ремдеталь»
Стеллаж	ОРГ-1468-06-92А

*Измерительные средства* выбирают в зависимости от величины допуска на размер, точности и формы обрабатываемой поверхности. Кроме того, необходимо учитывать, чтобы погрешность метода и средства измерения не превышали предельно допустимую погрешность измерения, которая должна составлять не более одной трети от величины допуска.

Координатные размеры при ремонте контролируют с помощью специальных приспособлений. Измерительный инструмент для контроля отклонений от прямолинейности, плоскостности и расположения поверхностей, и универсальные измерительные средства для определения численных значений размеров восстанавливаемых деталей принимают по справочной литературе [23].

#### 4.1 Ручная электродуговая сварка и наплавка

Основными параметрами режима ручной дуговой сварки являются: диаметр электрода –  $d_{\text{Э}}$ , мм; сила сварочного тока –  $I_{\text{СВ}}$ , А; напряжение на дуге –  $U$ , В; скорость сварки –  $\zeta_{\text{СВ}}$ , м/ч; полярность сварочного тока – прямая, обратная. Прямая (+ на деталь, – на электрод), обратная (+ на электрод, – на деталь). Полярность как параметр режима имеет место в случае сварки постоянным током.

Диаметр электрода перед сваркой выбирается, исходя из толщины свариваемых изделий (таблица 12) или рассчитывают

$$d_{\text{Э}} = \frac{S}{2} + 1, \quad (6)$$

где  $S$  – толщина свариваемых пластин, мм.

Таблица 12

Толщина свариваемых изделий, мм	1,5	2	2...5	5...10	Свыше 10
Диаметр электрода, мм	1,6	2	2,5...4	4...6	4...8

Силу сварочного тока ( $I_{\text{СВ}}$ ) выбирают в зависимости от марки и диаметра электрода ( $d_{\text{Э}}$ ), при этом учитывают положение шва в пространстве, вид соединения, толщину и химический состав свариваемого металла. При учете всех

указанных факторов необходимо стремиться работать на максимально возможной силе тока.

$$I_{CB} = k \cdot d_{\text{Э}}, \quad \text{или} \quad I_{CB} = (20 + 6 d_{\text{Э}}) d_{\text{Э}}, \quad (7)$$

где  $k$  – коэффициент, зависящий от диаметра стержня электрода,

$d_{\text{Э}}$ , мм	1...2	3...4	5...6
$k$ , А/мм	25...30	30...45	45...60

$d_{\text{Э}}$  – диаметр электродного стержня, мм.

Если толщина металла менее  $1,5d_{\text{Э}}$ , при сварке в нижнем положении  $I_{CB}$  уменьшают на 10...15 % по сравнению с расчетным. Если толщина металла более  $3d_{\text{Э}}$ , то  $I_{CB}$  увеличивают на 10...15 % по сравнению с расчетным. При сварке на вертикальной плоскости  $I_{CB}$  увеличивают на 10...15 %, в потолочном положении – на 15...20 %.

Напряжение дуги ( $U$ ) изменяется в пределах 6...30 В.

Скорость сварки, м/ч определяют по формуле

$$v_{CB} = \frac{I_{CB} \cdot K_H}{m}, \quad (8)$$

где  $K_H$  – коэффициент наплавки,  $K_H = 7 \cdot 12$  г/(А·ч);  
 $m$  – масса наплавленного металла на 1 м длины.

В таблице 13 приведены некоторые характеристики электродов общего назначения по ГОСТ 9466-85 применяемых для сварки и наплавки деталей из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей.

Таблица 13 – Характеристики сварочных электродов общего назначения

Тип электрода	Марка электрода	Свариваемый материал
1	2	3
Э 42	ОМА-2	Углеродистые тонколистовые стали с $\sigma_B > 410$ МПа
Э 42А	УОНИ 13/45	Углеродистые и низколегированные стали с $\sigma_B \leq 410$ МПа при повышенных требованиях к металлу шва по пластичности, ударной вязкости и стойкости против образования трещин

Продолжение таблицы 13

1	2	3
	СМ-11	
Э 46	ОЗС-12	Углеродистые стали с $\sigma_{\text{в}} \leq 450$ МПа
	МР-3	
	ОЗС-6	
	ОЗС-4	
	АНО-4	
	ОЗС-32	
	ОЗС-21	
Э 46А	УОНИ 13/55К	Углеродистые и низколегированные стали с $\sigma_{\text{в}} \leq 450$ МПа при повышенных требованиях к металлу шва по пластичности, ударной вязкости и стойкости против образования трещин
	ВН-48	
Э 50А	УОНИ 13/55	Углеродистые и низколегированные стали с $\sigma_{\text{в}} \leq 490$ МПа при повышенных требованиях к металлу шва по пластичности, ударной вязкости и стойкости против образования трещин
	ОЗС-33	
	ОЗС-25	То же, в том числе и при пониженных температурах
	ОЗС-18	Низколегированные стали с $\sigma_{\text{в}} < 490$ МПа стойкие к атмосферной коррозии
Э 55	УОНИ 13/55У	Углеродистые и низколегированные стали марок Ст 5, 25Г2С, 35ГС
Э 60	УОНИ 13/65	Углеродистые и низколегированные стали с $\sigma_{\text{в}} \leq 590$ МПа
	В6Ф-65У	

Для получения при ручной дуговой наплавке слоев с высокими механическими свойствами (большая твердость, износостойкость, жаростойкость) рекомендуется использовать электроды, приведенные в таблице 14.

Таблица 14 – Характеристики наплавочных электродов

Марка электрода и сердечника	Назначение электрода	Твердость наплавленного металла
ОЗН-300М, сердечник – проволока Св-08, Св-08Г2С	Наплавка деталей из углеродистых и низколегированных сталей, работающих в условиях трения и ударных нагрузок	НВ 250...350
ОЗН-400М, сердечник – проволока Св-08, Св-08Г2С		НВ 350...450
ОЗН-7, сердечник – проволока Св-08	Наплавка быстроизнашивающихся деталей, работающих при значительных ударных нагрузках	HRC>55
ОЗШ-3, сердечник – проволока Св-08, Св-08А	Наплавка быстроизнашивающихся деталей	HRC 52...58
НР-70, сердечник – проволока Св-08, Св-08А	Наплавка деталей из углеродистых сталей, работающих в условиях трения качения и ударных нагрузок	НВ 300...390
ОМГ–Н, сердечник – проволока Св-06Н3А	Наплавка деталей из высокомарганцевистой стали типа 110Г13, 110Г13Л	HRC 25...33
ЦНИИН-4, сердечник – проволока Х14Г4Н3Т	Наплавка и заварка дефектов на деталях из стали 110Г13 и 110Г13Л	НВ 450...500
ОЗИ-3, сердечник – проволока Св-08, Св-08А	Наплавка быстроизнашивающихся деталей	HRC 58...63
ОЗН-6, сердечник – проволока Св-08, Св-08Г2С	Наплавка быстроизнашивающихся деталей, работающих в условиях интенсивного износа и значительных ударных нагрузок	HRC> 55

При выполнении операций электросварки чугуна необходимо учитывать некоторые особенности присущие этому сплаву [4, 10]. Рекомендуемые режимы сварки чугунами прутками приведены в таблице 15. При сварке чугуна без подогрева широко применяются электроды на основе медно-железных (ОЗЧ-2), медно-никелевых (МНЧ-2), никелево-железных (ЦЧ-

3А) и никелевых (ПАНЧ-11) сплавов. В редких случаях для сварки чугуна можно применять стальные электроды (Св-08, Св-08А, УОНИ-13/55, ЦЧ-4, УЗТМ4-74, ОМЧ-1), но качество шва получается низкое.

Таблица 15 – Режимы сварки чугуна

Толщина стенки свариваемых деталей, мм	≤10	10...15	15...30
Диаметр прутка (ППЧ-1, ППЧ-2, ППЧ-3), мм	4	6	8
Ток, А	170...180	270...280	300...350

Техническая характеристика источников питания, применяемых при ручной электродуговой сварке приведена в таблице 16.

Таблица 16 – Техническая характеристика источников питания

Тип	Ток, А		Напряжение, В		Потребляемая мощность кВ•А	к.п.д., %
	номинальный	пределы регулирования	номинальное	холостого хода		
1	2	3	4	5	6	7
Трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием и реактивной катушкой						
ТСД-500-1	500	200-600	40	80	48,5	85
ТСД-2000-2	2000	800-2200	53	72 и 84	186	89
Трансформаторы с увеличенным магнитным рассеиванием и подмагничиваемым магнитным шунтом						
ТФД-1001	1000	400-1200	44	68-71	82	87
ТФД-1601	1600	600-1800	60	95-105	182	88
Трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием и подвижными катушками						
ТД-300	300	60-380	30	61-79	19,4	86
ТД-500	500	90-650	30	61-76	32	87

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6	7
<b>Выпрямители</b>						
ВД-301	315	45-315	32	65-68	24	-
ВС-600	600	60-600	40	24-52	31	75
ВДГ-302	315	50-315	16-38	-	18	75
ВСЖ-303	315	50-315	18-50	18-50	16	75
ВСУ-500	500	90-550	20-40	52-68	63	-
ВДУ-305	315	50-315	16-38	-	23	-
<b>Преобразователи</b>						
ПС-1000	1000	300-1000	44	50-90	14	-
ПД-305	305	40-350	32	85	10,5	-
ПСГ-500	500	60-500	40	40	20	-
ПСО-315	315	100-315	32	80	17	-

#### 4.2 Автоматическая наплавка под слоем флюса

Режимы наплавки характеризуются силой тока, напряжением, скоростью наплавки, скоростью подачи проволоки, шагом наплавки, вылетом и смещением электрода. Силу сварочного тока, А определяют из следующего выражения или по таблице 17.

$$I_{CB} = 40\sqrt[3]{D}, \text{ А} \quad (9)$$

где D – диаметр детали, мм.

Таблица 17 – Зависимость силы тока от диаметра детали

Диаметр детали, мм	Сила тока I, А при диаметре электродной проволоки d <sub>ПР</sub> , мм	
	1,2...1,6	2...2,5
50...60	120...140	140...160
65...75	150...170	180...220
80...100	180...200	230...280
150...200	230...250	300...350
250...300	270...300	350...380

Напряжение источника питания, В

$$U = 21 + 0,04 \cdot I, \text{ В.} \quad (10)$$

Скорость наплавки, м/ч

$$V_H = \frac{\alpha_H \cdot I}{h \cdot S \cdot \gamma}, \quad (11)$$

где  $\alpha_H$  – коэффициент наплавки, при наплавке постоянным током обратной полярности  $\alpha_H = 11 \dots 14$  г/А·ч;

$h$  – толщина наплавленного слоя, мм;

$S$  – шаг наплавки, мм/об.;

$\gamma$  – плотность электродной проволоки,  $\gamma = 7,85 \cdot 10^{-3}$  г/мм<sup>3</sup>.

Шаг наплавки, мм/об.

$$S = (2 \dots 2,5) d_{\text{ПР}}, \quad (12)$$

где  $d_{\text{ПР}}$  – диаметр электродной проволоки, мм.

Частота вращения детали, мин<sup>-1</sup>

$$n = \frac{1000 \cdot V_H}{60 \cdot \pi \cdot D}. \quad (13)$$

Скорость подачи проволоки, м/ч

$$V_{\text{ПР}} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I}{\pi \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot \gamma}. \quad (14)$$

Вылет электрода, мм

$$\delta = (10 \dots 12) d_{\text{ПР}}. \quad (15)$$

Смещение электрода от зенита, мм

$$a = (0,05 \dots 0,07) D. \quad (16)$$

Режимы наплавки под слоем флюса цилиндрических поверхностей деталей диаметром от 50 до 100 мм (однопроходный процесс) электродной проволокой  $\varnothing 2$  мм приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Режимы наплавки цилиндрических поверхностей

Диаметр детали, мм	Режимы наплавки				
	ток, А	напряжение дуги, В	скорость подачи проволоки, м/ч	скорость наплавки, м/ч	смещение электрода, мм
50	110...130	25...28	70...100	14...18	4...5
70	170...180	26...28	70...120	20...24	5...6
80...90	170...200	26...29	120...150	20...24	6...7
100	170...200	26...29	120...150	20...24	7...8

Детали из малоуглеродистых и низколегированных сталей наплавляют проволокой диаметром 1,2...1,5 мм марок Св-0,8, Св-10А, Нп-30, Нп-40 и др., а из легированных сталей – марок Св-18ХГСА, Нп-30ХГСА, порошковыми проволоками марок ПП-3Х2В8, ПП-Х42ВФ и др. (таблицы 19, 20) под слоем керамических (таблица 21) или плавленных флюсов (таблица 22). Высокую износостойкость наплавленного слоя можно получить наплавкой проволоки Нп-2Х13. Наплавка проволоками Св-80А, Нп-30, Нп-40, Нп-60, Нп-30ХГСА под слоем плавленных флюсов (АН-348А, ОСЦ-45) обеспечивает твердость 187...300 НВ. Использование керамических флюсов (АНК-18, ЖСН-1) с указанными проволоками позволяет повысить твердость до 40...55 НРС.

Таблица 19 – Проволока стальная наплавочная

Марка	Твердость наплавленного металла	Объект наплавки
1	2	3
Нп-25	НВ 160...220	Оси, шпиндели, валы
Нп-30	НВ 160...220	
Нп-35	НВ 160...220	
Нп-40	НВ 170...230	
Нп-45	НВ 170...230	
Нп-50	НВ 180...240	Натяжные колеса, опорные ролики
Нп-65	НВ 220...300	Опорные ролики, оси
Нп-80	НВ 260...340	Коленчатые валы, крестовины карданов
Нп-85	НВ 280...360	
Нп-40Г	НВ 180...240	Оси, шпиндели, ролики, валы

Продолжение таблицы 19

1	2	3
Нп-50Г	НВ 200...270	Натяжные колеса, опорные ролики
Нп-65Г	НВ 230...310	Оси, опорные ролики
Нп-30ХГСА	НВ 220...300	Детали тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин
Нп-40ХЗГ2МФ	НRC 38...44	Детали, испытывающие удары и абразивное изнашивание
Нп-40Х2Г2М	НRC 54...56 (после закалки)	Детали машин, работающих с динамическими нагрузками, коленчатые валы, поворотные кулаки, оси опорных катков
Нп-50ХФА	НRC 43...50	Шлицевые валы, коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания
Нп-20Х14	НRC 32...38	Уплотнительные поверхности задвижек для пара и воды
Нп-30Х13	НRC 38...45	Шейки коленчатых валов, штампы
Нп-30Х10Г10Т Нп-40Х13	НВ 200...220 НRC 45...52	Опорные ролики тракторов и экскаваторов, детали транспортеров
Нп-Г13А	НВ 220...280	Щеки дробилок, зубья ковшей
Нп-Х15Н60	НВ 180...220	Детали, работающие при высокой температуре
Нп-Х20Н80Т	НВ 180...220	Выхлопные клапаны автомобильных двигателей

Таблица 20 – Проволока стальная сварочная для наплавки

Марка	Твердость наплавленного металла	Объект наплавки
1	2	3
Св-08	НВ 120...160	Оси, валы, поддерживающие ролики трактора, тормозные барабаны, ступицы колес
Св-10Г2	После наплавки НВ 180...210 После закалки НВ 395...410	Оси, шпиндели, валы
Св-08ГС	НВ 180...200	Оси, шпиндели, валы, опорные ролики
Св-12ГС	НВ 190...220	
Св-08Г2С	После наплавки НВ 180...210 После закалки НВ 395...410	Оси, шпиндели, валы, опорные ролики

Продолжение таблицы 20

1	2	3
Св-18ХГС	После наплавки HV 240...300 После закалки HV 550...560	Опорные ролики, натяжные колеса гусеничных тракторов, цапфы, оси катков
Св-20Х13	HRC 42...48	Уплотнительные поверхности деталей
Св-10Х17Т	HRC 30...38	Уплотнительные поверхности деталей
Св- 06Х19Н9Т	HB 160...190	Уплотнительные поверхности за- порной арматуры для пара и воды
Св- 08Х19Н9Ф2 С2	HB 200...230	

Таблица 21 –Керамические флюсы для наплавки

Марка флюса	Наплавленный металл		Рекомендуемая проволока	Условия работы наплавляемых деталей
	тип	твердость		
ФК- 45/5Х10В5 ФМ*	45Х10В5Ф	HV-540	Св-20Х13	Интенсивное изна- шивание при температуре до 600°С
ЖСН-5*	20Х6МФ	HRC 36 HRC 42 HRC ≥48 HRC 54	Св-08А Св-08ГА Св-12ГС Нп-30ХГСА	Интенсивное изна- шивание при трении металла о металл, циклических теплосменах, высоких давлениях
АНК-18**	3Х3Г1	HV 400 HRC 50	Св-08 Св-08А Нп-30ХГСА	Трение металла о металл
АНК-19**	60Х4ГС	HRC 50	Св-08А Св-08	Абразивное изнаши- вание
АНК-40*	25Х1ГС	HB 250	Св-08А Св-08	Трение металла о металл

\*и \*\* – Наплавка постоянным током обратной полярности (\*\* – переменным).

Таблица 22 – Плавленные флюсы для наплавки

Марка флюса	Характеристика
АН-348-А, ОСЦ-45, АН-60	Для наплавки углеродистых и низколегированных сталей
АН-8, АНФ-1, АН-25	Флюсы для электрошлаковой сварки. Пригодны также для наплавки: АН-8 – для нелегированных сталей; АНФ-1 – высоколегированных; АН-25 – для возбуждения электрошлакового процесса без дуги
АН-20	Низкокремнистый безмарганцевый флюс для дуговой наплавки низколегированных и среднелегированных сталей. Имеет три модификации: АН-20С, АН-20СМ, АН-20П, отличающихся размером и строением зерен: С – стекловидный, М – мелкий, П – пемзовидный
АН-70	Пемзовидный низкокремнистый безмарганцевый флюс для дуговой наплавки низколегированных и среднелегированных сталей. Имеет низкую окислительную способность, которая обуславливает слабую зависимость состава наплавляемого металла от режима наплавки
АН-26	Сварочный флюс можно использовать также для дуговой наплавки аустенитных хромоникелевых сталей
ОФ-10	Пемзовидный низкокремнистый безмарганцевый флюс с малой окислительной способностью. Предназначен для наплавки лентой коррозионно-устойчивых сталей на перлитные стали. Обеспечивает хорошее формирование слоя при ширине ленты до 100 мм
ОФ-6	Безкремнистый безмарганцевый флюс для сварки. Можно использовать и для наплавки среднелегированных и высоколегированных сталей. Гидроскопичен – нужно прокалывать перед применением
АН-30	Безкремнистый безмарганцевый стекловидный флюс для наплавки среднелегированных сталей
АН-28	Пемзовидный флюс низкокремнистый безмарганцевый. Предназначен для наплавки стальной и чугуновой ленты

Для автоматической наплавки под слоем флюса применяют установки: А-384; А-409; А-580; сварочные тракторы: УТ-1250-3, Т-26, ТС-17МУ. АДС-1000, АДС-500; полуавтоматы ПШ-5-1, ПШ-54, ПДШМ-500.

#### 4.3 Полуавтоматическая наплавка в среде углекислого газа

Режимы наплавки характеризуются силой тока, напряжением, скоростью наплавки, частотой вращения детали, скоростью подачи электродной проволоки, шагом наплавки, смещением электрода и расходом углекислого газа. Сила тока ( $I$ ) и напряжение дуги ( $U$ ) выбирается в зависимости от диаметра электродного материала и диаметра детали (таблица 23).

Таблица 23 – Выбор силы тока и напряжения на дуге

Диаметр детали, мм	Диаметр проволоки, мм	$I_{CB}$ , А	$U$ , В
10...20	0,8...1	70...95	18...19
20...30		90...120	
30...40		110...140	
40...50	1...1,2	130...160	18...20
50...70	1,2...1,4	140...175	19...20
70...90	1,4...1,6	170...195	20...21
90...120	1,6...2	195...225	20...22

Скорость наплавки, частоту вращения детали, скорость подачи электродной проволоки, шаг наплавки и смещение электрода определяют по формулам, принятым для расчета аналогичных параметров при наплавке под слоем флюса.

Расход углекислого газа определяют исходя из величины сварочного тока (с ростом тока увеличивается расход  $CO_2$ ). Обычно расход  $CO_2$  устанавливают в пределах 8...15 л/мин.

Более подробно рекомендуемые режимы наплавки цилиндрических деталей приведены в таблице 24.

Наплавка осуществляется проволоками, содержащими в своем составе раскисляющие элементы НП-30ХГСА, Св-18ХГСА, СВ-08Г2С (таблицы 19, 20). Твердость слоя, наплавленного проволокой СВ-08Г2С, составляет 200...250 НВ, а при использовании проволоки НП-30ХГСА с последующей закалкой до 50 HRC.

Таблица 24 – Режимы наплавки в среде углекислого газа

Диаметр детали, мм	Толщина наплавленного слоя, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи электрода, м/ч	Смещение электрода с зенита, мм	Скорость наплавки, м/ч	Вылет электрода, мм	Шаг наплавки, мм
10	0,8	0,8	70	17	175	0	20...25	8	1,5
20	0,8	0,8	85	18	200	3,5	20...25	8	1,8
30	1,0	1,0	95	18	150	5...8	20...25	10	1,8
40	1,2	1,0	100	19	150... 175	8...10	25...30	10	1,8

Для наплавки в среде защитных газов применяют специальные автоматы: АДПГ-500, АТП-2, АДСП-3, УДС-1-58, УСА-500; полуавтоматы: А-547Р, ПГШ-2М, ПШП-10, ПДПГ-300, ПГД-2М, А-537; головку ОКС-125М ГОСНИТИ. Источники тока: выпрямители – ВДГ-301, ВС-300, ВС-600; преобразователи – ПСГ-300, ПСГ-500, ПСУ-600 (таблица 16).

#### 4.4 Наплавка порошковыми проволоками

Параметры режима наплавки: скорость наплавки, частоту вращения детали, скорость подачи электродной проволоки, шаг наплавки и смещение электрода определяют по формулам, приведенным в п. 4.1.

Рекомендуемые режимы наплавки цилиндрических деталей некоторыми порошковыми проволоками приведены в таблице 25.

В процессе наплавки наиболее часто используют проволоки диаметром 2,0...3,2 мм: ПП-3ХВЗФ-О, ПП-У15Х12М-О, ПП-Р18Т, ПП-Х12ВФТ, ПП-АЕ124, ПП1Х14Т, ПП-3Х5Г2М.

В качестве оборудования применяют те же автоматы и полуавтоматы, что и для наплавки под слоем флюса или в среде CO<sub>2</sub>. Источниками тока служат сварочные преобразователи и выпрямители с жесткой внешней характери-

кой. Полуавтоматы дополнительно укомплектовывают специальным шлангом и держателем типа А-725 [14, 15].

Таблица 25 – Режимы наплавки порошковыми проволоками

Электродная проволока	Диаметр детали, мм	Режимы наплавки			
		сила сварочного тока, А	напряжение на дуге, В	скорость наплавки, м/ч	шаг наплавки, мм/об
ПП-У25Х17Т-0, Ø 3 мм	50...65	200...230	22...24	35...40	4,0...4,5
	60...75	240...250	24...26	30...35	4,5...5,6
	70...85	260...280	26...28	25...30	5,5...6,0
ПП-1Х14Т-О, Ø 2 мм	45...55	160...180	22...24	25...35	2,5...3,0
	50...65	160...180	22...24	20...25	3,5...4,0
	60...75	200...220	24...26	15...20	4,5...5,0

#### 4.5 Вибродуговая наплавка

Параметры режима вибродуговой наплавки определяют по следующим формулам. Сила сварочного тока, А

$$I_{CB} = j \frac{\pi \cdot d_{ПР}^2}{4}, \quad (17)$$

где  $d_{ПР}$  – диаметр проволоки, мм;

$j$  – плотность тока, для  $d_{ПР} < 2,0$  мм –  $j = 60...75$  А/мм<sup>2</sup>; для  $d_{ПР} > 2,0$  мм –  $j = 50...75$  А/мм<sup>2</sup>.

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{ПР} = \frac{0,1 \cdot I \cdot U}{d_{ПР}^2}, \quad (18)$$

где  $U$  – напряжение,  $U = 14...20$  В.

Скорость наплавки, м/ч

$$V_H = \frac{0,785 \cdot d_{ПР}^2 \cdot V_{ПР} \cdot \eta}{h \cdot S \cdot \alpha}, \quad (19)$$

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

$h$  – заданная толщина наплавленного слоя (без механической обработки), мм;

$S$  – шаг наплавки, мм/об;

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

Шаг наплавки, мм/об

$$S = (1,6 \dots 2,2) d_{\text{ПР}}. \quad (20)$$

Амплитуда колебаний электродной проволоки, мм

$$A = (0,75 \dots 1,0) d_{\text{ПР}}. \quad (21)$$

Вылет электродной проволоки, мм

$$\delta = (5 \dots 8) d_{\text{ПР}}. \quad (22)$$

Индуктивность электрической цепи, Гн

$$L = \frac{51 \cdot \pi \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot V_{\text{ПР}} \cdot \gamma}{i^2 \cdot f}, \quad (23)$$

где  $\gamma$  – плотность электродной проволоки,  $\gamma = 7,85 \cdot 10^{-3}$  г/мм<sup>3</sup>;

$i$  – максимальная сила тока в цепи, А. Принимается в два раза больше силы тока по амперметру;

$f$  – частота колебаний, Гц.

При вибродуговой наплавке применяют сварочную проволоку диаметром от 1 до 1,6 мм следующих марок: Св-08А, Св-0,8ГА, Св-10Г2С, Св-18ХГСА, Св-10ХМ, Св-10МК, Св-18ХМА (таблица 20). Твердость наплавленного слоя зависит от состава электродной проволоки и количества охлаждающей жидкости. Так при наплавке проволокой Нп-60 с охлаждением обеспечивается твердость 35...55 НРС, проволокой Св-08Г2С – 22...26 НРС [3, 4].

Для защиты расплавленного металла применяют охлаждающую жидкость: 4...6 % раствор кальцинированной соды или 10...20 % раствор технического глицерина в воде.

Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки стальных деталей типа «вал» приведены в таблице 26, а чугунных в таблице 27.

Таблица 26 – Режимы вибродуговой наплавки стальных цилиндрических деталей

Диаметр детали, мм	Толщина слоя наплавленного металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Ток наплавки, А	Скорость наплавки, м/мин	Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	Расход охлаждающей жидкости, л/мин	Шаг наплавки, мм/об	Амплитуда вибрации проволоки, мм
20	0,3	1,6	120...150	2,2	0,6	0,2	1,0	1,5
40	0,7	1,6	120...150	1,2	0,4	0,4	1,3	1,8
60	1,1	2,0	150...210	1,0	0,8	0,5	1,6	2,0
80	1,5	2,0	150...210	0,6	1,0	0,6	1,8	2,0
100	2,5	2,5	150...210	0,3	1,1	0,7	2,0...3,0	2,0

Таблица 27 – Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки чугунных деталей

Наплавочный материал	Толщина наплавленного слоя	Скорость подачи электрода, м/мм	Сила тока, А	Число оборотов детали в минуту	Подача суппорта станка, мм/об
Проволока Ø 1,6...1,8 мм	0,6...0,7	1,3	120...140	1200: πD	1,8...2,2
	1,5	1,7	160...190	1000: πD	2,3...2,8
	2,5	1,7	160...190	370: πD	2,8...3,5
Проволока Ø 2,5 мм	2,5...3	1,7	300...350	200: πD	7,9
Лента сечением 0,5×10 мм	2,5...3	1,7	320...340	200: πD	7,9

Наплавка осуществляется на постоянном токе обратной полярности обычными сварочными полуавтоматами. В качестве источника питания используют генератор ПСО-500 с балластным реостатом, преобразователи типа СМГ, ПС-300М, выпрямители ВСА-5. Для устойчивого горения дуги в сварочную цепь включают стабилизирующий дроссель РСТЭ-34.

#### 4.6 Плазменная наплавка

Скорость, частота вращения и толщина покрытия рассчитывается по формулам (9, 10, 12). Рациональное значение силы тока при плазменной наплавке 200...230 А. Коэффициент наплавки  $\alpha = 10...13$  г/а·ч.

Смещение с зенита составляет для деталей диаметром до 100 мм – 3...5 мм. Расстояние от сопла плазматрона до поверхности детали 12...20 мм, при наплавке порошком – 8...15 мм. Расход защитного газа – 1000...1200 л/ч; плазмообразующего – 100...150 л/ч. Полярность прямая.

Для наплавки применяют порошковые твердые сплавы ПР-Н80Х13С2Р, ПР-Н65Х25С3Р3, ПГ-СР4, ПГ-ФБХ-6-2 с размером зерен 0,05...0,1 мм; легированные сварочные и наплавочные проволоки Св-15ГСТЮЦА, Св-ОХ1849 диаметром 1...1,6 мм для получения тонких слоев и диаметром 2...5 мм для получения средних и толстых покрытий. Наиболее часто при плазменной наплавке используют порошок сормайта и сплавов ФБХ-9-2, Ус-25, ПГ-СР3, СНГН-50. Твердость наплавленного слоя может обеспечиваться в пределах 32...45 НРС.

Расход порошка (г/с) определяется по формуле

$$Q = 0,1 \cdot v_H \cdot S \cdot h \cdot \gamma \cdot K_{\Pi}, \quad (24)$$

где  $v_H$  – скорость наплавки, м/мин;

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

$h$  – толщина наплавленного слоя, мм;

$\gamma$  – плотность наплавленного металла. Для порошков твердых сплавов на железной основе  $\gamma = 7,4$  г/см<sup>3</sup> ( $7,4 \cdot 10^{-3}$  г/мм<sup>3</sup>), для сплавов на никелевой основе  $\gamma = 6,8$  г/см<sup>3</sup> ( $0,8 \cdot 10^{-3}$  г/мм<sup>3</sup>);

$K_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий потери порошка,  $K_{\Pi} = 1,12...1,17$ .

Режимы и параметры процесса плазменной наплавкой порошков и проволокой приведены в таблице 28.

Наплавку осуществляют на установках для плазменного напыления УМП-6, УПУ-3Д, плазменной сварки УПС-301 и плазмотроне ИМЕТ-107. Используют источники питания с крутопадающей внешней характеристикой: ВУС-500, ВД-301, ПСО-500 и специальные: ИПГ 500, ИПР 120/600, ВПТМ.

Таблица 28 – Режимы плазменной наплавки

Параметр наплавки	Наплавка	
	порошковая	проволокой
Присадочный материал	ПГХ80Ф2 0,07...0,1 мм	Св-ОХ1849 Ø 2 мм
Напряжение основной дуги, В	45	50
Ток основной дуги, А	115	160...170
Расстояние от сопла до поверхности детали, мм	10...12	8...10
Расход плазмообразующего газа, л/ч	90	150
Расход защитного газа (аргон), л/ч	720	1200
Толщина наплавленного слоя, мм	1	4,6
Ширина наплавки, мм	40	30
Скорость наплавки, м/ч	5,2	7,5

#### 4.7 Электроконтактная приварка ленты и напекание порошков

Важными параметрами процесса являются: частота вращения детали, продольная подача сварочных клещей, частота следования импульсов тока, усилие сжатия электродов.

Для приварки ленты к восстанавливаемой поверхности необходимы импульсы сварочного тока следующих параметров (обеспечивающие 6...7 сварных точек на 1 см длины сварного шва):

- а) для ленты толщиной 0,3 мм амплитуда импульса сварочного тока 14500...15900 А, длительность импульсов тока 0,008...0,009 с;
- б) для ленты толщиной 0,4 мм амплитуда импульса сварочного тока 16000...17500 А, длительность импульса тока 0,0085...0,01 с;
- в) для ленты толщиной 0,4 мм, привариваемой в два слоя одновременно, амплитуда импульса тока 18000...19500 А, длительность импульса тока 0,009...0,011 с.

Частота вращения детали определяется по формуле (13).

Оптимальные режимы напекания порошка лежат в пределах: по напряжению 0,87...1,35 В на мм толщины слоя, по давлению 40...60 МПа, по затратам энергии 2,1...3,2 Вт...ч/г.

Усилие сжатия электродов  $Q_{СЖ}$ , Н и сила сварочного  $I_{СВ}$ , А тока имеют следующую зависимость

$$Q_{СЖ} = 0,64\sqrt{I_{СВ}} . \quad (25)$$

Режимы приварки зависят от удельного сопротивления, удельной массы, температуры плавления и теплопроводности присадочного материала.

Количество теплоты, необходимой для сплавления ленты или припекания порошка к детали, определяют в соответствии с законом Джоуля-Ленца:

$$Q = PRt,$$

где R – сопротивление цепи, Ом;  
t – продолжительность цикла, с.

Рекомендуемые режимы приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Режимы приварки ленты и напекания порошка

Параметры	Приварка ленты		Напекание порошка
	корпусные детали	Детали типа «вал»	
Сила сварочного тока, кА	7,8...8,0	16,1...18,1	14,0...15,0
Длительность сварочного цикла, с	0,12...0,16	0,04...0,08	0,08
Длительность паузы, с	0,08...0,1	0,1...0,12	0,12
Скорость сварки, м/ч	30	42...72	30
Подача электродов, мм/об	Ручная	3...4	-
Усилие сжатия электродов, кН	1,7...2,25	1,3...1,6	5,0...6,0
Ширина рабочей части электродов, мм	8	4	15
Диаметр электродов, мм	50	150...180	140...180
Присадочный материал	Сталь 20	Сталь 40, 50	Порошок УС-25
Расход охлаждающей жидкости, л/ч	30...60	60...120	200

Так как от материала ленты зависит твердость восстановленной поверхности детали, то при ее выборе следует пользоваться данными [ ]:

Сталь	20	40	45	55	40X	65Г
Твердость, НRC	30...35	40...45	45...50	50...55	55...60	60...65

Для напекания используются порошки, обеспечивающие твердость слоя

Порошок	УС-25	ПГ- ХН80СР2	ПС-1	ПС-2	СМ- У30Х30 Г8Т2	СМ- У20Х15 Г20
Твер- дость, НРС	62...65	55...60	35...50	58...65	45...51	27...35

Основным оборудованием для электроконтактной приварки металлического слоя являются установки представленные в таблице 30, состоящее из вращателя и сварочной головки, которая определяется видом проводимого процесса. Питание процесса от трансформатора при силе тока 10...20 кА.

Таблица 30 – Оборудование для восстановления деталей ЭКП

Марка установки	Назначение	Привариваемый материал	Производитель- ность	Размеры восстанавлива- емых деталей, мм		Толщина привариваемого материала, мм	Габаритные разме- ры, мм
				диаметр	длина		
1	2	3	4	5	6	7	8
011-1-02М «Ремде- таль»	восстанов- ление шеек валов, осей всех типов	стальная лента, проволока, керамическая и порошковая ленты	50...100 деталей в смену	20...250	1250	0,65...1	2730х 880х 1280
01.11.022 «Ремде- таль»	восстанов- ление круп- ногабарит- ных деталей массой до 200 кг	стальная спеченная лента, проволока	до 100 см <sup>2</sup> в минуту	внут- ренний 50...200, наруж- ный 15...350	80...2000 мм, 80...1500 мм	0,10...1	3500х 1200х 1500
011-1.10 «Ремде- таль»	восстанов- ление стаканов подшипни- ков	стальная лента	до 60 см <sup>2</sup> в минуту	внут- ренний 60...180, наруж- ный 100...250	100	0,2...1	1970х 886х 1280

Продолжение таблицы 30

1	2	3	4	5	6	7	8
011–1.06.01 «Ремдета-ль»	восстановление гильз цилиндров тракторных и автомобильных двигателей	стальная Лента, порошковые материалы	25..., 30 деталей в смену	100...300	глубина 300	0,3...0,85	2040х 900х 1220
011–1–05 «Ремдета-ль»	восстановление наружной резьбы М14-М20 поверхностей деталей типа «вал»	проволока, лента	Для резьбовых поверхностей - 15	10...30	–	0,15...0,5	2280х 1020х 1430
01.08.005 «Ремдета-ль»	восстановление клапанных гнезд головок блоков цилиндров двигателей А-01, А-41, Д-240, СМД-14, Д-50, ЯМЗ-238	порошковые материалы	2 головки в час	38...70	–	–	2230х 1800х 1250

#### 4.8 Газотермическое напыление

При газопламенной металлизации в качестве присадочного материала используется порошки на основе никеля, кобальта, меди: ПТ-НА-01+ПТ-19-ОИ, ПГ-19М-01, которые наносят в два слоя. А также порошки алюминий-никель с содержанием 80...82 % Ni (ПГ-10Н-01, Пг-12Н-02) или механическая смесь порошков: 20...25 % алюминий-никель и 75...80 % порошка ПГ-ХН80СР2. Размер зерен используемых порошков должен быть в пределах 40...100 мкм. Перед употреблением порошки должны быть прокалены при температуре

100...150° С в течении 1...1,5 ч. Режимы напыления порошков приведены в таблице 30. Также может быть использована электродная проволока диаметром 1,5...6 мм (таблица 20).

Таблица 31 – Режимы газопламенного напыления порошков

Наименование показателя режима напыления	Величина показателя
Давление кислорода, Па	$3,4...3,5 \cdot 10^4$
Давление ацетилена, Па	$0,3...0,5 \cdot 10^4$
Расход кислорода, л/ч	960...1100
Расход ацетилена, л/ч	900...1000
Скорость вращения детали, м/мин	18...20
Дистанция напыления, мм	160...180
Продольная подача аппарата, мм/об	3...4
Расход порошка, кг/ч	2,5...3,0

Для напыления порошка используют горелки ГАЛ-4-72, ГАЛ-8-73, ГАЛ-2. В качестве горючих газов используется ацетилен в баллонах ГОСТ 5457-80 и кислород ГОСТ 5383-88. Для нанесения порошковых материалов на детали типа «вал» применяют установку 011-1-09, а на цилиндрические поверхности – 011-1-01. При использовании проволоки применяют ручные металлизаторы МГИ-2 и МГИ-5.

Для получения высокого качества покрытий струю распыленного металла следует направлять перпендикулярно обрабатываемой поверхности и выдерживать расстояние от сопла металлизатора до изделия в пределах 100...150 мм. Вначале следует напылять металл на участки, имеющие резкие переходы: углы, галтели, уступы, а затем переходить к металлизации всей поверхности, равномерно наращивая металл.

При электродуговом напылении используют переносные (ручные) горелки ЭМ-3А, ЭМ-14 и станочные КДМ-2, ЭМ-6, ЭМ-12. Рабочее напряжение составляет 18...40 В, сила тока 100...140 А, давление транспортирующего газа – 0,6 МПа. В зависимости от выполняемых операций применяют проволоки, которые приведены в таблице 32.

Таблица 32 – Рекомендуемые материалы электродной проволоки при электродуговой металлизации

Операция	Материал проволоки
Восстановление поверхностей под неподвижные посадки	Стали: 08, 10, 15, 20
Получение износостойких покрытий	Стали: 45, У7, У7А, У8, У8А, У10 Проволока марок: Нп-40, НА-30ХГСА, Нп-30Х13
Металлизация деталей, работающих при высоких температурах	Хромоникелевые стали
Восстановление подшипников	Антифрикционные сплавы состава (% по массе): алюминия – 50, свинца – 50; стали -75, меди – 25;
Нанесение антифрикционных покрытий	Латунь ЛС 59-1

При металлизации на токарных станках деталь получает вращательное движение с окружной скоростью от 15 до 20 м/мин, а металлизационный аппарат совершает продольное движение подачи от 1 до 10 мм/об. Расстояние от сопла до металлируемой поверхности может быть 80...150 мм. К электродным проволокам подают электрический ток от трансформатора. Ось конуса распыла должна быть на 1...2 мм ниже оси вращения детали. Электродуговые металлизаторы могут работать на постоянном и переменном токе.

При плазменной металлизации в качестве плазмообразующих и транспортирующих газов используют азот, аргон, гелий и водород. Давление газов 0,4...0,6 МПа. Расход плазмообразующего газа 3,5...4,5 л/мин, транспортирующего – 5,5...6,0 л/мин.

В качестве напыляемого материала используют порошки:

- на основе титана и никеля: ПН85Ю15; ПН75Ю30; ПН55Т45;
- коррозионно-стойкие: ПР-Х18НД; ПР-Х20Н80;
- самофлюсующиеся (хромборникелевые): ПР-Н80Х13С2Р; ПР-Н70Х17С4Р4; ПГ-ХН80СР4.

- порошковая композиция: Сормайт №1, ПГ-ХН80СР и алюминия в соотношении 77:19:4 по массе.

Для проведения плазменного напыления используют установки УПУ-3, УПМ-5, УПМ-6.

#### 4.9 Электролитические (гальванические) покрытия

Структура и свойства покрытий зависят от режима электролиза, основными параметрами которого являются:

– состав и концентрация электролита (количество граммов вещества, растворенного в 1 литре электролита), г/л;

– кислотность электролита, г/л или в единицах водородного показателя рН. (Водородный показатель равен отрицательному десятичному логарифму из концентрации ионов водорода в электролите:  $pH = -\lg H^+$ . Его измеряют специальными приборами (потенциометрами или рН-метрами) или индикаторной бумагой);

– температурой электролита, °С;

– катодная плотность тока, А/дм<sup>2</sup>.

Сила тока, А

$$I = D_K \cdot F_K, \quad (26)$$

где  $D_K$  – катодная плотность тока, А/дм<sup>2</sup> (определяется условиями работы детали, видом покрытия, температурой и концентрацией электролита);

$F_K$  – площадь покрываемой поверхности, дм<sup>2</sup>.

Время выдержки деталей в ванне, ч определяется по формуле

$$t_0 = \frac{1000 \cdot h \cdot \gamma}{C \cdot D_K \cdot \eta_B}, \quad (27)$$

где  $h$  – толщина наращивания, мм (выбирается с учетом износа и припуска на обработку);

$\gamma$  – плотность осажденного металла, при хромировании  $\gamma = 6,9$  г/см<sup>3</sup> ( $6,9 \cdot 10^{-3}$  г/мм<sup>3</sup>), при железнении  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup> ( $7,8 \cdot 10^{-3}$  г/мм<sup>3</sup>);

$C$  – электрохимический эквивалент, при хромировании  $C = 0,323$  г/А·ч, при железнении  $C = 1,042$  г/А·ч;

$\eta_B$  – выход металла по току, при хромировании  $\eta_B = 12 \dots 15$  %, при железнении  $\eta_B = 80 \dots 95$  %.

Отношение площади анода к площади катода ( $F_A/F_K$ ) при железнении и хромировании можно принять 2:1.

Состав электролитов и режимов нанесения покрытия при железнении приведены в таблице 33.

Таблица 33 – Наиболее распространенные электролиты, используемые при железнении

Показатель	Номер электролита		
	1 (хлористый)	2	3 (сульфатно-хлористый)
Компонент, г/л			
хлористое железо	300...350	400...600	150...200
сернокислое железо	–	–	200
аскорбиновая кислота	–	0,5...2,0	–
Режим			
кислотность, РН	0,8...1,2	0,5...1,3	0,6...1,1
температура электролита, °С	70...80	20...50	30...50
плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	20...50	10...30	20...25
выход по току, %	85...95	85...92	85...92

При проведении ряда операций технологического процесса железнения рекомендуется использовать следующие растворы и режимы.

*Раствор для обезжиривания:* едкий натр (NaOH) – 30...50 г/л; жидкое стекло (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) – 10...20 г/л; тринатрийфосфат ( Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O) – 10 г/л; пирофосфатный натрий – 2 г/л. Отношение площади анода к площади катода 4:1. обработка деталей проводится при температуре раствора 60...70° С и плотности тока 5...15 А/дм<sup>2</sup>.

*Раствор для анодной обработки:* серная кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) – 360...400 г/л; сернокислое железо (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) – 25 г/л. Отношение площади анода к площади катода 4:1. Обработка деталей проводится при температуре раствора 15...20° С и плотности тока 30...80 А/дм<sup>2</sup>. Время травления 30...120 с.

*Раствор для нейтрализации деталей при железнении:* азотнокислый

натрий ( $\text{NaNO}_2$ ) – 50 г/л; технический уротропин – 30 г/л; кальцинированная сода ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) – 10 г/л. Температура раствора 60...70° С.

Состав электролитов и режимов нанесения покрытия при хромировании приведены в таблице 34.

Таблица 34 – Наиболее распространенные электролиты, используемые при хромировании

показатель	Номер электролита				
	1	2	3	4	5
Компонент, г/л					
хромовый ангидрид	120...150	200...250	300...350	225...300	380...420
серная кислота	1,2...1,5	2,0...2,5	3,0...3,5	–	–
сернокислый стронций	–	–	–	5,5...6,5	–
кремнефтористый калий	–	–	–	18...20	–
углекислый кальций	–	–	–	–	40...60
сернокислый кобальт	–	–	–	–	18...20
Режим					
температура электролита, °С	50...65	45...60	40...50	50...65	18...25
плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	30...100	20...60	15...30	40...100	100...300
выход по току, %	15...18	12...14	8...12	18...20	35...40

Основное оборудование гальванических участков – стационарные, барабанные и колокольные ванны, автоматические и полуавтоматические установки и источники тока. В качестве источников постоянного тока применяют либо низковольтные дизель-генераторы типа АНД, либо выпрямители; селеновые типа ВСМН, ВСМР; кремневые типа ВАКГ; германиевые типа ВАГГ. Напряжение источников тока составляет 6...12 В.

Примерный перечень оборудования гальванического участка приведен в таблице 34. Характеристики гальванических установок – в таблице 36

Таблица 35 – Гальваническое оборудование

Наименование	Марка
Ванна электрообезжиривания (нейтрализации)	70-7988-1093/000
Ванна травления	70-7988-1095/000
Ванна железнения	70-7988-1091/000
Ванна хромирования	70-7988-1097/000
Ванна декапирования	70-7988-3006/000
Ванна горячей промывки	70-7988-3008/000
Ванна холодной промывки	70-7988-1100/000
Стол монтажный	70-7888-3010/000
Агрегат выпрямительный	ВАКГ-12/6-1600
Электрошкаф	4963-2

Таблица 36 – Характеристики гальванических установок

Установка	К-во основных ванн	Вместимость одной ванны, л	Производительность, дм <sup>2</sup> /ч	Род тока	Ток на одну ванну, А	Установленная мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Назначение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0013-040-Ремдеталь	2	160	20 (h=0,2)	асимметричный, постоянный	200	42	1035x 1725x 3230	950	железнение
0013-024-Ремдеталь	1	560	17	то же	630	12	1180x 2146x 4305	1250	железнение, в том числе проточное
0013-022-Ремдеталь	2	390	20 (h=0,25)	постоянный	50	42	9750x 4000x 3500	5500	железнение, КЭП
0013-031-Ремдеталь	1	600	–	асимметричный, постоянный	630	15	1560x 2500x 1940	956	холодное железнение

Продолжение таблицы 36

0013-039-Ремдеталь	4	560	56 (h=0,15)	постоянный	–	48	80 м <sup>2</sup>	9320	автоматизированная линия железнения
0113-006-Ремдеталь	2	100	1,2 мм/ч	то же	630	19,8	3400х 2250х 2490	1200	электронапирание корпусных деталей
0013-035-Ремдеталь	2	200	8 (h=0,05)	то же	400	16,8	4800х 1400х 2500	1370	хромирование

#### 4.10 Полимерные материалы

Полимерные материалы достаточно широко используются при ремонте деталей с.-х. техники (таблица 37).

Таблица 37 – Область применения полимерных материалов

Материал	Область применения
1	2
Эпоксидные композиции на основе смол ЭД-16, 20 и т. д. и их аналоги «холодная сварка», «жидкий металл», фирм «Loctite», «Belzona»	Устранение трещин и пробоин у чугунных, стальных и алюминиевых деталей; восстановление подвижных, неподвижных и резьбовых соединений; восстановление посадочных поверхностей; склеивание металлических изделий
Синтетические клеи: БФ-52Т, ВС-10Т, БФ-2, БФ-4, ВС-350, БФ-6, 88Н, ВК-1, «Стык-КАН»	Склеивание металлов, стекла, керамики, древесины, полимерных материалов, резины, приклеивание различных материалов к металлу; клеесварные, клеезаклепочные и клеерезьбовые соединения
Цианкрилатные клеи группы КМ, ТК, «Loctite» 406	Высокопрочное склеивание металлов и неметаллов, полимерных материалов
Эластомеры ГЕН-150(В), 6Ф	Восстановление неподвижных соединений
Анаэробные герметики АН-4, УГ-7, АН-17, УГ-1, УГ-3, УГ-8, АН-6, АН-8	Восстановление неподвижных соединений; герметизация неподвижных соединений, сварных швов, литья; фиксация скользящих соединений; уплотнение резьбовых и фланцевых соединений; герметики-прокладки

Продолжение таблица 37

1	2
Капроновая смола, полиамиды ПП-610 и88	Ремонт валиков, втулок, вкладышей подшипников, изготовление шкивов, шестерен и др. деталей литьем под давлением
Полиэтилен НД, ВД, полистирол, полиформальдегид, текстолит, полиамид, полипропилен	Нанесение защитных покрытий, изготовление деталей, выравнивание неровностей при окраске деталей кузова
Фенилон С-2	Восстановление шеек валов, кулачковых валов, вкладышей подшипников; нанесение тонкослойных покрытий

Наиболее часто применяют эпоксидные композиции следующего состава (таблица 38)

Таблица 38 – Составы эпоксидных композиций в частях по массе

Компонент	А	Б	В	Г	Д
Смола ЭД-16	100	100	100	100	–
Компаунд К-115	–	–	–	–	120
Дибутилфталат	10...15	15	15	–	–
Полиэтиленполиамин	8	10	10	–	–
Олигоамид Л-19	–	–	–	30	–
Отвердитель АФ-2	–	–	–	–	30
Железный порошок	–	160	–	120	–
Цемент	–	–	–	60	–
Алюминиевая пудра	–	–	25	–	–
Графит	–	–	–	–	70
Назначение	Восстановление неподвижных соединений подшипников качения	Заделка трещин чугунных и стальных деталей	Заделка трещин алюминиевых деталей	Восстановление неподвижных соединений подшипников качения	Восстановление подвижных соединений подшипников качения

Отверждают эпоксидные композиции, содержащие полиэтиленполиамин при температуре 18...20° С в течении 12 ч, а затем при нагревании по одному из следующих режимов: при температуре 40° С в течение 48 ч, при 60° С – 24, при 80° С – 5 и при 100° С – 3 ч.

При склеивании материалов применяют клей-эпоксид ПР, приготовлен-

ный на основе твердой эпоксидной смолы ЭД-41. Для склеивания сталей рекомендуется клей следующего состава в частях по массе: эпоксидная смола Э-41 (100); дициандиамин (7); железный порошок (100). Отверждение клеевого состава при нормальной температуре 25...30 ч.

Для склеивания между собой металлов, а также металлов с пластмассами, стеклом, керамикой, тканями используют синтетические клеи: «Спрут», «Стык-1», «Стык-КАН», ВС-10Т, БФ-2, БФ-4, БФ-6, БФ-52Т; цианкрилатные клеи типа ТК, КМ или фирмы «Loctite» 406, 422, 496.

Отверждение проводят в течении 1,5 ч при температуре 150...160° С под давлением 0,3...1,0 МПа. Время отверждение цианкрилатных клеев составляет от нескольких секунд до нескольких минут.

Неподвижные соединения подшипников качения восстанавливают с помощью эпоксидных композиций А, Г и Д, а также эластомеров (6Ф, ГЭН-150(В)) и анаэробных герметиков типа «Анатерм», «Унигерм» [10].

Объем необходимого раствора (мм<sup>3</sup>), необходимого для восстановления рассчитывается по формуле

$$V = \pi \cdot b \cdot h \cdot K_p (D_{\max} - h), \quad (28)$$

где  $b$  – ширина посадочного места, мм;

$h$  – толщина покрытия, мм;

$K_p$  – коэффициент учитывающий объем раствора при заполнении шероховатости детали и изменения вязкости материала при термической обработке, мм<sup>2</sup>/с;

$D_{\max}$  – максимальный диаметр изношенного отверстия, мм.

Значение коэффициента  $K_p$  при вязкости раствора герметика 6Ф в ацетоне, равной 72,7 мм<sup>2</sup>/с, в зависимости от толщины покрытия ( $h$ )

$h$ , мм	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13
$K_p$	21,4	17,8	16,1	15,0	14,3	13,8	13,3	13,1	12,9	12,7	12,5	12,4

Полимеризация герметиков проводится при температуре 115° С в течение 40 мин (ГЭН-150(В)) и при температуре 150...160° С в течение 3 ч (6Ф).

При использовании полимерных материалов применяют следующее оборудование: рабочий стол с вытяжным шкафом ОП-2078 ГОСНИТИ; сушильные шкафы ОП-2124 ГОСНИТИ, ВШ-0,03А, СНРЛ-3,5.3,5.№.5/3; гидравлический пресс П-472Б, Д 2424Б; устройство для полимеризации клеевых соединений ОП-16614.

Для получения покрытий газопламенным напылением используют установки УПН-6-63, УПН-7-65 и УГПЛ. В качестве горючего газа применяют ацетилен или пропан-бутан. Рабочее давление газа должно быть не ниже 500 Па при расходе 30 л/ч.

#### 4.11 Пластическое деформирование

Стальные детали твердостью до 30 HRC, а также детали из цветных металлов и сплавов деформируют в холодном состоянии без предварительной термообработки. Детали из углеродистых сталей рекомендуется деформировать при температуре 800...1250° С, из легированных – 850...1150° С. В качестве оборудования применяют специальные приспособления и гидравлические прессы (переносные и стационарные).

Требуемое усилие Р, кН для различных способов деформирования можно определить из следующих выражений.

При осадке

$$P = \sigma_T \cdot F \left( 1 + \frac{l}{b} f \right), \quad (29)$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести материала детали, кПа;

F – площадь сечения втулки после осадки, м<sup>2</sup>;

l и b – соответственно длина и толщина втулки после осадки, м;

f – коэффициент трения, для бронзовой втулки и стальной матрицы f = 0,1...0,2.

При вдавливании нагрузка на деформирующий инструмент (ролик) составляет 2,0...2,5 кН.

При раздаче

$$P = 0,11 \cdot \sigma_r \ln \frac{R}{r}, \quad (30)$$

где  $R$ ,  $r$  – соответственно наружный и внутренний радиус детали, м.

При правке деталей под прессом в холодном состоянии к ней прикладывают усилие, кН

$$P_d = \frac{3f \cdot E \cdot I \cdot l}{l_1^2 \cdot l_2^2}, \quad (31)$$

где  $f$  – стрела прогиба при правке,  $f = 10\delta$ , где  $\delta$  – деформация вала до правки, м;

$E$  – модуль упругости материала, Н/м<sup>2</sup>;

$I$  – осевой момент инерции, м<sup>4</sup>;

$l$  – длина вала, м

$l_1$  и  $l_2$  – расстояние соответственно от точки приложения усилия до опор, м.

Электромеханическую обработку проводят инструментом, изготовленным из сплава Т15К6. Рекомендуемые режимы электромеханической обработки приведены в таблице 39.

Таблица 39 – Режимы электромеханической обработки

Режим работы	высадка	сглаживание
Подача, мм/об	1...2	1...1,5
Давление инструмента, Н для незакаленных сталей	700...800	300...400
для закаленных сталей	900...1200	300...400
Окружная скорость детали, м/мин	3...8	5...8
Сила тока, А	400...500	350...400
Число проходов	2...4	1...2

#### 4.12 Постановка дополнительной ремонтной детали

Усилие запрессовки, кН

$$F = f \cdot \pi \cdot d \cdot L \cdot p, \quad (32)$$

где  $f$  – коэффициент трения,  $f = 0,08...0,10$ ;

$d$  – диаметр контактирующих поверхностей, м;

$L$  – длина запрессовки, м;

$p$  – удельное контактное давление сжатия, Па.

Диаметр контактирующей поверхности:

для вала

$$d = d_{н.о.} - 2\delta, \quad (33)$$

для втулки

$$d = d_{в.о.} + 2\delta, \quad (34)$$

где  $d_{н.о.}$ ,  $d_{в.о.}$  – соответственно нижнее и верхнее предельные отклонения вала и втулки, м;

$\delta$  – толщина втулки, м.

Значение минимально допустимой толщины втулки определяют из условия прочности

$$\delta = \frac{p \cdot n \cdot d}{2[\sigma]}, \quad (35)$$

где  $n$  – запас прочности,  $n = \sigma_T/[\sigma]$ ;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение, Па;

$\sigma_T$  – предел текучести материала втулки, Па.

К расчетной толщине втулки  $\delta$  необходимо прибавить припуск на ее механическую обработку после запрессовки.

Удельное контактное давление сжатия между деталями

$$p = \frac{10^{-3} \Delta}{d \left( \frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (36)$$

где  $\Delta$  – максимальный расчетный натяг, м;

$C_1$  и  $C_2$  – коэффициенты охватываемой и охватывающей детали;

$E_1$  и  $E_2$  – модули упругости материала охватываемой и охватывающей детали, Н/м<sup>2</sup>.

$$C_1 = \frac{d^2 + d_0^2}{d^2 - d_0^2} - \mu_1, \quad (37)$$

$$C_2 = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} - \mu_2, \quad (38)$$

где  $d_0$  – диаметр отверстия охватываемой детали, для вала  $d_0 = 0$  м;

$D$  – наружный диаметр охватываемой детали, м;  
 $\mu_1$  и  $\mu_2$  – коэффициенты Пуассона для охватываемой и охватывающей детали, для стали  $\mu = 0,3$ ; для чугуна  $\mu = 0,25$ .

Если при постановке дополнительной ремонтной детали используются тепловые методы сборки, то температуру нагрева охватываемой детали или охлаждения охватывающей определяют по формуле

$$T = \frac{10^{-3} \cdot K(\Delta + S)}{\alpha \cdot d}, \quad (39)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий частичное охлаждение или нагрев при сборке,  $K = 1,15 \dots 1,30$ ;

$S$  – гарантированный зазор, мкм;

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения охватываемой детали при нагреве или охватывающей при охлаждении.

#### 4.13 Выбор и определение нормы расхода материала

По своему назначению материалы для восстановления деталей подразделяются на основные и вспомогательные. Выбранные материалы – наплавочная проволока, лента, порошок, флюс, технологические газы – должны обеспечивать выполнение технических требований к восстановленной детали, изложенных на ремонтном чертеже.

Норму расхода основных и вспомогательных материалов для восстановления деталей рассчитывают различными методами, в том числе опытно-экспериментальным и опытно-статистическим. Опытно-экспериментальный метод основан на основе замеров расхода материалов в лабораторных или производственных условиях. Опытно-статистический метод заключается в определении нормы на основе данных о фактическом расходе материалов в производственных условиях за несколько лет. На основе таких расчетов для восстановления большой номенклатуры деталей, различными способами созданы отраслевые нормативы расхода материалов. Допускается определение нормы расхода материалов по типовым технологическим процессам или литературным источникам, путем их пересчета к конкретной детали (приложение А).

## 5 МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

### 5.1 Выбор технологических баз

Точность механической обработки при восстановлении деталей зависит от правильного выбора технологических баз – поверхностей, линий, точек или их совокупности, необходимых для ориентации детали на станке, ее расположения в соединении или изделии и измерения.

В процессе эксплуатации эти поверхности могут быть изношены, деформированы или повреждены, что может привести к погрешностям при восстановлении и обработке деталей.

При выборе технологических баз придерживаются следующих основных принципов:

- поверхности, являющиеся базовыми, обрабатывают в первую очередь;
- стараются использовать базы завода-изготовителя;
- поверхности, связанные с точностью относительного положения (соосность, перпендикулярность и т.д.), обрабатываются с одной установки;
- поверхность (совокупность поверхностей), образующих технологическую базу должна оставлять детали минимальное и в то же время достаточное число степеней свободы;
- если в процессе восстановления деталь должна быть обработана по всем поверхностям, за технологическую необходимо принять такую базу, при использовании которой можно обработать все основные и вспомогательные поверхности за одну установку.

При восстановлении деталей в качестве технологических баз могут быть использованы:

- *вспомогательные базы* (центровые отверстия у валов и осей; плоскость и два отверстия у корпусной детали и т.д.), так как основные, являются поверхностями соединения и, изнашиваясь в процессе эксплуатации, не могут быть технологическими. Следует учитывать, что вспомогательные базы могут быть деформированы, поэтому их проверяют и в случае необходимости исправляют.
- *основные базы*. В случае отсутствия вспомогательных баз, например

при восстановлении корпусных деталей, в качестве технологической выбирают наименее изношенную основную базу, обрабатывают ее и используют в качестве основной технологической, обрабатывают остальные поверхности.

– *новые базы*. В случае невозможности использования баз, применяемых при изготовлении, в качестве технологических баз выбирают новые, то есть назначают обработанные поверхности, которые связаны с поверхностью прямым наиболее точным размером. При этом необходимо совмещение установочной и измерительной баз, в противном случае возникает погрешность базирования.

– *базы соединяемых деталей*. В некоторых случаях обрабатываемую деталь более точно можно установить на станок вместе с соединяемой деталью. Например, так поступают при расточке тормозного барабана.

– *обработка при минимальном числе баз*. Лучше всего вести обработку (подготовительную, нанесение покрытия и заключительную механическую) на постоянных базах. В случае их перемены точность обработки снижается.

## 5.2 Определение режимов механической обработки восстановленных деталей

Механическая обработка восстанавливаемых деталей характеризуется определенными особенностями, заключающимися в неоднородности свойств, неравномерности распределения припуска на обработку и высокой твердости обрабатываемой поверхности. Основными видами обработки при различных методах восстановления являются токарная и шлифовальная.

Токарная обработка применяется в большинстве случаев тогда, когда после восстановления размеров одним из способов (наплавка, напыление, электролитические покрытия), припуск на обработку превышает 0,25 мм на сторону, а твердость нанесенного покрытия менее HRC35...40. В качестве режущего инструмента используют, как правило, резцы с пластинками из твердого сплава. При точении деталей из закаленной стали применяют твердосплавные резцы групп ВК и ТК (BK8 и T15K6) с отрицательным передним углом ( $\gamma = -10...-$

15°) и углом наклона главной режущей кромки  $\lambda = 5...10^\circ$ . Режимы резания закаленных сталей:  $v = 80...120$  м/мин;  $S = 0,1...0,2$  мм/об;  $t = 0,5...1$  мм. Деталь обрабатывают в несколько проходов.

Параметры режимов токарной обработки деталей рассчитывают по следующим формулам.

Частота вращения детали, об./мин

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (40)$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин;

$d$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Скорость резания

$$V = \frac{C}{t^x \cdot S^y \cdot T^m}, \quad (41)$$

где  $C$  – коэффициент;

$t$  – глубина резания принимается равной припуску ( $t = z_2$ ), мм (таблица 10);

$S$  – подача, мм/об (таблицы 41-43);

$T$  – стойкость инструмента, мин (таблица 44).

Значения коэффициентов  $C$  и показателей степени  $x$ ,  $y$  (41) принимаются в зависимости от обрабатываемого материала. Для восстановленных деталей их можно принять, как и для стальных деталей, соответственно 41,7; 0,18; 0,27. Значение коэффициента  $m$  принимается по данным таблицы 40.

Таблица 40 – Значение коэффициента  $m$  при обработке восстановленных деталей

Тип резца	Условия обработки	Материал режущей кромки резца		
		Сталь	Сплав ТК	Сплав ВК
Проходной	с охлаждением	0,125	0,125	0,150
Расточной	без охлаждения	0,100	0,125	0,150

Таблица 41 – Подача при черновом обтачивании деталей ( $t$  до 5 мм)

Диаметр детали, мм	18	30	50	80	120	180
Подача, мм/об.	до 0,25	0,2...0,5	0,4...0,8	0,6...1,2	1,0...1,4	1,4

Таблица 42 – Подача при черновом растачивании деталей ( $t = 2$  мм)

Диаметр сечения державки резца, мм	10	20	30
Вылет резца, мм	50	100	150
Подача, мм/об.	0,05...0,08	0,15...0,40	0,5... 1,0

Таблица 43 – Подача при чистовом точении, мм/об.

Шероховатость, $R_a$ , мкм	Радиус при вершине резца, мм			
	0,5	1,5	2,0	3,0
80...40	–	–	–	2,8
40...20	–	1,45	1,60	1,9
20...10	0,46	0,67...1,05	0,73...1,15	0,85...1,3
5,0...2,5	0,13	0,14...0,20	0,16...0,22	0,13...0,26

Таблица 44 – Стойкость резцов из быстрорежущей стали и твердых сплавов

Сечение, мм	Стойкость, мин	
	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав
16 – 25	60	90
20 – 30	60	90
25 – 40	90	120
40 – 60	120	150
60 – 90	150	180

Черновое растачивание твердосплавного покрытия ведут резцами с пластинками из твердых сплавов ВК6 и ВК3 на следующих режимах: глубина резания 0,3...0,6 мм; подача 0,18...0,25 мм/об; скорость 35...35 м/мин. При чистовом растачивании покрытий применяют резцы, оснащенные гексанитом-Р. Режим обработки: глубина резания до 0,25 мм; подача 0,02...0,05 мм/об; скорость 120...150 м/мин.

Детали обрабатывают с применением охлаждающей жидкости: эмульсола 5...8 %, кальцинированной технической соды 0,2 %, остальное – вода.

В таблице 45 приведены рекомендуемые режимы черновой и чистовой механической обработки восстановленных поверхностей.

Таблица 45 – Режимы токарной обработки восстановлением деталей

Способ восстановления	Вид обработки	Материал инструмента	Режимы резания		
			скорость резания $v$ , м/мин	подача $S$ , мм/об	глубина обработки $t$ , мм
Наплавка	Черновая	T15K6,	46,0	0,2	1,0
		T14K8,B8	27,5	0,3	2,0
			19,0	0,4	3,0
	Чистовая	T15K6,	138	0,15	0,25
		T14K8,B8	104	0,20	0,50
			67	0,30	0,75
Термическое напыление порошковых материалов	Черновая	T15K6, T14K8,B8	20	0,30	0,50
	Чистовая	T15K6, T14K8,B8	40	0,15	0,20
Электролитическое железнение	Черновая	T15K6, T14K8,B8	30	0,50	2,00
	Чистовая	T15K6, T14K8,B8	60	0,12	0,20

Шлифование применяют тогда, когда твердость обрабатываемой поверхности превышает HRC 35...40, или когда нужно получить высокую точность обработки и малую шероховатость поверхности. Шлифование применяют либо сразу после покрытия, либо после предварительной токарной обработки

При обработке восстановленных поверхностей шлифованием с продольной подачей глубина шлифования принимается ,005...0,015 мм/проход для чистовой и 0,010...0,025 мм/проход для черновой обработки.

Число проходов определяется

$$i = \frac{z_z}{t}, \quad (42)$$

где  $z_z$  – припуск на шлифование (на сторону), мм.

Продольная подача, мм/об

$$S = S_{\text{д}} \cdot B_{\text{к}} \quad (43)$$

где  $S_{\text{д}}$  – продольная подача в долях ширины круга на один оборот детали;  
 $B_{\text{к}}$  – ширина шлифовального круга, мм;  $B_{\text{к}} = 20 \dots 60$ .

Продольная подача для черного шлифования восстановленных поверхностей деталей диаметром менее 20 мм принимается  $0,3 \dots 0,5 B_{\text{к}}$ , более 20 мм –  $0,6 \dots 0,7 B_{\text{к}}$ . Для чистового шлифования принимают  $0,2 \dots 0,3 B_{\text{к}}$ .

Окружную скорость детали  $V_{\text{д}}$  для черного шлифования принимают  $20 \dots 80$  м/мин, а для чистового –  $2 \dots 5$  м/мин.

Скорость продольного перемещения стола  $V_{\text{ст}}$ , м/мин

$$V_{\text{ст}} = \frac{S \cdot n_{\text{д}}}{1000} \quad (44)$$

Ориентировочные режимы шлифования приведены в таблице 46

Таблица 46 – Режимы шлифования восстановленных деталей

Способ восстановления	Вид обработки	Материал шлифовального круга	Режимы обработки			
			скорость вращения круга, $v_{\text{к}}$ , м/с	скорость вращения детали, м/мин	продольная подача камня, м/мин	глубина резания, $t$ , мм
1	2	3	4	5	6	7
Наплавка	черновая	Нормальный электрокорунд, зернистость $40 \dots 50$ , твердость СТ...СТ1, связка керамическая	25...30	10...15	0,7...1,2	0,01...0,05
	чистовая	Белый электрокорунд, зернистость $25 \dots 40$ , твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	30...32	12...15	0,4...0,7	0,008...0,01

Продолжение таблицы 45

1	2	3	4	5	6	7
Термическое напыление порошковых материалов	черновая	Нормальный электрокорунд, зернистость 46...60, твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	10...30	6...15	0,5...0,7	0,01...0,03
	чистовая	«-»	20...30	3...6	0,3...0,5	0,008...0,01
Контактная приварка металлической ленты	чистовая	Белый электрокорунд, зернистость 25...40, твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	30...40	25...30	0,2...0,3	0,008...0,01
Электролитическое железнение	чистовая	Синтетический алмаз АСП10К6, АСП15К8, АСП25К6-50, АСП30К6-50	25...35	20...25	1,0...1,5	0,01...0,02
Электролитическое хромирование	чистовая	Нормальный электрокорунд, зернистость 40...50, твердость СТ...СТ1, связка керамическая	30...40	15...20	1,0...1,5	0,008...0,01

Покрyтия из Сормайта рекомендуется обрабатывать шлифовальным кругом 34А40СМ16К из хромистого электрокорунда, а покрyтия УС-25 и ФБХ-6-2 – шлифовальным кругом 64С25См16К из карбида кремния.

Черновое шлифование ведут с окружной скоростью круга и детали соответственно 35 м/с и 11 м/с. Данные о поперечной подаче при врезном шлифовании приведены в таблице 47.

Таблица 47 – Значения минутной подачи при врезном шлифовании твердосплавных покрытий

Диаметр детали, мм	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Обрабатываемый материал	Подача, мм/мин, при длине шлифования, мм			
			15	25	35	45
40	95	сормайт	3,9	2,3	1,67	1,3
80	50		1,95	1,15	0,83	0,65
40	95	ФБХ-6-2	2,2	1,3	1,0	0,74
80	50	УС-25	1,1	0,66	0,47	0,37
40	95	ПГ-ХН90СРЗ	1,6	0,95	0,65	0,55
80	50		0,8	0,45	0,35	0,25

При ремонте гильз цилиндров, обработке отверстий нижних головок шатунов, тормозных цилиндров используют алмазное хонингование. Применяют бруски, содержащие синтетические алмазы марок АСР, АСВ, и АСК. Окружная скорость вращения хонинговальной головки 70...80 м/мин, скорость ее возвратно-поступательного движения 12...15 м/мин, давление брусков 0,3...1,5 МПа.

Для получения высокого класса шероховатости используют полирование алмазными (абразивными) лентами типа ЛСВТ зернистостью 8-М28 или типа АЛШБ, АСО-100-Р9 зернистостью 80/63...40/28. Скорость перемещения ленты 35 м/с, поперечное колебательное движение с амплитудой 2...6 мм и частотой 300...900 колебаний в 1 мин.

#### 6 Определение норм времени при выполнении операций

Норма времени  $T$  выполнения операции в общем случае складывается из следующих элементов затрат:

$$T = T_{\text{осн}} + T_{\text{всп}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (45)$$

где  $T_{\text{осн}}$  – основное время, мин;

$T_{\text{всп}}$  – вспомогательное время, мин;

$T_{\text{доп}}$  – дополнительное время, мин;

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

$n$  – количество обрабатываемых деталей в партии, шт.

Основное время – это время в течение которого происходит изменение размеров, формы, свойств, внешнего вида обрабатываемой детали, например наращивание слоя металла заданной толщины на изношенные поверхности детали или его удаление

Вспомогательное время – это время выполнения комплекса подготовительных и заключительных (вспомогательных) переходов (операций). То есть это время, затрачиваемое на действия, обеспечивающие выполнение основной работы (закрепление и снятие детали со станка, измерение детали и т.д.). Вспомогательное время  $T_{всп}$  в зависимости от применяемой технологической оснастки берется в пределах от 2 до 12 мин.

Дополнительное время – это время обслуживания рабочего места. Оно затрачивается на уход за рабочим местом и поддержание его в надлежащем состоянии в течение рабочей смены, на отдых, личные надобности и производственную гимнастику. Дополнительное время  $T_{доп}$  определяется по формуле:

$$T_{доп} = 0,1(T_{осн} + T_{всп}). \quad (46)$$

Подготовительно-заключительное время – это время, затрачиваемое на получение, ознакомление и сдачу работы, на подготовку оборудования и оснастки, на оформление документации на партию одноименных деталей. Подготовительно-заключительное время  $T_{пз}$  принимается равным 15...20 мин на партию деталей.

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

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{всп} + T_{доп}. \quad (47)$$

## 6.1 Нормирование при механической обработке детали

Основное время  $T_{осн}$  для станочных работ определяется.

При токарной обработке

$$T_{\text{очн}} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (48)$$

где  $L$  – длина обрабатываемой поверхности с учетом врезания и перебега режущего инструмента (величина врезания и перебега определяется из таблиц), мм;

$i$  – число проходов для снятия припуска;

$n$  – частота вращения, об/мин;;

$S$  – подача, мм/об.

Длина обрабатываемой поверхности составляет

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \quad (49)$$

где  $l$ ,  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  – соответственно длина обрабатываемой поверхности, длина врезания (принимают равной глубине резания), длина подвода и перебега инструмента  $l_2 = 2 \dots 5$  мм; длина проходов  $l_3 = 5 \dots 8$  мм, мм;

При сверлильных работах:

$$T_{\text{очн}} = \frac{L}{n \cdot S}, \quad (50)$$

где  $L$  – глубина сверления, мм;

$n$  – частота вращения сверла, мин<sup>-1</sup>;

$S$  – подача на один оборот сверла, мм/об.

При фрезерных работах:

$$T_{\text{очн}} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{\text{об}}} \quad (51)$$

где  $L$  – длина прохода, мм;

$i$  – число проходов;

$n$  – частота вращения фрезы, мин<sup>-1</sup>;

$S_{\text{об}}$  – подача на один оборот фрезы, мм/об.

При шлифовальных работах:

$$T_{\text{очн}} = \frac{L \cdot i}{S_{\text{пр}}} \cdot K_3 \quad (52)$$

где  $L$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$i$  – число проходов, шт.;

$S_{\text{пр}}$  – продольная подача камня м/мин;

$K_3$  – коэффициент зачистных ходов принимается в зависимости от

точности обработки,  $K_3 = 1,2 \dots 1,7$  (большее значение для более высокой точности).

Вспомогательное время при обработке деталей на металлорежущих станках подразделяется на 2 вида: время, затрачиваемое на проход инструмента, и время, затрачиваемое на установку и снятие детали (заготовки).

В комплекс приемов, связанных с установкой и снятием детали, включено время на установку, выверку, крепление и снятие детали. Продолжительность вспомогательного времени, с учетом массы детали, типа приспособления (способа установки детали) и сложности выверки и в зависимости от вида обработки приведена в таблицах 48–55.

Таблица 48 – Вспомогательное время на установку и снятие детали при работе на токарных станках, мин

Установка детали	Проверка установки	Масса детали, кг не более			
		3	5	10	Более 10
В центрах с хомутиком	без проверки	0,3	0,4	0,5	0,6
В центрах с люнетом	без проверки	0,6	0,7	0,8	0,9
В трехкулачковом патроне	простая	0,6	0,7	0,8	0,9
	сложная	1,2	1,4	1,7	2,2
В четырехкулачковом патроне	простая	1,4	1,7	2,0	2,4
	средней сложности	2,0	2,4	2,7	3,2
	сложная	2,8	3,8	4,2	5,5
На планшайбе	простая	2,0	2,4	2,7	3,2
	средней сложности	2,6	2,8	3,2	4,0
	сложная	3,5	4,5	6,0	7,5

Таблица 49 – Вспомогательное время, связанное с переходом при работе на токарных станках

Операция (переход)	Высота центров, мм		
	150	200	300
	Время, мин (для одного прохода)		
1	2	3	4
Обточка или расточка по 7 качеству	0,7	0,8	1,0
Обточка или расточка по 9-11 качеству	0,4	0,5	0,7

Обточка или расточка при последующих проходах	0,1	0,2	0,3
---	-----	-----	-----

Продолжение таблицы 48

1	2	3	4
Подрезка или отрезка	0,1	0,2	0,2
Снятие фасок и радиусов	0,06	0,07	0,08
Нарезание резьбы резцом	0,03	0,04	0,06
Нарезание резьбы метчиком и плашкой	0,2	0,2	0,25
Сверление и центровка	0,5	0,6	0,9

Таблица 50 – Вспомогательной время на установку и снятие детали при работе на фрезерных станках, мин

Установка детали	Масса детали, кг, не более					
	1	3	5	10	20	30
В центрах	0,2	0,5	0,6	0,7	1,0	1,4
В трехкулачковом патроне	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	–
В тисках с простой проверкой	0,3	0,6	0,7	0,8	1,0	–
В тисках с проверкой средней сложности	0,4	0,9	1,2	1,5	2,0	–
В призмах	0,6	1,0	1,3	1,6	2,1	2,4
На столе с простой проверкой	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2
На столе с проверкой средней сложности	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	3,0

Таблица 51 – Вспомогательное время, связанное с переходом при работе на фрезерных станках, мин

Переходы	Время одного перехода, мин
Первый с двумя пробными стружками при обработке плоскостей	1,4
Первый с одной пробной стружкой при обработке плоскостей	1,0
Последующие при обработке плоскостей	0,3
При обработке пазов	1,0
Последующие при обработке пазов	0,4

Таблица 52 – Вспомогательное время на установку и снятие детали при шлифовании, мин

Установка детали	Масса детали, кг, не более							
	1	3	5	10	20	30	50	80
1	2	3	4	5	6	7	8	9
В центрах	0,2	0,4	0,5	0,6	1,0	2,2	2,8	3,2
В трехкулачковом патроне	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,5	2,2	4,0

В четырехкулачковом патроне	0,6	1,0	1,4	2,0	2,6	4,0	5,0	6,0
-----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Продолжение таблицы 51

1	2	3	4	5	6	7	8	9
В центрах с люнетом	0,5	0,7	0,8	0,9	1,2	2,4	3,0	3,6
В центрах на оправке	1,4	1,5	2,0	3,0	–	–	–	–

Таблица 53 – Вспомогательное время, связанное с переходом при шлифовании, мин

Проходы	Высота центров, мм	
	200	300
Шлифование первой поверхности на одной детали	1,00	1,20
Шлифование последующих поверхностей на одной детали	0,55	0,7
На каждый последующий проход	0,04	0,05

Таблица 54 – Вспомогательное время на установку и снятие детали при сверлении, мин

Установка детали	Масса детали, кг, не более							
	1	3	5	10	20	30	50	80
В трехкулачковом патроне	0,20	0,22	0,24	0,30	–	–	–	–
В тисках	0,40	0,60	0,70	0,80	1,20	–	–	–
На столе без крепления	–	0,15	0,18	0,20	0,50	0,50	2,30	2,80
Сбоку на угольнике	–	–	1,10	1,20	1,70	2,20	3,80	4,50
Сбоку с креплением к столу	–	–	1,00	1,20	1,60	2,00	3,60	4,30

Таблица 55 – Вспомогательное время, связанное с переходом при работе на сверлильных станках, мин

Условия	Для первого отверстия			Для каждого последующего отверстия того же диаметра при сверлении в одной или нескольких деталях		
	Для станков с наибольшим диаметром сверления, мм					
	12	25	50	12	25	50
Сверление по разметке	0,14	0,20	0,22	0,07	0,10	0,11

Сверление по кондуктору, рассверливание и зенкование, развертывание	0,12	0,16	0,16	0,06	0,08	0,08
---	------	------	------	------	------	------

Дополнительное время определяется в процентном отношении к оперативному при различных способах механической обработки составляет: для токарных станков – 8 %, строгальных – 9 %, сверлильных – 6 %, шлифовальных – 9 %, фрезерных – 7 %.

Подготовительно-заключительное время (мин) для разных работ по механической обработке приведено в таблицах 56-59

Таблица 56 – Подготовительно-заключительное время (токарные станки)

Работа	Высота центров, мм	
	200	300
Простая (болты, гайки, втулки)	5	6
Средней сложности (валики, фланцы)	10	11
Сложная (корпусные детали)	14	16

Таблица 57 – Подготовительно-заключительное время (фрезерные станки)

Установка детали	Время, мин
На столе с креплением болтами	12
В тисках	16
В центрах с делительной головкой	19
На угольнике	12
Одной фрезы	2

Таблица 58 – Подготовительно-заключительное время (шлифовальные станки),

Установка детали	Высота центров, мм	
	150	300
В центрах	5	6
В трехкулачковом патроне	8	9
В люнете	4	5
Смена круга	8	9
Замена одного кулачка	2	3

Таблица 59 – Подготовительно-заключительное время (сверлильные станки),

Установка детали	Время, мин
В трехкулачковом патроне	4

В тисках	5
В приспособлении с креплением к столу	8
На столе без крепления	2
На столе с креплением	4

## 6.2 Нормирование при сварке и наплавке

Штучное время при сварочных и наплавочных работах определяется

$$T_{\text{шт}} = [(T_{\text{осн}} + T_{\text{вш}}) L + T_{\text{вд}}] \cdot [1 + 0,01 (T_{\text{ом}} + T_{\text{отл}})], \quad (53)$$

где  $T_{\text{вш}}$  – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом (время смены электрода, зачистки и промера шва и т.д.), мин;

$L$  – длина свариваемого шва, м;

$T_{\text{вд}}$  – вспомогательное время, связанное со свариваемой деталью (время на установку, перемещение и снятие детали), мин;

$T_{\text{ом}}$ ,  $T_{\text{отл}}$  – время на обслуживание рабочего места и на личные надобности, принимается в процентах от оперативного времени,  $T_{\text{ом}} = 4 \%$ ;  $T_{\text{отл}} = 3 \%$ . (Значения оперативного времени приведены в типовых нормах на ремонт, разработанных в ГОСНИТИ)

Основное время горения дуги и наплавки металла электродным материалом определяется по формулам, приведенным ниже.

Автоматическая и полуавтоматическая сварка

$$T_{\text{осн}} = 60 \left( \frac{1}{v_{\text{св1}}} + \frac{1}{v_{\text{св1}}} + \dots + \frac{1}{v_{\text{свн}}} \right), \quad (54)$$

где  $v_{\text{св1}}$ ,  $v_{\text{св1}}$ , ...,  $v_{\text{свн}}$  – скорость сварки, м/ч.

Полуавтоматическая сварка (наплавка) в среде углекислого газа

$$T_{\text{осн}} = \frac{60F \cdot \gamma}{I \cdot \alpha_{\text{н}}}, \quad (55)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения шва, мм<sup>2</sup>;

$\gamma$  – плотность расплавленного металла. Для стали  $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ ; для чугуна  $\gamma = 7,0 \text{ г/см}^3$ ;

$I$  – сила тока, А;

$\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент расплавления, г/(А·ч).

Ручная сварка в среде защитных газов

$$T_{\text{осн}} = T_{\text{н}} \cdot F \cdot \gamma, \quad (56)$$

где  $T_{\text{н}}$  – время наплавки одного грамма присадочной проволоки, мин.

При автоматической наплавке под слоем флюса и вибродуговой наплавке основное время подсчитывается по формуле

$$T_{\text{осн}} = \frac{\pi \cdot d \cdot L \cdot i}{1000 \cdot V_{\text{н}} \cdot s}, \quad (57)$$

где  $L$  – длина наплавляемой поверхности с учетом захода и выхода электрода, мм;  
 $V_{\text{н}}$  – скорость наплавки, м/ч;  
 $d$  – диаметр детали, мм;  
 $i$  – число проходов;  
 $s$  – шаг наплавки, мм/об.

Вспомогательное время включает в себя время на установку и снятие детали (таблица 60), и время на проход при наплавке.

Таблица 60 – Вспомогательное время на установку и снятие детали при наплавке, мин

Вид наплавки	Масса наплавляемой детали, кг	Время на установку и снятие детали, мин		
		в трехкулачковом патроне	в центрах	в центрах с люнетом
Вибродуговая наплавка	до 10	1,0	0,5	1,0
	свыше 10	1,5	1,0	1,5
Наплавка под слоем флюса	5	0,7	0,6	–
	10	1,0	0,8	–
	20	1,5	1,1	–
	30	2,0	1,4	–

Вспомогательное время на проход при наплавке обычно принимается равным 0,8...0,9 мин на проход для вибродуговой наплавки и 0,5 мин для наплавки под слоем флюса.

Дополнительное время затрачивается на подготовку сварочной проволоки, замену мундштуков, очистку наконечника и уход за станком

$$T_{\text{доп}} = (T_{\text{осн}} + T_{\text{всп}}) k, \quad (58)$$

где  $k$  – доля дополнительного времени от основного и вспомогательного,  $k = 0,1 \dots 0,14$ .

Подготовительно-заключительное время затрачивается на получение

наряда и инструктажа, установление и проверку режимов наплавки детали, на сдачу работы и уборку станка (таблица 61).

Таблица 61 – Подготовительно-заключительное время при наплавке, мин

Элемент работы	Время, мин		
	При простой работе	При работе средней сложности	При сложной работе
Получение производственного задания, указания, инструктажа	5	7	10
Ознакомление с работой	3	5	7
Подготовка приспособлений	–	3	5
Сдача работы	2	2	2
Итого:	10	17	24

При электроконтактной приварке основное время расходуется на время импульса тока, сплавление, осадку.

### 6.3 Нормирование работ при газотермическом напылении

#### Штучное время при газотермическом напылении

$$T_{шт} = (T_{осн} + T_{в1} + T_{в2} + T_{в3}) [1 + 0,01 (T_{ом} + T_{отл})], \quad (59)$$

где  $T_{в1}$  – вспомогательное время, связанное с осмотром поверхности перед напылением, мин;

$T_{в2}$  – вспомогательное время, связанное с обезжириванием поверхности растворителем перед напылением, мин;

$T_{в3}$  – вспомогательное время, связанное с установкой, поворотом, и снятием детали, мин.

#### Основное время при механизированном напылении

$$T_{осн} = \frac{6\pi d(L+y)h \cdot i \cdot \gamma}{10^5 q \cdot K_H}, \quad (60)$$

где  $d$  – диаметр напыляемой поверхности, мм;

$L$  – длина напыляемой поверхности, мм;

$y$  – перебег металлизатора. При  $L = 50$  мм  $y = 0,8$  мм;  $L = 50 \dots 100$  мм  $y = 0,4$  мм;  $L = 100 \dots 200$  мм  $y = 0,3$  мм;  $L > 200$  мм –  $y = 0,2$  мм;

$h$  – толщина напыленного слоя, мм;

$\gamma$  – плотность напыленного металла, г/см<sup>3</sup>;

$i$  – число проходов;

$q$  – производительность металлизатора, кг/ч;  
 $K_H$  – коэффициент напыления, зависящий от диаметра напыляемой поверхности.

При ручном напылении

$$T_{\text{осн}} = \frac{7,2F \cdot h \cdot i \cdot \gamma}{10^5 q \cdot K_H}, \quad (61)$$

где  $F$  – площадь напыляемой поверхности, см<sup>2</sup>.

#### 6.4 Нормирование гальванических работ

Штучное времени при нанесении гальванических покрытий

$$T_{\text{шт}} = \frac{(T_O + T_i) \cdot k_{\text{пз}}}{n_d \cdot \eta_B}, \quad (62)$$

где  $T_O$  – продолжительность осаждения покрытия, ч;

$T_i$  – время на загрузку и выгрузку деталей из ванны, принимают равным 0,1...0,2 ч;

$k_{\text{пз}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное и подготовительно-заключительное время, при односменной работе  $k_{\text{пз}} = 1,1...1,2$ ; при двухсменной  $k_{\text{пз}} = 1,03... 1,05$ ;

$n_d$  – число деталей, одновременно наращиваемых в ванне, шт.;

$\eta_B$  – коэффициент использования ванны,  $\eta_B = 0,8...0,95$ .

Продолжительность осаждения покрытия

$$T_O = \frac{1000 \cdot h \cdot \gamma}{C \cdot D_K \cdot \eta}, \quad (63)$$

где  $h$  – толщина наращиваемого слоя на сторону, мм;

$\gamma$  – плотность осаждаемого металла. При хромировании  $\gamma = 6,9$  г/см<sup>3</sup>; при железнении  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>;

$C$  – электрохимический эквивалент осаждаемого металла. Для хрома  $C = 0,324$  г/А·ч; для железа  $C = 1,042$  г/А·ч;

$D_K$  – катодная плотность тока, А/дм<sup>2</sup>;

$\eta$  – выход металла по току. При хромировании  $\eta = 12...15$  %; при железнении  $\eta = 80...92$  %.

#### 6.5 Нормирование работ, связанных с использованием полимерных материалов

При использовании полимерных материалов, штучное время зависит от объема воздействий

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{оп}} + T_{\text{в}}) [1 + 0,01 (T_{\text{ом}} + T_{\text{отл}})], \quad (64)$$

где  $T_{\text{оп}}$  – оперативное время, связанное с выполнением ремонтного воздействия (оперативное время представляет собой сумму основного и вспомогательного времени), мин;

$T_{\text{в}}$  – время на установку, поворот и снятие детали, мин.

Например, при заделки трещин эпоксидными композициями оперативное время складывается

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{оп1}} + T_{\text{оп2}} + 10^{-3}L \cdot \gamma (T_{\text{оп3}}G_1 + T_{\text{оп4}}G_2) + T_{\text{оп5}} + T_{\text{оп6}}, \quad (65)$$

где  $T_{\text{оп1}}$  – оперативное время на подготовку трещины, мин;

$T_{\text{оп2}}$  – время на обезжиривание трещины и поверхности вокруг нее, мин;

$f$  – площадь поперечного сечения шва (валика эпоксидной композиции в трещине),  $\text{мм}^2$ ;

$L$  – длина трещины, мм;

$\gamma$  – плотность композиции. Для состава из эпоксидной смолы и железного порошка  $\gamma = 4,5 \text{ г/см}^3$ ; при введении в состав компаунда алюминиевого порошка  $\gamma = 1,4 \text{ г/см}^3$ ;

$T_{\text{оп3}}$  – время на предварительное приготовление композиции массой  $G_1$ , мин;

$T_{\text{оп4}}$  – время на окончательное приготовление дозы композиции массой  $G_2$  на рабочем месте, мин;

$T_{\text{оп5}}$  – время нанесения композиции на трещину и ее уплотнение, мин;

$T_{\text{оп6}}$  – время наложения накладок из стеклоткани с прикаткой роликом, мин.

Оперативное время  $T_{\text{оп1}}$  учитывает время на подготовку трещины: зашлифовывание отверстий, вырубку и зачистку абразивным кругом. Принимается в зависимости от длины трещины: при  $L < 25$  мм  $T_{\text{оп1}} = 7,5$  мин; при  $L = 25 \dots 40$  мм  $T_{\text{оп1}} = 9,0$  мин; при  $L = 40 \dots 65$  мм  $T_{\text{оп1}} = 13,5$  мин; при  $L = 65 \dots 100$  мм  $T_{\text{оп1}} = 18,0$  мин; при  $L = 100 \dots 160$  мм  $T_{\text{оп1}} = 27,0$  мин.

Время на обезжиривание  $T_{\text{оп2}}$  принимается в зависимости от площади поверхности, например, если  $F < 10 \text{ см}^2$ , то  $T_{\text{оп2}} = 0,2$  мин; а при  $F = 80 \dots 100 \text{ см}^2$  –  $T_{\text{оп2}} = 2,0$  мин.

Время на предварительное приготовление композиции зависит от массы

$G_1$ . При массе  $G_1$  до 1 кг  $T_{ОПЗ} = 8,1$  мин; от 1 до 3 кг – 13 мин

Время на окончательное приготовление дозы композиции массой  $G_2$  на рабочем месте, то есть взвешивание, введение отвердителя, перемешивание, также определяется от величины массы дозы композиции: при  $G_2 < 50$  г  $T_{ОП4} = 5,1$  мин; при  $G_2 = 50 \dots 100$  –  $T_{ОП4} = 5,5$  мин; при  $G_2 = 100 \dots 150$  –  $T_{ОП4} = 6,5$  мин; при  $G_2 = 150 \dots 200$  –  $T_{ОП4} = 8,0$  мин.

Время нанесения композиции на трещину  $T_{ОП5}$  находится исходя из длины трещины. При  $L < 25$  мм  $T_{ОП5} = 0,2$  мин; при  $L = 25 \dots 90$  мм  $T_{ОП5} = 0,45$  мин; при  $L = 90 \dots 150$  мм  $T_{ОП5} = 0,55$  мин; при  $L = 150 \dots 250$  мм  $T_{ОП5} = 0,80$  мин.

Время наложения накладок принимается в зависимости от их площади. Например, если площадь накладки составляет  $125 \text{ см}^2$ , то  $T_{ОП6} = 1,2$  мин, а при площади накладки  $410 \text{ см}^2$  –  $5,4$  мин.

## 6.6 Нормирование слесарных работ

К слесарным работам при ремонте и восстановлении относят, в основном, ручные работы, связанные, например, с нарезанием резьбы, гибкой деталей и т.д. Поэтому для них достаточно сложно отделить основное время от вспомогательного. В связи с этим нормирование слесарных работ производится по оперативному времени. Отдельно нормируются вспомогательные приемы, которые легко отделить от основной работы и выполнение которых требует значительных затрат времени, например установка в тиски, приспособления.

Нормирование слесарных работ выполняется по двум видам оперативного времени.

При шабрении, притирке, правке, гибке в оперативное время входит все вспомогательное время, связанное как с инструментом и обрабатываемой поверхностью, так и с деталью. Поэтому при нормировании этого вида работ учитывают и подготовительно-заключительную работу.

$$T_{ШТ} = T_{ОП} \cdot K [1 + 0,01 (T_{ОМ} + T_{ОТЛ})] + T_{ПЗ}, \quad (66)$$

где  $K$  – поправочный коэффициент, учитывающий переменные факторы,

влияющие на норму времени.

Коэффициент  $K$  учитывает переменные факторы, влияющие на норму времени. Например, при шабрении необходимо учитывать величину обрабатываемой поверхности, твердость материала, припуск на обработку и ее точность, характер контроля, а при притирке – характер поверхности, шероховатость, величину припуска, материал детали и притира.

При нарезании резьбы, развертывании, сверлении и т.д., к оперативному времени добавляют вспомогательное, связанное со всей деталью или сборочной единицей.

$$T_{шт} = (T'_{оп} \cdot K + T'_в) [1 + 0,01 (T_{ом} + T_{отл})] + T_{пз}, \quad (67)$$

где  $T'_{оп}$  – оперативное время на деталь, мин;

$T'_в$  – вспомогательное время, связанное с деталью, мин.

Для нормирования всех операций, связанных со слесарной обработкой используют таблицы нормативов.

### 6.7 Нормирование работ при обработке металлов способами пластического деформирования

Технические нормы на кузнечно-прессовые работы устанавливаются исходя из рационального технологического процесса, правильной организации труда, состава бригады и типа производства.

Норма штучного времени определяется

$$T_{шт} = T_{оп} \cdot [1 + 0,01 (T_{ом} + T_{отл} + T_{пт})], \quad (68)$$

где  $T_{оп}$  – оперативное время,  $T_{оп} = T_{осн} + T_{всп}$ , мин;

$T_{пт}$  – время неустранимых перерывов, если они предусмотрены технологией и организацией данной работы, мин.

В норму штучного времени не включается время на нагрев детали.

## 7 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ НА РЕМОНТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Документы на ремонт изделий или составных частей разрабатываются в соответствии с требованиями стандартов ЕСТПП и ЕСКД и ремонтной документации (ГОСТ 2.602-68).

Технологическая документация на ремонт сельскохозяйственной техники и восстановление деталей разработана в соответствии с РТМ 10.0024 «Порядок разработки и оформления технологической документации на ремонт сельскохозяйственной техники и восстановление изношенных деталей».

*Цель* установления единого порядка разработки и оформления технологической документации – улучшение качества, сокращение объема, трудоемкости и сроков разработки и оформления документации; повышение наглядности, информативности и удобства использования документации; максимальное сокращение текстового описания содержания операций технологических процессов разборки, сборки и дефектации; обеспечение условий для использования ЭВМ при разработке, оформлении, кодировании, хранении и размножении документации.

Технологическую документацию разрабатывают отдельно на виды ремонта, изделия сельскохозяйственной техники единичного, мелкосерийного, серийного и массового производств.

Для крупносерийного и массового ремонтных производств в технологической документации должны быть предусмотрены такие формы организации производства, с помощью которых на основе взаимозаменяемости деталей и экономической целесообразности можно восстанавливать детали до номинальных размеров.

Для единичного и мелкосерийного – стационарно-постовые формы организации производства на основе необезличивания деталей и составных частей с применением ремонтных размеров и способов пригонки по месту.

## 7.1 Общие правила и требования к разработке технологической документации

Технологическую документацию на ремонт сельскохозяйственной техники и восстановление деталей по стадиям проектирования разрабатывают с литерами РО, РО1, РА и РБ.

Литер РО присваивают технологической документации опытного ремонта и восстановления одного или двух изделий и их испытаний. По их результатам корректируют ремонтные чертежи и технологическую документацию с присвоением им литеры РО1.

Литер РО1 присваивают технологической документации для ремонта или восстановления партии (8...10 единиц) и их испытаний. По их результатам корректируют ремонтные чертежи и технологическую документацию с присвоением им литеры РА.

Литер РА присваивают технологической документации, по которой выполняют серийный ремонт или восстановление деталей. Корректируют и оформляют ремонтные чертежи и технологическую документацию литеры РБ.

Литер РБ присваивают технологической документации для установившегося серийного производства ремонта техники и восстановления деталей. По этой документации окончательно фиксируют отработанный и проведенный в производстве технологический процесс, составляют ведомость оборудования и оснастки на ремонт изделия или восстановление деталей.

Разработку документации завершают оценкой технико-экономических показателей принятых технологических решений.

## 7.2 Виды, комплектность и оформление технологической документации

К технологическим документам относятся графические и текстовые документы, которые отдельно или в совокупности определяют процесс ремонта или восстановления деталей. Документы на ремонт изделий или составных частей разрабатываются на основании конструкторской и ремонтной документа-

ции, разработанной по ГОСТ 2.602-68. Общие требования к технологическим документам изложены в ГОСТ 3.1104-81, ГОСТ 3.1118-82, Р-50-60-88, а к основным надписям на чертежах – в ГОСТ 3.1105-85 и представлены в виде информационных блоков.

Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов устанавливаются: для единичных технологических процессов (операций) по ГОСТ 3.1119-83, для типовых (групповых) технологических процессов (операций) – по ГОСТ 3.1121-84.

Отражение и оформление общих требований безопасности труда в технологических документах – по ГОСТ 3.1120-83.

Основной исходный документ на разработку технологической документации на ремонт сельскохозяйственной техники и восстановление изношенных деталей – *техническое задание*, которое разрабатывают на основе результатов маркетинговых исследований и анализа передовых достижений в отечественной и зарубежной практике, выполненных научно-исследовательских и экспериментальных работ в области разработки новых технологий и организаций производства.

В соответствии с РТМ 1.0024 для ремонтного производства комплект технологической документации составляют отдельно на ремонт или восстановление деталей.

Комплект технологической документации на ремонт должен содержать: титульный лист; ведомость технологических документов; пояснительную записку; технологические карты очистки, разборки изделия и его сборочных единиц, дефектации составных частей, сборки, регулировки, обкатки и испытания сборочных единиц и изделия; окраски сборочных единиц и изделия, консервации сборочных единиц и изделия; ведомость оборудования и оснастки.

В комплект технологической документации на восстановление деталей должны входить титульный лист, ремонтный чертеж, технологическая карта восстановления, карта эскизов, ведомость оборудования и оснастки. Вся технологическую документацию оформляют по соответствующим стандартам.

Виды и назначение технологических документов независимо от типа производства, стадии разработки документации, степени детализации описания процессов приведены в таблице 62.

Маршрутное описание применяют в условиях единичного, мелкосерийного производства на формах МК (приложение Б) с указанием краткой формы записи содержания всех операций без указания переходов и технологических режимов. Маршрутно-операционное описание применяют для единичного, мелкосерийного производства на формах МК с указанием переходов и технологических режимов по основным операциям. Выбор операций для операционного описания устанавливает разработчик документации. При маршрутном и маршрутно-операционном описании МК является основным документом.

Таблица 62 – Виды и назначение документов

Степень детализации описания технологического процесса	Наименование документа	Назначение документа	Вид документа (форма описания)
1	3	4	2
Маршрутное, маршрутно-операционное, операционное	Карта технологического процесса ремонта (КТПР)	КТПР предназначена для описания операций технологического процесса ремонта изделий (сборочных единиц, деталей) в технологической последовательности с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах	Маршрутная карта (МК) по ГОСТ 3.1118-82 Формы 1, 1б, 2 (Приложение Б)
	Карта технологического процесса дефектации (КТПД)	КТПД предназначена для описания операций технологического процесса дефектации изделия (сборочной единицы, детали) в технологической последовательности с указанием данных по контролируемым параметрам и измеритель-	

Продолжение таблицы 62

1	2	3	4
	Карта типового (группового) технологического процесса очистки (КТТПО, КГТПО)	КТТПО, КГТПО предназначена для описания технологического процесса очистки в технологической последовательности по всем операциям с указанием общих данных по технологическим режимам, средствам технологического оснащения, материальным и трудовым затратам	
	Операционная карта наплавки (ОКН)	ОКН предназначена для описания операций наплавки по переходам с указанием технологических режимов	
	Ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу очистки (ВТПО)	ВТПО предназначена для указания переменной информации к типовому (групповому) технологическому процессу или к типовой (групповой) операции по каждой детали с привязкой к операциям	ГОСТ 3.1121-84
	Ведомость оснастки (ВО)	ВО предназначена для указания применяемой технологической оснастки при выполнении технологического процесса ремонта, дефектации, очистки	
	Ведомость оборудования (ВОБ)	ВОБ предназначена для указания применяемого оборудования, необходимого для выполнения технологического процесса ремонта	
	Карта эскизов (КЭ)	КЭ предназначена для графических иллюстраций	ГОСТ 3.1105-84

Операционное описание применяют для среднесерийного и крупносерийного производства на формах МК/ОК с указанием краткой или полной записи содержания всех операций в технологической последовательности их выполнения, с указанием переходов, технологических режимов, материальных и трудовых затрат. В этом случае МК является основным документом.

Операции могут оформляться на формах операционных карт (ОК) с указанием переходов и соответствующих технологических режимов. В данном случае МК является сводным документом, в котором указывается сокращенное описание технологических операций и ссылка на обозначение ОК.

### 7.3 Оформление технологической документации

При курсовом и дипломном проектировании в комплект технологической документации на восстановление детали следует включать:

- титульный лист (ТЛ) (рисунок 5);
- ремонтный чертеж детали (РЧ);
- маршрутная карта технологического процесса восстановления (МК);
- операционные карты восстановления детали (ОК);
- карты эскизов (КЭ) к операционным картам;
- карта технологического процесса дефектации (МК/КТПД).

Допускается вместо маршрутной и операционной карт оформлять карту технологического процесса ремонта (КТПР).

При составлении комплекта документации на ремонт изделия (сборочной единицы, агрегата, машины), помимо выше перечисленных документов, желательно разрабатывать:

- технологические карты очистки (МК/КТПО),
- разборки и сборки изделия и его составных единиц;
- регулировки, обкатки и испытания сборочных единиц и изделия;
- окраски сборочных единиц и изделия;
- консервации сборочных единиц и изделия;
- ведомость оборудования и оснастки (ВО).



## Рисунок 5 – Пример оформления титульного листа

### 7.3.1 Ремонтный чертеж

Ремонтные чертежи (РЧ) выполняются в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД с учетом правил, предусмотренных ГОСТ 2.604-68 «Чертежи ремонтные», а также отраслевыми стандартами.

Исходными данными для разработки ремонтного чертежа являются: рабочий чертеж детали; технические требования на: новую деталь; дефектацию детали, на восстановленную деталь.

На ремонтных чертежах указываются размеры, предельные отклонения, шероховатость, допустимые погрешности формы и расположения осей и поверхностей и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия. На ремонтном чертеже изображаются только те виды, разрезы и сечения, которые необходимы для проведения восстановления детали или сборочной единицы (рисунок 6)

Основными требованиями при выполнении РЧ является:

- места, подлежащие восстановлению, выделяются сплошной основной линией, толщиной  $(2...3)S$ , все остальное – сплошной линией толщиной  $S$ ;
- дефекты обозначаются арабскими цифрами, помещенными в кружок на конце линии-выноски;

Для определения способа восстановления каждого дефекта, присущего рассматриваемой детали, на ремонтном чертеже помещают технологические требования (таблицу дефектов) и указания, которые являются единственными для восстановления эксплуатационных характеристик изделия.

Технологические требования оформляют в виде таблицы (ГОСТ 2.316), которая должна содержать следующие пункты: номер дефекта; наименование дефекта; коэффициент повторяемости дефекта; основной способ восстановления; допускаемые способы восстановления (рисунок 6).

В технических требованиях указывают: разброс твердости; допустимость наличия пор, раковин и отслоений; прочность сцепления нанесенного

слоя и других параметров, обусловленных применением того или иного способа восстановления.

№000 000 660 №ШШ

0,005

$\sqrt{Ra\ 6,3}$

Испытания ремонтных размеров			
Размер от диаметра червяка, мм	1	2	3
Д	$\phi 19,5_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,5_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,5_{-0,017}^{+0,017}$
Д <sub>1</sub>	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$
	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$
	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$
	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$
	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$	$\phi 19,2_{-0,017}^{+0,017}$

1. Проверка шеек НС 52.65

2. Измерение предельные отклонения размеров  $\pm 0,017$

3. \* Размеры для справок

4. Частота вращения колеса вала при номинальной мощности  $n = 2600$  об/мин

при номинальной мощности  $n = 8000$  об/мин

5. Измерение механические свойства по ГОСТ 7009-001-06

Комплектный вал подвергается выбраковке при наличии трещин: на гонтелях коренных и шпунтных шеек, на цилиндрической части шеек на расстоянии менее 6 мм от торцов шеек, на краях отверстий масляных при длине трещины свыше 15 мм, и расположенный ее под углом более 30° к оси шейки; находящиеся на расстоянии друг от друга менее 10 мм, и расположенные под углом более 30° к оси вала.

№	Наименование дефекта	Кэфф. пад.эф.	Основной способ устранения дефекта	Допускаемые способы устранения дефекта
	Трещины	0,1	Шлифование под ремонтный размер Разделка тещин с помощью абразивного инструмента, заварка	Браковать
1	Риски и царапины на шейке вала под шестерню	1	Шлифование под ремонтный размер	---
2	Срыв резьбы для крепления маховика	0,02...0,08	Растачивание или закерование с последующим нарезанием резьбы увеличенного размера	Поставка резьбовых спиральных вставок
3	Износ шпунтного под маховик	0,08	Замена шпунта	---
4	Износ шпунтных шеек	1	Шлифование под ремонтный размер	Нанесение покрытия: напылка, электрокатодный графитовый лежень газотермическим напылением порошковых материалов, металлизация. Поставка полукошек, пластинчатые
5	Износ коренных шеек	1	Шлифование под ремонтный размер	Нанесение покрытия: напылка, электрокатодный графитовый лежень газотермическим напылением порошковых материалов, металлизация. Поставка полукошек, пластинчатые
6	Износ пазов под сегментную шпунку	0,05...0,19	Фрезерование под увеличенный размер шпунки набор шпунточной канавки	Наплавка с последующим фрезерованием шпунточной канавки
7	Битение торца фланца	1	Подрезание торца фланца точением или шлифованием	---

ДПРМ 099 000 000РЧ			
Исполн.	Провер.	Утвер.	Масштаб
Ремонтный чертеж	Исполн.	Утвер.	Лист 11
№000 000 660 №ШШ	Исполн.	Утвер.	Лист 11
Лист 11			Б/С/А
Лист 11			Ф-П Заруч. д.Ф.
Лист 11			Серия А1

## Рисунок 6 – Ремонтный чертеж

Обозначение ремонтного чертежа получают добавлением к обозначению детали буквы «Р» (ремонтный).

Если при ремонте детали удаляют изношенную часть и заменяют ее новой, то удаляемую часть изображают тонкой штрих-пунктирной линией с двумя точками (рисунок 7, а). Новую часть детали выполняют на отдельном ремонтном чертеже (рисунок 7, б).

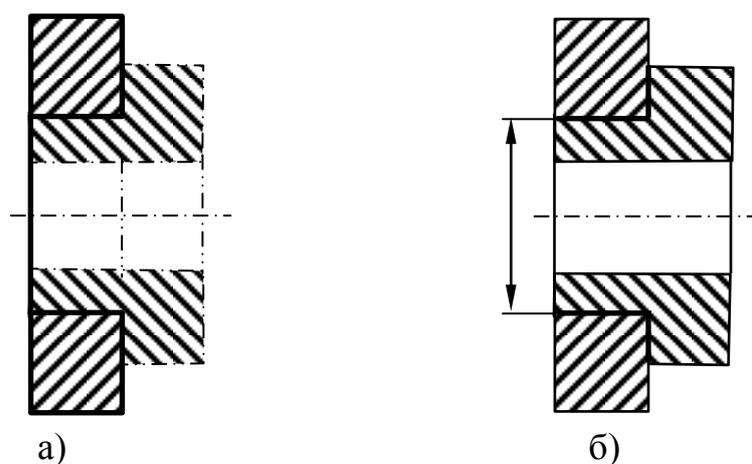


Рисунок 7

Если у отдельных элементов ремонтируемой детали меняется конфигурация, то измененную часть детали показывают на чертеже сплошной основной линией, а неизмененную часть – сплошной тонкой линией (рисунок 8).

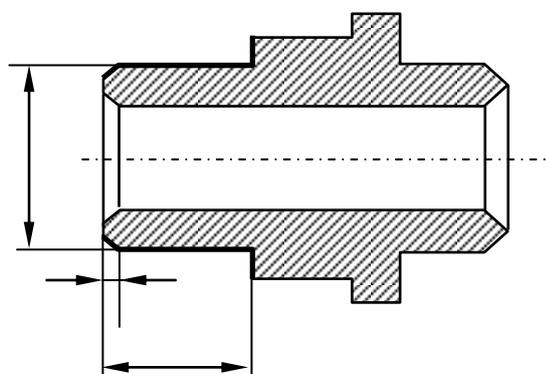


Рисунок 8

На чертеже детали, ремонтируемой сваркой, наплавкой, нанесением ме-

таллопокрытий и т.п., рекомендуется выполнять изображение подготовки соответствующего участка детали к ремонту (рисунок 9).

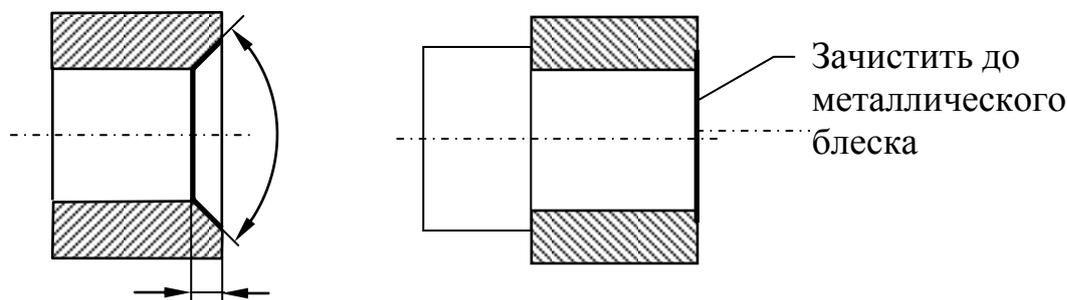


Рисунок 9

При применении сварки, пайки и т.п. на ремонтном чертеже указывают наименование, марку, размеры материала, используемого при ремонте, а также номер стандарта на этот материал (рисунок 1-).

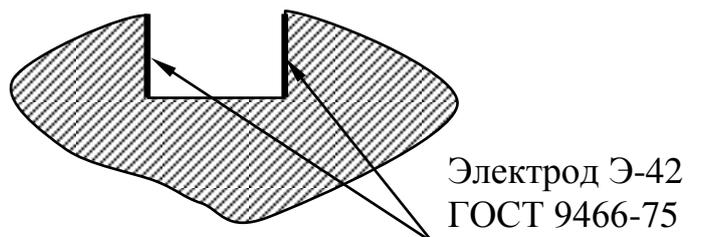


Рисунок 10

При разработке ремонтного чертежа на сборочную единицу в спецификацию должны быть записаны детали, которые восстанавливают дополнительные детали, а также детали, подлежащие замене.

Если при ремонте детали в нее вводят дополнительные детали (втулку, стопорный винт и т.п.) или монолитную деталь при ремонте заменяют деталью, состоящей из нескольких составных частей, то ремонтный чертеж выполняют как сборочный.

Категорийные и пригоночные размеры поверхностей представляются буквенными обозначениями латинским или русским алфавитом, а их численные значения приводятся в таблице или на линии-выноске. Таблица помещается в правой верхней части чертежа (рисунок 11). (Категорийными размерами называются ремонтные окончательные размеры детали, установленные техническими требованиями для определенной категории ремонта (в технической литературе



ет через дробь проставлять условное обозначение соответствующего вида документа, функцию которого выполняет МК. Например МК/КТПД, МК/КТПО.

Под *технологической (маршрутной) картой* понимают технологический документ, содержащий операционное описание технологического процесса ремонта или восстановления изделия в технологической последовательности по всем операциям одного вида процесса обработки или ремонта с указанием данных о средствах технической оснащённости, материальных или трудовых затрат и в котором отдельные операции могут быть описаны без указания переходов и технологических режимов.

В маршрутной карте указывают последовательность выполнения операций технологического процесса восстановления, начиная с очистки детали, дефектации и т.д., включая механическую обработку, контроль, а также основное оборудование, используемое при выполнении этих операций. Операции нумеруют цифрами, кратными пяти (005, 010, 015 и т.д.). Наименование каждой операции технологического процесса дается в краткой форме: «Наплавочная», «Токарная».

Для изложения технологических процессов в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк, каждой из которых по ГОСТ 3.118-82 соответствует свой служебный символ (таблица 63).

Служебные символы условно выражают состав информации, размещенной в графах данного типа строки маршрутной (МК) или операционной (ОК) картах. В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского алфавита, проставляемые перед номером соответствующей строки, например М01, А12. Последовательность записи информации по типам строк «А», «Б», «О», «Т». Простановка служебных символов обязательна.

Запись следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью переноса информации на последующие строки. Расшифровка служебных символов граф и строк представлена в таблице 63, формы маршрутной карты в приложении АБ, пример заполнения маршрутной

карты на восстановление на рисунке 12, маршрутный карты на технологический процесс ремонта (МК/КТПР) на рисунке 13.

Таблица 63 – Служебные символы граф и строк

Строка	Графа	Расшифровка
1	2	3
M01		Наименование, сортамент, размер и марка материала, обозначение стандарта. Запись выполняется на уровне одной строки
M02		Код материала по Классификатору (КОД)
	Ев	Код единицы величины детали, заготовки, материала по Классификатору СОЕВС (массы, длины и т.п.). Допускается указывать единицы измерения величины. Количество знаков 4
	МД	Масса детали по конструкторскому документу; 7 знаков
	ЕН	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала, например; 1,10,100; 6 знаков
	Нрасх.	Норма расхода материала; 7 знаков
	КИМ	Коэффициент использования материала; 5 знаков
	Код загот.	Код заготовки по классификатору. Допускается указывать вид заготовки (отливка, прокат, поковка и т.п.); 13 знаков
	Профиль и размеры	Профиль и размеры исходной заготовки, например, лист 1,0x710x1420, 115x270x390 (для отливки); 21 знак
	КД	Количество деталей, изготавливаемых из одной заготовки; 6 знаков
	МЗ	Масса заготовки; 7 знаков
А	Цех	Номер (код) цеха, в котором выполняется операция; 4 знака
	Уч.	Номер (код) участка; 4 знака
	РМ	Номер (код) рабочего места; 4 знака
	Опер	Номер операции (процесса) в технологической последовательности изготовления или ремонта, включая контроль и транспортировку; 5 знаков
	Код, – наименование операции	Код операции по технологическому классификатору операций, наименование операции; 29 знаков. Допускается код операции не указывать
	Обозначение– документа	Обозначение документов, инструкций по охране труда, применяемых при выполнении данной операции. Состав документов следует указывать через разделитель-

		ный знак «;» с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки; 59 знаков
--	--	--

Продолжение таблицы 63

1	2	3
Б	Код, – наименова- ние оборудо- вания	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования, его инвентарный номер. Информацию следует указывать через разделительный знак «;». Допускается взамен краткого наименования оборудования указывать его модель. Допускается не указывать инвентарный номер; 46 знаков
	СМ	Степень механизации (код степени механизации); 4 знака
	Проф.	Код профессии по классификатору ОКПДТР; 7 знаков
	Р	Разряд работы, необходимый для выполнения операции; 4 знака
	УТ	Код условий труда по классификатору ОКПДТР и код вида нормы; 5 знаков
	КР	Количество исполнителей, занятых при выполнении операции; 4 знака
	КОИД	Количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых) деталей при выполнении операции; 5 знаков
	ЕН	См. для графы М02; 5 знаков
	ОП	Объем производственной партии в штуках; 5 знаков
	Кшт	Тпз – норма подготовительно-заключительного времени на операцию; 7 знаков
	Тшт	Норма штучного времени на операцию; 8 знаков
Т		Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастке. При заполнении строки, имеющих служебный символ Т, следует руководствоваться требованиями классификатора на кодирование и наименование технологической оснастки. Информацию по применяемой на операции технологической оснастке записывают в следующей последовательности: приспособления – ПР; вспомогательный инструмент – ВИ; режущий инструмент – РИ; средство измерений – СИ. Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак «;»
М		Информация о применяемых при выполнении операции технологического (газ, электрод) и вспомогательного материалов





Рисунок 13 – Карта технологического процесса ремонта (форма 2)

7.3.3 Маршрутная карта технологического процесса дефектации

Технологический процесс дефектации детали в соответствии с ГОСТ 3.1118-82 представляется в виде маршрутной карты технологического процесса дефектации МК/КТПД (рисунок 14).

Дубль		Взам		Пооп		HRC40...45		Вал		010								
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименов. операции	СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИЛ	ЕН	ОП	Клшт	Тшт	Тшт	Нр	
К/М	Наименование дет., сб.ед. или материала		Обозначение документа		Обозначение, код		Обозначение, код		Обозначение, код		Обозначение, код		Обозначение, код		Обозначение, код		Обозначение, код	
A01	Код, наименование дефекта		R4		ДР		СТО											
A02	010 Дефектовочная																	
B03	Стол для дефектации ОРГ-14-68-01А ГОСНИТИ																	
04	Износ поверхности под подшипник (деф.1)		39,98		микрометр МК-50-2 ГОСТ6507-78													
05	Износ поверхности под манжету (деф.2)		39,70		микрометр МК-50-2 ГОСТ6507-78													
06	Износ поверхности под шкив (деф.3)		37,90		микрометр МК-50-2 ГОСТ6507-78													
07	Износ шпоночного пазы по ширине (деф.4)		12,01		штангенциркуль ШЦ-I-250-0,05-2													
08	Износ или повреждение резьбы (деф.5)		МВ-7Н не допускается		осмотр, калибр МВ-7Н													
09	Трещины (деф.6)		не допускается		осмотр													
МК/КТПД КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЕФЕКТАЦИИ																		

Рисунок 14 – Пример оформления карты технологического процесса дефектации детали

В графе «Код, наименование дефекта» после наименования конкретного дефекта, в скобках указывают номер дефекта, занесенный в карту эскизов.

В графе «РЧ» записывают номинальное значение контролируемого параметра по конструкторскому или нормативно-техническому документу. В графе «ДР» – допустимое значение контролируемого параметра. В графе «СТО» указывают наименование применяемых средств контроля.

Последовательность контролируемых дефектов записывается в соответствии с техническими требованиями на капитальный ремонт (ТК), разрабатываемыми ГОСНИТИ.

При оформлении технологического процесса ремонта в КТПД в соответствии с рекомендациями Р 50-60-88 графах «Наименование детали, сборочной единицы или материала» указывают наименование сборочной единицы, подлежащей дефектации (рисунок 15).

Информацию по дефектации следует записывать в формах документов МК в отдельной строке со служебным символом РД в следующей последовательности: «РД»; «Код, наименование дефекта»; «ПЗП»; «ПЗПР»; «ДЗП»; «СТО». Графы блоков режимов следует заполнять в соответствии с блоком информации по дефектации (таблица 64).

Таблица 64 – Блок информации по дефектации

Графа	Условное обозначение графы	Содержание графы
1	РД	Код, наименование дефекта. Допускается не указывать код дефекта
2	ПЗП	Предельные значения контролируемого параметра по конструкторскому и нормативно-техническому документу
3	ПЗПР	Предельные значения контролируемого параметра по ремонтному конструкторскому и нормативно-техническому документу
4	ДЗП	Действительные значения контролируемого параметра

5	СТО	Обозначения (код), наименование применяемых средств технологического оснащения
---	-----	--

Дуфл		Взам		Лодп		Разраб		Лодп		ДПРМ.234.000.000		БГСХА		ДПРМ.234.000.000		РА		
Нконтр		Дизель																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименов. операции	СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпа	Тшт	Нб	
Б	Обозначение документа																	
К/М	Обозначение код																	
РД01	ПЭП ПЭПР ДЭП																	
A02	5				005 Дефектовочная													
Б03					Стал для дефектации	2				1	1	1		1	0,8	2,75		
К04					Клапан впускной						ДПРМ.234.000.001							
РД05					Износ стержня (деф.1)						10,905							калибр
06																		
A07	5				010 Дефектовочная													
Б08					Стал для дефектации	2				1	1	1		1	0,6	8,45		
К09					Гильза цилиндров						ДПРМ.234.002							
РД10	1				Износ внутренней поверхности (деф.1)						130,05							диаметр НИ190160 ГОСТ9244-75
11						130												
РД12	2				Износ верхнего посадочного пояса (деф.2)						152,80							микрометр МК 175-2 ГОСТ 6507-78
13						153												
14																		
15																		
16																		
17																		
МК/К/ПД Дефектация																		

Рисунок 15 – Оформление карты технологического процесса дефектации



Рисунок 16 – Карта технологического процесса очистки

### 7.3.5 Операционные карты

(ОК) предназначены для описания технологических операций с указанием переходов, режимов обработки, данных о средствах технологического оснащения, норм штучного времени выполнения операции и переходов. Разрабатывая ОК необходимо обосновать и назначить оборудование и оснастку, рассчитать и обосновать режимы выполнения переходов и нормы времени.

В операционных картах применяют построчный (модульный) принцип внесения информации. Каждой начальной строке модуля соответствует свой служебный символ, который характеризует состав информации (таблица 63).

В ОК указывают номер и наименование операции в соответствии с маршрутной картой, наименование и модель (код) оборудования и приспособлений, материал, массу и твердость детали.

В первой строке (служебный символ «М») указывается информация о материале детали (рисунок 17). В следующей строке со служебным символом «А» записывают номер и наименование операции из маршрутной карты. Далее на строке со служебным символом «Б» – применяемое оборудование.

После строки с указанием перехода «О», записывают данные о технологической оснастке «Т», а затем по технологическим режимам «Р».

Номера переходов в операционных картах обозначают арабскими цифрами в технологической последовательности. Запись переходов необходимо выполнять кратко с указанием метода обработки и поверхности, выраженной глаголом в повелительном наклонении и приводить наименование обрабатываемых поверхностей: «Наплавить поверхность до  $\varnothing 40$ ». При обработке нескольких поверхностей следует указывать: «Сверлить 3 отверстия».

Если при выполнении всех технологических переходов операции нанесения покрытий применяют одинаковые материалы, то их записывают один раз, начиная со строки со служебным символом «М», после информации о технологическом оборудовании. Если материалы применяются на одном из нескольких

технологических переходов, то информацию о них записывают в строках «М», следующих после строки с символом «Р» данного перехода.

Дубл	Взам	Подп											HRC40...45									
Разраб			Вал										055									
Пров																						
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код	наименов.	операции	Обозначение документа														
								СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Трз	Тшт				
Б	Код, наименование, обозначения										Обозначение, код											
	Наименование дет., сб.ед. или материала																					
M01	Сталь 45 ГОСТ 1050-88																					
A02	055 Наплавочная (дет.1,2)																					
B03	Установка для электроконтактной приварки ленты 011-1-02Н, преобразователь сварочный ПСГ-500																					
M05	Лента 50ХФА-Т-С-Н1-0,4x40x78,6 ГОСТ 2283-79																					
006	1 Установить деталь, закрепить																					
T07	Центр, хомутик																					
008	2 Наплавить поверхность ②																					
T09	Шаблон 40 цеховой																					
P10	св = 6,0 кА; типп = 0,06 с; tпауз = 0,12 с; n = 7,0 мин <sup>-1</sup> ; S = 4 мм/об																					
011	3 Перустановить деталь																					
T12	Центр, хомутик																					
013	4 Наплавить поверхность ①																					
T14	См. переход 2																					
P15	См. переход 2																					
016	5 Снять деталь																					
OK													ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКЕ ЛЕНТЫ									



### Рисунок 18 – Операционная карта заковки ТВЧ

В соответствии с Р- 50-60-88 операционные карты наплавки (ОКН) за-  
полняются на форме 2 МК.

При применении форм МК/ОКН следует указывать параметры техноло-  
гических режимов наплавки с строке со служебным символом Р в последова-  
тельности, приведенной в блоках режимов (рисунок 19, таблица 66).

Дробь	Возм	Полн																				
			БГСХА										ДПРМ.2340000.000									
			Ось качения										РА									
Начинкр			Обозначение документа										Обозначение каб									
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименов. операции	СМ	Параф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Клп	Тпа	Тшт	Тшт	Тшт	Тшт			
Б	Код наименов. обработки										Обозначение каб											
К/М	Наименование дет. со вкл. материала																					
Р01	Пл	1	U	Напл.	SM	4П	13															
A02	10			025	Наплавочная																	
B03	Станок	У65ТУ4				М			1	1									0,4			
M04	Проволока СВ18ХГС																					
05	Углекислый газ																					
006	1 Установить деталь закрепить																					
T07	Трехкулачковый патрон																					
008	2 Наплавить поверхность А																					
P09	0	120 А	20 В	166 м/ч	35	1	12	154	15-20													
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
МК/ОКН			Наплавка в углекислом газе																			

## Рисунок 19 – Операционная карта наплавки

Таблица 66 – Блок информации по технологическим режимам наплавки

Графа	Условное обозначение графы	Содержание графы
1	Пл	Обозначение полярности (П – прямая, О – обратная)
2	I	Сила сварочного тока
3	U	Напряжение дуги
4	V <sub>напл.</sub>	Скорость наплавки
5	S <sub>м</sub>	Подача присадочного материала
6	ЧП	Число проходов
7	dэ	Диаметр электрода
8	hэ	Вылет электрода
9	lэ	Смещение электрода

Операционные карты механической обработки могут быть выполнены на формах 1б и 2 ГОСТ по 3.1118-82 или на формах 3 и 2б по ГОСТ 3.1404-86.

### 7.3.6 Карта эскизов

Карта эскизов (КЭ ГОСТ 3.1105–84), графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы, предназначенные для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода восстанавливаемой детали, включая контроль и перемещение.

В КЭ отражается следующая информация: эскиз детали, схема базирования при выполнении данной операции (приложение В), размеры поверхности или другие характеристики, получаемые при выполнении данной операции.

Карту эскизов (рисунок 20) выполняют, как правило, на формате А4, соблюдая следующие требования.

1. КЭ разрабатывают на технологический процесс в целом или на одну или несколько операций с соблюдением или без соблюдения масштаба, но с примерным сохранением пропорций размеров и с указанием обрабатываемых поверхностей, элементов и т. д.



Рисунок 20 – Карта эскизов к операционной карте

5. Изображения детали на эскизе должны содержать размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости, баз, опор, зажимов и установочных устройств, необходимых для выполнения операций, для которых выполнен эскиз. Размеры и предельные отклонения на эскизах наносят по ГОСТ 2.307–68 и ГОСТ 2.308–79. Обозначения шероховатости обрабатываемых поверхностей деталей наносят на эскизах по ГОСТ 2.309–73. Обозначения опор, зажимов и установочных устройств на эскизах выполняют по ГОСТ 3.1105–84.

9. На эскизах к операциям все размеры или конструктивные элементы обрабатываемых поверхностей детали условно нумеруют арабскими цифрами. Номер размера или конструктивного элемента обрабатываемой поверхности проставляют в окружности диаметром 6...8 мм и соединяют с размерной или выносной линией. При этом размеры, предельные отклонения обрабатываемой поверхности в тексте содержания операции не указывают.

Допускается в тексте содержания операции номер размера или конструктивного элемента не обводить окружностью, например, «Расточить отверстие 1», «Точить канавку 2». Нумерацию производят в направлении часовой стрелки.

## 8 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАЗБОРКИ (СБОРКИ) ИЗДЕЛИЯ

Технология разборки (сборки), как документ, включает описание состава и последовательности операций и переходов разборки (сборки) изделия с технико-экономическими расчетами затрат труда, материалов, электроэнергии, количества необходимого оборудования и оснастки, числа производственных рабочих, производственной площади, трудоемкости и себестоимости разборки изделия. Разработка технологического процесса разборки (сборки) осуществляется с учетом использования достижений технологии в машиностроении, производственных ресурсов, необходимости сокращения материальных, трудовых и энергетических затрат, механизации и автоматизации работ, использования передового опыта ремонтных предприятий, прогрессивных форм организации

разборочно-сборочных процессов и создания наилучших условий труда.

Разработка технологического процесса разборки (сборки) производится поэтапно на основе стандартов ЕСТПП, ЕСТД в такой последовательности:

- технологический анализ сборочных чертежей, уточнение разбивки изделия на сборочные единицы, оценка уровня технологичности и ремонтпригодности изделия и его составных единиц и разработка рекомендаций по их улучшению;

- анализ плановых заданий и выбор организационных форм разборочного(сборочного) процесса;

- разработка (уточнение) ТУ и технологических инструкций на разборку (сборку) соединений, узловую и общую разборку (сборку) изделий, контроль, регулировку и испытание сборочных единиц и изделия;

- пробная разборка (сборка) образца изделия, составление схем разборки (сборки) изделия и его составных частей, составление комплектовочной карты;

- определение и оптимизация состава, содержания и последовательности операций и переходов;

- нормирование технологического процесса;

- выбор и определение количества стандартного оборудования и оснастки, приспособлений, инструмента;

- оформление технологической документации.

Наиболее сложным, трудоемким и ответственным этапом разработки технологического процесса разборки (сборки) является определение и оптимизация состава, содержания и последовательности операций и переходов. При этом учитывают тип производства (единичное, серийное, массовое), доступность и удобство выполнения работ, рациональную последовательность установки составных частей изделия, применение единых средств технологического оснащения для выполнения ряда операций.

Графическое изображение в виде условных обозначений последовательности разборки изделия или его составной части называется

структурной схемой разборки изделия.

Для составления схемы после технологического анализа конструкции изделия его делят на сборочные единицы первого порядка (порядок определяется последовательность разборки). Схемы строят отдельно для общей разборки изделия и разборки каждой сборочной единицы. Схему разборки начинают с изделия (сборочной единицы) и заканчивают базовой деталю (сборочной единицей). Между ними проводят осевую линию, сверху которой показывают отсоединяемые детали, снизу – сборочные единицы. Последовательность снятия составных частей изделия определяют при решении задачи формирования технологических операций разборки узлов первого, второго и последующих порядков.

На рисунке 20 дана схема общей разборки изделия

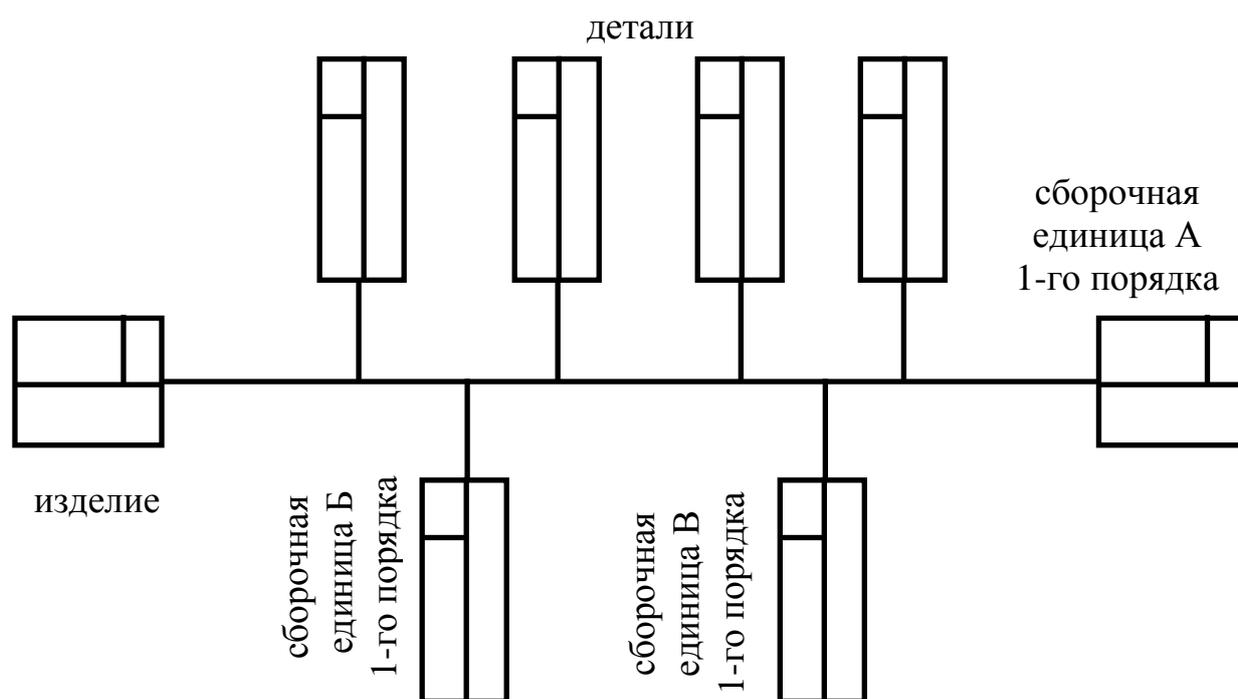


Рисунок 20 – Схема общей разборки

Каждый элемент изделия (сборочной единицы) условно обозначен на схеме прямоугольником, разделенным на три части (рисунок 21). В верхней части указывают обозначение (индекс) элемента, в левой нижней части – наименование элемента, в правой верхней части – число одноименных элементов. Индексы элементов соответствуют номерам деталей и узлов на

чертежах и в спецификациях.

обозначение элемента (№ по каталогу)	КОЛ-ВО
наименование элемента	

Рисунок 21 – Условное обозначение элемента схемы

Схема разборки сборочной единицы показана на рисунке 22.

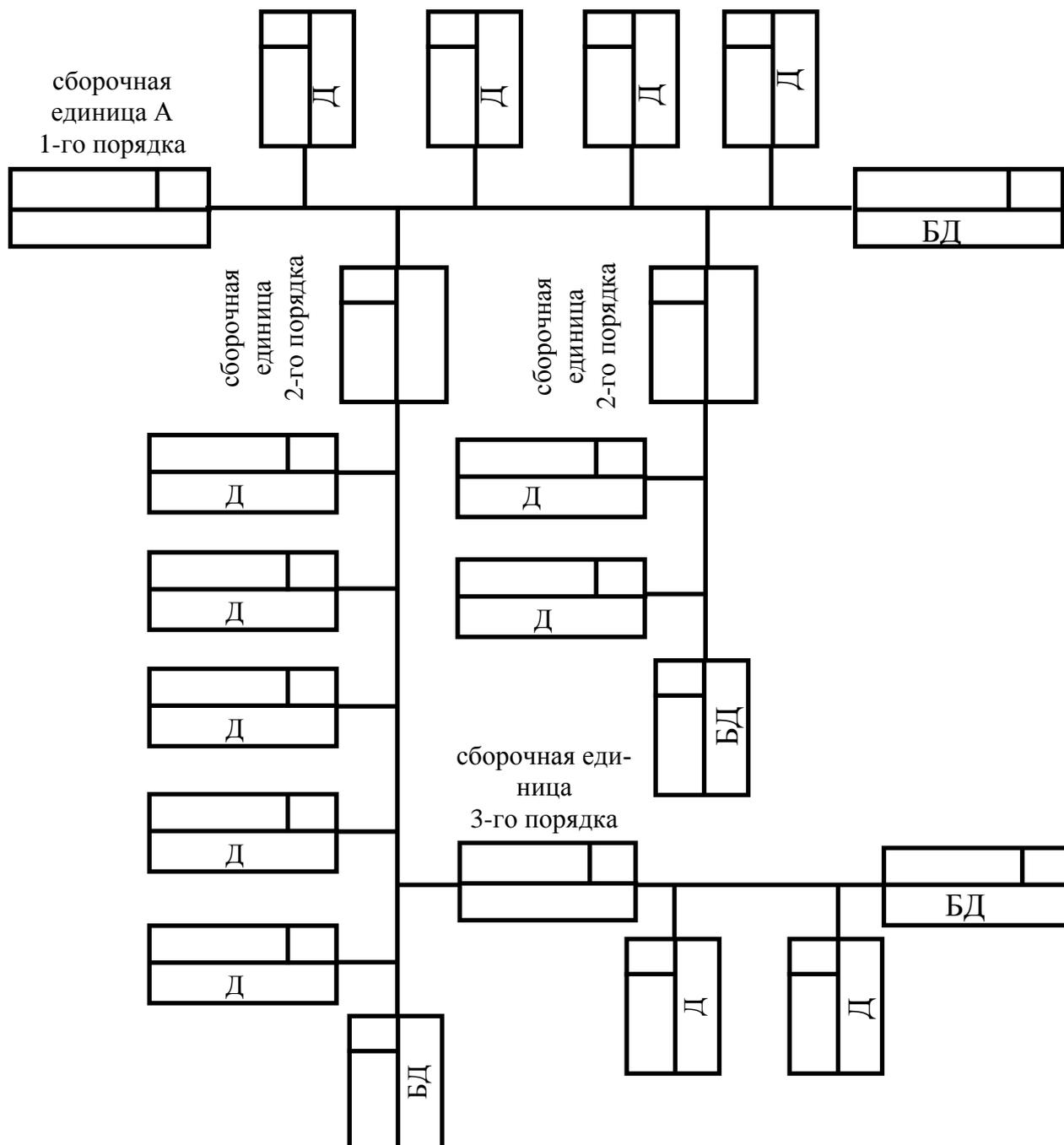


Рисунок 22 – Схема разборки сборочной единицы: БД – базовая деталь;

Д – деталь

При необходимости на схемах разборки показывают расстановку контрольных операций, делают дополнительные надписи, определяющие содержание разборочных операций.

Пример выполнения структурной схемы в курсовом проекте разборки приведен на рисунке 23.

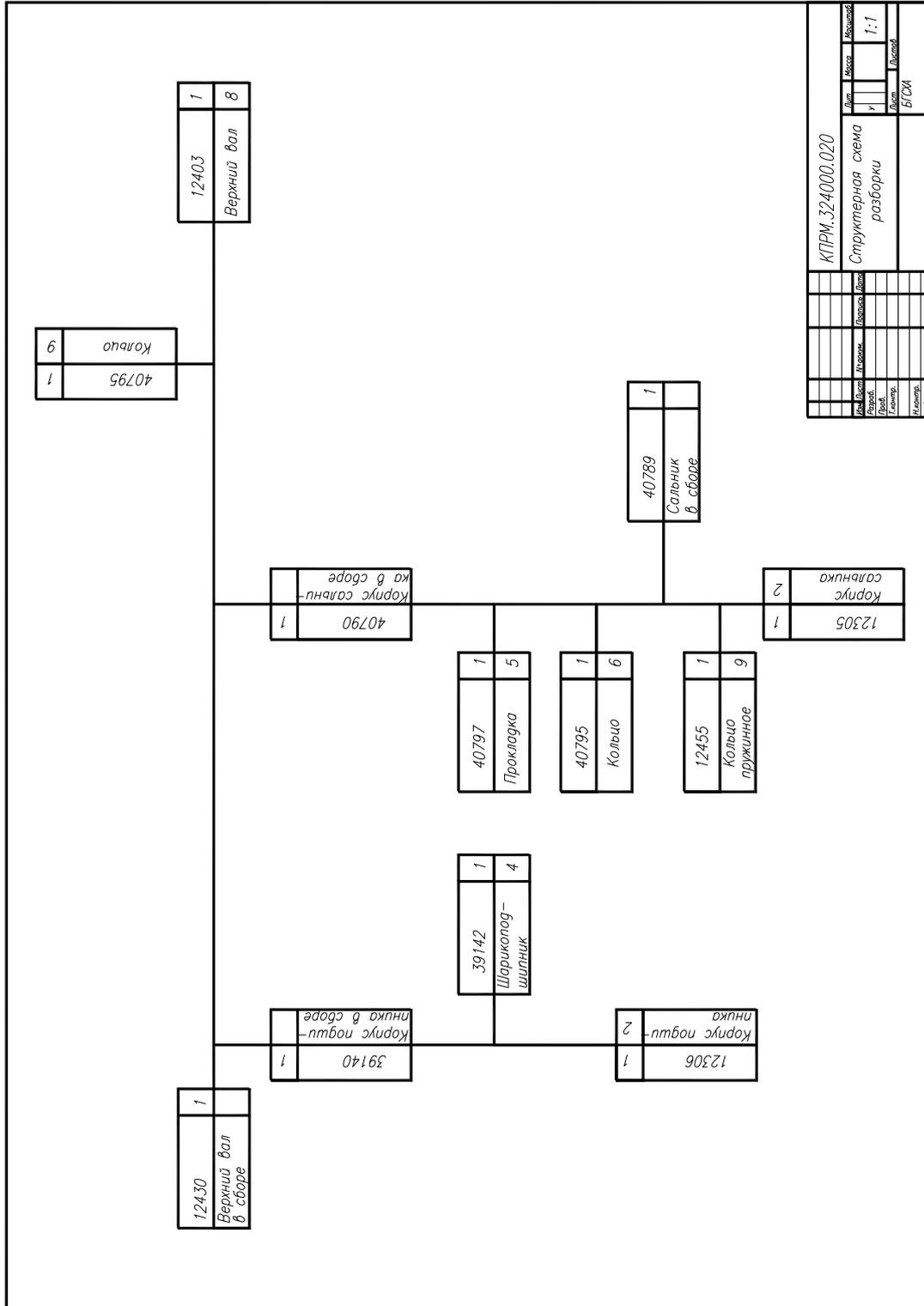




Рисунок 24 – Маршрутная карта технологического процесса сборки

## 9 ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РЕМОНТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

### 9.1 Определение экономической эффективности технического обслуживания и ремонта машин и оборудования

Эффективность технологий ремонтно-обслуживающих воздействий определяется системой показателей:

- годовой экономический эффект –  $\mathcal{E}_r$ ;
- срок окупаемости дополнительных капитальных вложений –  $T$ ;
- коэффициент эффективности дополнительных кап. вложений –  $E$ .

Объектами экономической оценки работ по техническому обслуживанию, ремонту и восстановлению являются:

- капитальный ремонт машин и восстановление деталей;
- технологии капитального и текущего ремонтов машин, узлов, агрегатов, восстановление деталей;
- техническое обслуживание (включая диагностирование);
- ремонтно-технологическое оборудование (отдельные виды или их комплекты), приспособления;
- организационные формы технического обслуживания и ремонта;
- способы хранения сельскохозяйственной техники.

Экономическую эффективность ремонтно-обслуживающих воздействий определяют по величине экономического эффекта, получаемого потребителем, независимо от места их выполнения: в специализированных мастерских ремонтно-обслуживающих предприятий или непосредственно в ремонтных мастерских сельских товаропроизводителей своими силами.

При расчете экономической эффективности перечисленных объектов используют параметры, показывающие эффективность различных видов продукции при техническом обслуживании и ремонте, – значение ресурса отремонтированной техники (капитальным или текущим ремонтом), восстановленных деталей, технического обслуживания, выраженное в наработке машин после каждого вида ремонта в условных эталонных гектарах или мото-часах. Учитывают

также и коэффициент технической готовности сельскохозяйственной техники.

При определении экономической эффективности капитального ремонта учитывают эффект, получаемый в предприятии от использования капитально отремонтированных машин. В расчете на единицу наработки (мото-ресурса) они должны давать больший экономический эффект по сравнению с новыми машинами. Это выражается в экономии затрат труда, материалов и капитальных вложений при использовании отремонтированных машин по сравнению с новыми. Учитывают затраты на поддержание машин в работоспособном состоянии за планируемые периоды их использования: новых – до первого капитального ремонта; отремонтированных – от начала поступления новых машин в эксплуатацию до конца их эксплуатации после выполнения капитального ремонта. При втором и третьем капитальных ремонтах возможна также экономическая оценка их эффективности. В этом случае затраты берут за весь период эксплуатации машин, включая и предыдущие ремонты.

С момента выпуска до списания машина проходит три этапа: производство на заводе-изготовителе; эксплуатация, включая ремонт и техническое обслуживание; ремонт. Поэтому при определении экономической эффективности машин необходимо учитывать основные показатели на всех этих этапах, а именно:

- цену и капитальные вложения на производство машин, а также запасных частей;
- затраты на эксплуатацию машин в с.-х. предприятиях;
- затраты и капитальные вложения на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты машин в сельскохозяйственных и обслуживающих предприятиях.

Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт машин зависят от срока эксплуатации: они увеличиваются с их ростом, особенно в периоды после первого и второго капитальных ремонтов. Кроме того, в зависимости от качества выполняемого капитального ремонта изменяются и затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание.

При определении экономической эффективности капитального ремонта машин учитывают изменение значений технических параметров: мощности двигателя, удельного расхода топлива и т.д.

Экономическая эффективность от капитального ремонта тракторов и сельскохозяйственных машин достигается за счет меньших затрат на восстановление утраченных потребительских свойств по сравнению с изготовлением новой техники, снижения эксплуатационных затрат в результате распределения ее амортизации на значительно больший объем работ в связи с продлением ее срока службы и экономии капитальных вложений на производство машин.

Экономическая эффективность капитального ремонта машин

$$\mathcal{E}_{\text{кр}} = \left( \frac{Z_{\text{н}} - C_{\text{ост}}^{\text{н}}}{P_{\text{н}}} - \frac{Z_{\text{кр}} - C_{\text{ост}}^{\text{кр}}}{P_{\text{кр}}} \right) \cdot P_{\text{кр}} \quad (69)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{кр}}$  – экономическая эффективность капитального ремонта, руб.;

$Z_{\text{н}}, Z_{\text{кр}}$  – эксплуатационные затраты на выполнение механизированных работ новыми и капитально отремонтированными машинами в до- и послеремонтный период, руб.;

$C_{\text{ост}}^{\text{н}}, C_{\text{ост}}^{\text{кр}}$  – остаточная стоимость после эксплуатации новых и капитально отремонтированных машин, руб.;

$P_{\text{н}}, P_{\text{кр}}$  – наработка новой и капитально отремонтированной машины, усл. эт. га или мото-ч.

Остаточную стоимость машин устанавливают, исходя из их технического состояния и возможности дальнейшего использования или получения узлов и агрегатов, деталей, пригодных для ремонта других машин.

Экономическая эффективность от восстановления изношенных машин:

$$\mathcal{E}_{\text{в}} = \left( \frac{Ц_{\text{н}} - C_{\text{ост}}^{\text{н}}}{P_{\text{н}}} - \frac{Ц_{\text{в}} - C_{\text{ост}}^{\text{в}}}{P_{\text{в}}} \right) \cdot P_{\text{в}} \quad (70)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{в}}$ , – экономическая эффективность от восстановления деталей, руб.;

$Ц_{\text{н}}, Ц_{\text{в}}$  – цена новых и восстановленных деталей, руб.;

$P_{\text{н}}, P_{\text{в}}$  – наработка новой и восстановленной детали, ч;

$C_{\text{ост}}^{\text{н}}, C_{\text{ост}}^{\text{в}}$  – остаточная стоимость после эксплуатации новых и восстановленных деталей, руб.

Эффективность, получаемая в результате применения различных техно-

логий выполнения ремонта, обслуживания и восстановления складывается из эффекта, достигаемого производителем ремонтных работ и собственником сельскохозяйственной техники. Учитывается только экономическая эффективность, которая получена сельскохозяйственным предприятием.

Экономическая эффективность, получаемая потребителем, выражается в получении прибыли или в снижении затрат на выполнение механизированных работ, рассчитывают ее по формуле:

$$\mathcal{E}_c = \left( \frac{Z_{\text{б}}^p}{W_{\text{б}}^p} - \frac{Z_{\text{н}}^p}{W_{\text{н}}^p} \right) \cdot W_{\text{н}}^p, \quad (71)$$

где  $\mathcal{E}_c$  – экономическая эффективность применения новой технологии ремонта, руб.;

$Z_{\text{н}}^p, Z_{\text{б}}^p$  – эксплуатационные затраты техники, отремонтированной по новой и базовой технологиям за послеремонтный период, руб.;

$W_{\text{н}}^p, W_{\text{б}}^p$  – наработка машин по новой и базовой технологиям за послеремонтный период, усл.эт. га или мото-ч.

Экономический эффект, получаемый производителем ремонтных работ, выражается в получении прибыли за счет применения новой технологии, определяют его по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = \left( \frac{\Pi_{\text{н}}}{P_{\text{н}}} - \frac{\Pi_{\text{б}}}{P_{\text{б}}} \right) \cdot P_{\text{н}}. \quad (72)$$

Экономическую эффективность от технического обслуживания или текущего ремонта машин ( $\mathcal{E}_{\text{сх}}$ ) определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{сх}} = C_o - (\text{Ц} + C_{\text{т}} + C_{\text{пр}}), \quad (73)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{сх}}$  – экономическая эффективность технического обслуживания или текущего ремонта, руб.;

$C_o$  – затраты на техническое обслуживание или текущий ремонт в сельскохозяйственных предприятиях, руб.;

$\text{Ц}$  – цена выполнения технического обслуживания или текущего ремонта ремонтными предприятиями, руб.;"

$C_{\text{т}}$  – затраты на пробег машин до ремонтных предприятий и обратно, руб.;

$C_{пр}$  – стоимость простоя машин на ремонтных предприятиях, руб.

Указанную методику используют при условии одинакового ресурса отремонтированной техники как в специализированных ремонтных предприятиях, так и в мастерских сельскохозяйственных предприятий. Если ресурсы отремонтированной техники различаются, то формула приобретает вид:

$$\mathcal{E}_{сх} = \left( \frac{C_o}{W_{сх}} - \frac{Ц + C_T + C_{пр}}{W_p} \right) \cdot W_p, \quad (74)$$

где  $W_{сх}$  – наработка отремонтированной машины в мастерских хозяйств, усл.эт. га или мото-ч ;

$W_p$  – наработка отремонтированных машин в специализированных ремонтных предприятиях, усл.эт. га или мото-ч.

Срок окупаемости капитальных вложений в годах

$$T = \frac{KB}{\mathcal{E}_T}, \quad (75)$$

где KB – дополнительные капитальные вложения, руб.

Коэффициент эффективности капитальных вложений

$$E = \frac{1}{T}. \quad (76)$$

При  $E \geq E_H = 0,15$ , капитальные вложения используются эффективно.

## 9.2 Определение экономической целесообразности восстановления деталей

Экономическая эффективность восстановления изношенных деталей может быть определена из выражения

$$\mathcal{E}_B = \left( \frac{Ц_H - C_{ост}^H}{T_H} - \frac{Ц_B - C_{ост}^B}{T_B} \right) T_B, \text{ руб.} \quad (77)$$

где  $Ц_H, Ц_B$  – цены соответственно новой и восстановленной деталей, руб. ;  
 $C_{ост}^H, C_{ост}^B$  – остаточная стоимость после эксплуатации соответственно новой и восстановленной деталей, руб. ;

$T_H, T_B$  – ресурсы соответственно новой и восстановленной деталей, ч.

Из этой формулы следует, что экономически целесообразно восстанавливать детали, для которых  $\mathcal{E}_B > 0$ . Если принять, что  $C_{ост}^H = C_{ост}^B$ , а отношение  $T_B/T_H$

представить как коэффициент долговечности  $K_d$  восстановленной детали, соотношение цен новой и восстановленной деталей должно удовлетворять выражению

$$C_n \cdot K_d - C_b > 0. \quad (78)$$

В условиях рыночной экономики как новые, так и восстанавливаемые детали реализуются потребителю по договорной цене. Однако, для предприятия очень важно определить возможные максимальную и минимальную цены на восстановленную деталь, при которых, с одной стороны, потребитель был бы заинтересован приобрести ее вместо новой детали, а с другой стороны, восстановление ее обеспечивало бы ремонтному предприятию хотя бы нормативную рентабельность.

Потребитель будет заинтересован приобрести восстановленную деталь вместо новой в случае, если затраты на единицу ресурса при использовании восстановленной детали будут меньше, чем при использовании новой детали.

Таким образом, максимальная цена, за которую потребитель предпочтет приобрести восстановленную деталь вместо новой

$$C_{b\max} < C_n \cdot K_d. \quad (79)$$

Минимальная цена восстановленной детали, при которой производителю было бы выгодно восстановить деталь

$$C_{b\min} = C_3 + П, \quad (80)$$

где  $C_3$  – заводская себестоимость восстановления детали, руб.;  
 $П$  – планируемая балансовая прибыль, руб.

В общем случае заводская себестоимость восстановления детали

$$C_3 = \sum_1^n C_b + D_{\Pi} + C_{\Phi}, \quad (81)$$

где  $n$  – число дефектов;

$C_b$  – себестоимость устранения дефектов без учета затрат на дополнительные работы (очистку, дефектации) детали, руб.;

$D_{\Pi}$  – стоимость дополнительных работ, которые необходимо выпол-

нить при восстановлении детали, руб.;

$C_{\Phi}$  – затраты на приобретение ремонтного фонда (стоимость изношенной детали), руб.

Стоимость дополнительных работ

$$D_{\Pi} = 0,1 \sum_1^n C_B. \quad (82)$$

Стоимость изношенных деталей, получаемых от поставщиков ремонтного фонда (предприятий, торговых баз, обменных пунктов), на практике обычно устанавливается равной 0,1 цены новой детали или по цене металлолома плюс 20 %

$$C_{\Phi} = 0,1 \cdot C_{\Pi}. \quad (83)$$

Прибыль

$$\Pi = \frac{N_{\Pi P} \cdot C_3}{100}, \quad (84)$$

где  $N_{\Pi P}$  – норма прибыли, %.

Значение нормы прибыли должно быть не меньше коэффициента эффективности вложений, равного процентной ставке за кредит, установленной Центральным банком РФ и увеличенной на коэффициент гарантии получения положительного эффекта.

### 9.3 Определение затрат на восстановление детали

Одним из основных экономических показателей, который характеризует совершенство технологического процесса, является затраты на восстановление.

Затраты на восстановление можно определить бухгалтерским методом или расчетом по составляющим элементам.

В общем виде затраты на восстановление детали определяют по формуле:

$$C_B = C_{\text{И}} + \sum_{i=1}^{\Pi} \left( \sum_{j=1}^{\Gamma} M_{i,j} + \sum_{j=1}^{\Gamma} Z_{\text{мр}j} + \sum_{j=1}^{\Gamma} E_{0j} + \sum_{j=1}^{\Gamma} E_{aj} + \sum_{j=1}^{\Gamma} E_{\text{э}j} + \sum_{j=1}^{\Gamma} E_{\text{мл}j} + \sum_{k=1}^{\text{P}} E_{\text{сток}k} \right), \quad (85)$$

где  $C_{\text{И}}$  – стоимость изношенной детали, руб.;

$M_{i,j}$  – затраты на материалы (i) по всем технологическим операциям

$(j)$ , руб.;  
 $Z_{\text{пр}}$  – заработная плата производственных рабочих по всем технологическим операциям, руб.;  
 $E_{0j}$  – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.;  
 $E_{aj}$  – амортизационные отчисления от стоимости оборудования, руб.;  
 $E_{эj}$  – затраты на силовую электроэнергию, руб.;  
 $E_{\text{пл}j}$  – затраты на содержание производственных площадей, руб./м<sup>2</sup>;  
 $E_{\text{сток}}$  – затраты на содержание средств технологического оснащения; режущий и мерительный инструмент, руб.;  
 $i$  – количество наименований материалов, по номенклатуре;  
 $j$  – операции технологического процесса;  
 $k$  – номенклатура СТО.

Стоимость изношенной детали  $C_{\text{и}}$  обычно определяют по цене металлолома. Если ремонтный фонд собран на других предприятиях, то в стоимость изношенной детали входит надбавка за сбор и сортировку деталей (20 %). При расчете стоимости изношенной детали  $C_{\text{и}}$  можно принять ее равной 0,1 от цены новой детали. Цена новой детали определяется по прейскурантам на запасные части на момент выполнения курсовой или дипломной работы

В стоимость материалов входят все затраты на все материалы, которые применяют для восстановления детали по всем технологическим операциям:

$$C_{\text{м}} = \sum_{i=1}^n g_i \cdot C_i, \quad (86)$$

где  $g_i$  – масса (объем) использованного материала конкретного наименования, кг (л);  
 $C_i$  – цена 1 кг (л) материала конкретного наименования, руб.;  
 $n$  – число наименований конкретных материалов.

Цена материалов определяется по прейскурантам с учетом индекса цен, прайс-листам или по данным предприятия.

Зарботную плату производственных рабочих определяют по всем технологическим операциям по формуле:

$$Z_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{t_{\text{шт.к}} \cdot T \cdot k \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{сс}}}{60} \right), \quad (87)$$

где  $t_{\text{шт.к}}$  – штучно-калькуляционное время на операцию, мин;  
 $T$  – часовая тарифная ставка, принимается по данным предприятия

или в соответствии с действующими нормативными документами Правительства Российской Федерации, В учебных целях принимаем бюджетную организацию. В этом случае тарифная ставка 1-го разряда бюджетной организации определяется по минимальной оплате труда, установленной Правительством РФ, руб.;

$k$  – тарифный коэффициент, соответствующий каждому разряду (таблица 67);

$K_d$  – коэффициент дополнительной заработной платы (отпуск, компенсации, и др.). В учебных целях можно принять  $K_d = 1,15$ ;

$K_{ЭСН}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на единый социальный налог. В учебных целях можно принять отчисления равными 36,5 % от основной заработной платы, т. е.  $K_{ЭСН} = 0,365$ .

Минимальная часовая тарифная ставка 1 – го разряда:

$$T = \frac{\text{МУОП}}{\text{МФРВ}} = \frac{4500}{165} = 27,27 \text{ , руб./ч,} \quad (88)$$

где МУОП – минимальный уровень оплаты труда. По постановлению Правительства РФ на 01.01.2012 равен 4500 руб.;

МФРФ – среднемесячный фонд рабочего времени, МФРФ = 165 ч.

При использовании в учебных целях единой тарифной сетки (ЕТС) тарифный коэффициент и разряды оплаты труда приведены в таблице 67.

Таблица 67 – Тарифная сетка и тарифные коэффициенты

Разряд оплаты труда	1	2	3	4	5	6
Тарифные коэффициенты	1	1,3	1,69	1,91	2,61	2,44

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, можно определить по формуле:

$$E_{0j} = t_{шт.к} \cdot \frac{(N_M \cdot K_M + N_{Э} \cdot K \cdot Э)}{(60 \cdot K_T \cdot \Phi_0)}, \quad (89)$$

где  $N_M$ ,  $N_{Э}$  – норматив годовых затрат на единицу ремонтной сложности механической и электрической частей оборудования, руб./год;

$K_M$ ,  $K_{Э}$  – категория ремонтной сложности механической и электрической частей оборудования, соответственно;

$K_T$  – коэффициент класса точности оборудования;

$\Phi_0$  – годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Амортизационные отчисления от стоимости оборудования, можно опре-

делить по формуле:

$$E_0 = \frac{1,122 \cdot Ц_0 \cdot Н_a \cdot t_{шт.к}}{100 \cdot 60 \cdot \Phi_0}, \quad (90)$$

где  $1,122 \cdot Ц_0$  – произведение оптовой цены оборудования и коэффициента 1,122, учитывающего затраты на транспортирование и монтаж оборудования, руб.;

$Н_a$  – норма амортизационных отчислений, %.

Затраты на силовую электроэнергию, руб., определяют по формуле:

$$E_{\text{Э}} = \frac{N_{\text{эл.д}} \cdot \eta \cdot t_{шт.к} \cdot Ц_{\text{Э}}}{7200}, \quad (91)$$

где  $N_{\text{эл.д}}$  – установленная мощность электродвигателей оборудования, кВт;

$\eta$  – общий коэффициент загрузки электродвигателей;

$Ц_{\text{Э}}$  – цена 1 кВт-ч электроэнергии, руб.

Затраты на содержание производственных площадей, руб., определяют по формуле:

$$E_{\text{пл}} = \frac{N_{\text{пл}} \cdot S_c \cdot K \cdot K_{п.у} \cdot t_{шт.к}}{60 \cdot \Phi_0}, \quad (92)$$

где  $N_{\text{пл}}$  – норматив содержания 1 м<sup>2</sup> производственной площади, руб./м<sup>2</sup>;

$S_c$  – площадь, занимаемая станком, м<sup>2</sup>;

$K$  – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь с учетом проходов, зон обслуживания и т. п.;

$K_{п.у.}$  – коэффициент, учитывающий площадь для систем управления станков с ЧПУ.

При определении затрат на восстановление можно бухгалтерским методом составляется таблица, представляющая собой калькуляцию по статьям затрат на восстановление детали (таблица 68).

Таблица 68 – Калькуляция по статьям затрат на восстановление детали (бухгалтерский метод)

№ п/п	Наименование статей	Расчетные соотношения	Сумма, руб.
1	Сырье и основные материалы заготовка материалы	Формула 86	
2	Основная заработная плата производственных (основных и дополнительных) рабочих	Формула 87	
3	Дополнительная заработная плата, 10 %	Статья 2 x 0,1	
4	Отчисления на единый социальный налог, 36,5 %	Статья (2+3) x 0,365	
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, 67 %	Статья 2 x 0,67	
6	Износ инструмента, 14 %	Статья 2 x 0,14	
7	Топливо и энергия на технологические нужды		
8	Цеховые расходы, 55 %	Статья 2 x 0,55	
9	Общезаводские расходы, 200 %	Статья 2 x 2,0	
10	Транспортно-заготовительные расходы, 11 %	Статья 1 x 0,11	
11	Производственная себестоимость	Статья 1+2+3+4+5+6+7+8+9+10	
12	Внепроизводственные расходы, 1,8 %	Статья 11 x 0,018	
13	Полная себестоимость	Статья 11 + 12	
14	Накопления (прибыль), 15 %	Статья 13 x 0,25	
15	Оптовая цена	Статья 13 + 14	
16	НДС, 18 %	Статья 15 x 0,20	
17	Отпускная цена единицы	Статья 15 + 16	

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Восстановление детали* – комплекс технологических операций по устранению дефектов детали, обеспечивающих возобновление её работоспособности, геометрических параметров или внутреннего строения и свойств материала в соответствии с нормами, установленными нормативно-технической документацией.

*Газовая сварка* – сварка плавлением с помощью пламени, образованного при сжигании смеси горючего газа с кислородом в сварочной горелке.

*Газотермическое напыление* – процесс получения покрытия с применением высокотемпературной газовой струи, используемой для напыления частиц расплавленного металла на восстанавливаемую поверхность, соединение с которой происходит путем металлургического взаимодействия и механического сцепления (ГОСТ 28076-89).

*Деталь* – элементарная составная часть изделия, изготовленная без применения сборочных операций.

*Деталь, подлежащая восстановлению* – дефектная деталь, устранение дефектов которой технически возможно и экономически целесообразно.

*Дефект детали* – каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям.

*Исправное состояние* – состояние машины, при котором она соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

*Капитальный ремонт* – ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного или близкого к полному ресурса изделия с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые.

*Коэффициент восстановления детали* – отношение числа деталей, подлежащих восстановлению, к общему числу продефектованных деталей.

*Коэффициент повторяемости дефекта* – отношение числа деталей с наличием дефекта определенного вида к общему числу продефектованных деталей.

*Механическая обработка* – обработка резанием и (или) давлением (ГОСТ 14.004).

*Наплавка* – нанесение посредством сварки плавлением слоя металла на поверхность изделия (ГОСТ 2601).

*Неисправное состояние* – состояние машины, при котором она не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

*Неработоспособное состояние* – состояние машины, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации

*Работоспособное состояние* – состояние машины, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

*Операционная карта (ОК)* – технологический документ, содержащий описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения.

*Ремонт* – комплекс операций по восстановлению исправности, работоспособности и ресурса машины и ее составных частей.

– действие, предпринятое в отношении несоответствующей продукции, чтобы сделать ее приемлемой для предполагаемого использования (ГОСТ Р ИСО 9000-2001).

*Ремонтная документация* – документация для подготовки ремонтного производства, осуществления ремонта и контроля изделия после ремонта.

*Ремонтный чертеж* – документ, содержащий изображение детали (сборочной единицы), ремонтные размеры, предельные отклонения и основные способы восстановления с указанием используемых материалов (ГОСТ 2.604).

*Сварка* – процесс получения неразъемного соединения деталей из металлов, керамики и других материалов или их сочетания путем установления межатомных связей при их местном нагреве, пластическом деформировании или того и другого.

*Способ восстановления детали* – совокупность операций, характеризующих технологический процесс (наплавка, напыление, механическая обработка и т.д.).

*Текущий ремонт* – комплекс операций, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособного состояния путем замены и (или) восста-

новления отдельных частей.

*Технические требования на ремонт (на капитальный ремонт) изделия* – нормативно-технический документ, устанавливающий требования к технологии разборки, очистки, дефектации, сборки, регулирования, обкатки и испытания, а также требования, показатели и нормы, которым должно удовлетворять отремонтированное изделие.

*Технологическая документация* – совокупность технологических документов, которые определяют технологический процесс.

*Технологическая операция* – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Операция является основной расчетной единицей при техническом нормировании процесса, при проектировании производственных участков, при определении себестоимости технологического процесса.

*Технологический процесс* – часть производственного процесса ремонта, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния технического объекта. Технологические процессы подразделяют на:

- единичные, служащие для восстановления группы изделий одного наименования, типоразмера и исполнения;
- групповые, применяемые при восстановлении группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.
- типовые, предназначенные для восстановления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками;

Процесс восстановления включает операции: очистки, определения технического состояния (дефектации), принятия решения по технологии восстановления, создания ремонтных заготовок с припуском на восстанавливаемых поверхностях, термической (химико-термической) и механической обработки, поверхностного или объемного пластического деформирования, нанесения защитных покрытий, контроля, консервации. Основное содержание процесса восстановления детали заключается в создании на поверхности припуска (слоя металла), термической и механической обработки.

*Технический сервис* – комплекс услуг по обеспечению потребителей техническими средствами, эффективному использованию и поддержанию их в работоспособном состоянии в течении всего периода эксплуатации.

*Удельный вес восстановления* деталей в общем потреблении запасных частей – отношение стоимости восстановленных деталей к общей стоимости запасных частей (новых и восстановленных), используемых при ремонте.

*Электролитическое наращивание* – процесс осаждения металла из раствора (электролита) под действием электрического тока.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Батищев А.Н., Голубев И.Г., Лялякин В.П. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники. – М.: Информагротех, 1995. – 295 с.
- 2 Быков В.В., Голубев И.Г., Каменский В.В. Проектирование технологических процессов восстановления деталей транспортных и технологических машин. – М.: МГУЛ. 2004. – 64 с.
- 3 Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М. Колос, 1981. – 351 с.
- 4 Восстановление деталей машин: Справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; Под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
- 5 Карагодин В.И., Митрохин Н.Н. Ремонт автомобилей и двигателей. – М.: Мастерство; Высш. Школа, 2001. – 496 с.
- 6 Козарез И.А., Тюрева А.А. Технико-экономическое обоснование инженерных решений в дипломных и курсовых проектах. – Брянск: Издательство БГСХА, 2011. – 144 с.
- 7 Комплекты типовой технологии на ремонт машин. – М.: ГОСНИТИ
- 8 Михальченков А.М., Тюрева А.А., Козарез И.В. Курсовое проектирование по технологии ремонта машин. – М, Колос, 2010. – 141 с.
- 9 Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
- 10 Надежность и ремонт машин / Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
- 11 Новиков В.С., Очковский Н.А. Проектирование технологических процессов ремонта и восстановления изношенных деталей. – М: ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 44 с.
- 12 Нормативно-техническая документация на ремонт машин (РТМ 10.0024; РТМ 70.0009.038; ГОСТ 2.609-79; ГОСТ 2.602-68;.ГОСТ 3.1118-82;) – М.: Изд-во стандартов.
- 13 Практикум по ремонту машин / Под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2009 – 327 с.
- 14 Справочник инженера по техническому сервису машин и оборудования в АПК. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 604 с.
- 15 Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства. – М.: ФГНУ «Росинформагротех». – ч. II. – 2003. – 368 с.
- 16 Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве / Под ред. В.И. Черноиванова. – Москва-Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003 – 992 с.
- 17 Технология ремонта машин / Под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с.

- 18 Усков В.П. Справочник по ремонту базовых деталей двигателей. – Брянск. 1989. – 589 с.
- 19 Черноиванов В.И., Андреев В.П. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин. – М.: Колос, 1983.
- 20 Черноиванов В.И., Голубев И.Г. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.
- 21 Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. М.: ГОСНИТИ, 2003. – 488 с.
- 22 Экономика технического сервиса на предприятиях АПК / Под ред. Ю.А. Конкина. – М.: КолосС, 2005. – 368 с.
- 23 Сушкевич М.В. Контроль при ремонте сельскохозяйственной техники. – М.: Агропром издат, 1988. -254 с.
- 24 [www.OpenGost.ru](http://www.OpenGost.ru)
- 25 [www.gosniti.ru](http://www.gosniti.ru)
- 26 [www.rosinformagrotech.ru](http://www.rosinformagrotech.ru)

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ .....	5
1.1 Этапы разработки технологических процессов .....	9
1.2 Анализ объекта ремонта .....	12
1.3 Разработка маршрутов восстановления.....	13
1.4 Разработка технологических операций маршрута восстановления.....	16
2 ОБЗОР СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ПРИМЕНЕНИЮ .....	18
2.1 Выбор рациональных способов восстановления .....	26
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СЛОЯ МАТЕРИАЛА, НАНОСИМОГО НА ИЗНОШЕННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ (расчет толщины наносимого покрытия)..	32
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ, ПОДБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОСНАСТКИ .....	36
4.1 Ручная электродуговая сварка и наплавка.....	38
4.2 Автоматическая наплавка под слоем флюса .....	43
4.3 Полуавтоматическая наплавка в среде углекислого газа.....	49
4.4 Наплавка порошковыми проволоками .....	50
4.5 Вибродуговая наплавка.....	51
4.6 Плазменная наплавка .....	54
4.7 Электроконтактная приварка ленты и напекание порошков.....	55
4.8 Газотермическое напыление .....	58
4.9 Электролитические (гальванические) покрытия .....	61
4.10 Полимерные материалы.....	65
4.11 Пластическое деформирование .....	68
4.12 Постановка дополнительной ремонтной детали.....	69
4.13 Выбор и определение нормы расхода материала .....	71
5 МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ .....	72
5.1 Выбор технологических баз.....	72
5.2 Определение режимов механической обработки восстановленных деталей	73
6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ ВРЕМЕНИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЕРАЦИЙ .....	79
6.1 Нормирование при механической обработки детали .....	80
6.2 Нормирование при сварке и наплавке.....	86
6.3 Нормирование работ при газотермическом напылении .....	88
6.4 Нормирование гальванических работ .....	89
6.5 Нормирование работ, связанных с использованием полимерных материалов .	89
6.6 Нормирование слесарных работ .....	91
6.7 Нормирование работ при обработке металлов способами пластического	

деформирования .....	92
<b>7 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ НА РЕМОНТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ</b>	<b>93</b>
7.1 Общие правила и требования к разработке технологической документации ....	94
7.2 Виды, комплектность и оформление технологической документации .....	94
7.3 Оформление технологической документации .....	98
7.3.1 Ремонтный чертеж.....	100
7.3.2 Маршрутная карта (МК).....	104
7.3.3 Маршрутная карта технологического процесса дефектации .....	110
7.3.4 Карты технологического процесса очистки .....	113
7.3.5 Операционные карты .....	114
7.3.6 Карта эскизов .....	118
<b>8 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАЗБОРКИ (СБОРКИ) ИЗДЕЛИЯ.....</b>	<b>120</b>
<b>9 ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РЕМОНТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ .</b>	<b>126</b>
9.1 Определение экономической эффективности технического обслуживания и ремонта машин и оборудования .....	126
9.2 Определение экономической целесообразности восстановления деталей .	130
9.3 Определение затрат на восстановление детали .....	132
<b>ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....</b>	<b>137</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>140</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	<b>144</b>

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1 – Примерные нормы расхода материалов

Способ восстановления	Расход матери- алов, $g_{ко}$ кг	Средняя стои- мость 1 кг мате- риалов, руб.
Ручная дуговая сварка и наплавка	48	460
Ручная газовая сварка и наплавка	38	510
Ручная аргонодуговая сварка и наплавка	36	620
Механизированная наплавка в среде уг- лекислого газа	30	490
Механизированная вибродуговая наплавка	31	540
Механизированная наплавка под слоем флюса	38	680
Дуговая металлизация	25	520
Газопламенное напыление		
Плазменное напыление		
Хромирование электролитическое	21	4160
Железнение электролитическое	23	920
Обработка под ремонтный размер	2,5	740
Установка дополнительной ремонтной детали	78	480
Пластическое деформирование	3,5	350





## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Графическое изображение опор, зажимов и установочных устройств,  
применяемых в технологической документации (ГОСТ 3.1107-81)

Наименование		Обозначение на видах		
		спереди	сверху	снизу
Центры	Неподвижный		без обозначения	без обозначения
	Плавающий		без обозначения	без обозначения
	Вращающийся		без обозначения	без обозначения
Патроны двух-, трех-, четырех- кулачковые (количество указывается цифрой справа)				
Патроны подводковые				
Патроны и оправки шариковые, роликовые				
Оправка цилиндрическая				
Оправка коническая				
Оправка цанговая				
Опоры и люнеты	Неподвижные			
	Подвижные			
Зажимы	Одиночные			
	Двойные			

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Примеры проектирования и оформления технологических процессов

#### *Пример № 1: Выбор рационального способа восстановления*

Выберем рациональный способ восстановления посадочных мест под подшипники ведомого вала коробки передач.

По групповой номенклатуре деталей вал относится к классу деталей круглые стержни. Детали данного класса характеризуются цилиндрической формой при длине, значительно превышающей их диаметр. Материалом для них чаще всего служит углеродистая или высококачественная легированная сталь. Рабочие поверхности подвергают термической или химико-термической обработке. Детали этого класса обычно восстанавливают вибродуговой наплавкой, наплавкой под слоем флюса, в среде углекислого газа или электроконтактной приваркой ленты.

Рассчитаем стоимость восстановления каждого способа по формуле (3), учитывая, что удельная себестоимость восстановления составляет (руб./см<sup>2</sup>): вибродуговая наплавка – 0,8; наплавка под слоем флюса – 1,2; наплавка в среде углекислого газа – 0,6; электроконтактная приварка ленты – 0,85.

Произведем расчет площадей шеек вала ( $S_{Ш}$ ) по формуле (всего восстановлению подвергают три шейки):

$$S_{Ш} = \pi \cdot D_i \cdot b_i,$$

где  $D_i$  – диаметр  $i$ -ой шейки;  $b_i$  – ширина  $i$ -ой шейки.

$$\begin{aligned} S_{Ш} &= 3,14 \cdot (23 \cdot 40 + 81 \cdot 42,5 + 81 \cdot 42,5 + 60 \cdot 35) = \\ &= 31101,7 \text{ мм}^2 = 311,017 \text{ см}^2. \end{aligned}$$

Рассчитываем стоимость восстановления для вибродуговой наплавки

$$C_{B1} = 311,017 \cdot 0,8 = 248,81 \text{ руб.}$$

Для наплавки под слоем флюса.

$$C_{B2} = 311,017 \cdot 1,2 = 372,22 \text{ руб.}$$

Для наплавки в среде углекислого газа.

$$C_{B3} = 311,017 \cdot 0,6 = 186,61 \text{ руб.}$$

Для электроконтактной приваркой лентой.

$$C_{в4} = 311,017 \cdot 0,85 = 264,36 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу

Таблица – Себестоимость восстановления ведомого вала КПП

Метод восстановления	Себестоимость восстановления, руб.
Вибродуговая наплавка	248,81
Наплавка под слоем флюса	372,22
Наплавка в среде углекислого газа	186,61
Электроконтактная приварка лентой	264,36

Целесообразность того или иного метода определим из выражения (2).

Для вибродуговой наплавки.

$$278,81 / 0,85 = 328,01 \text{ руб.}$$

Для наплавки под слоем флюса.

$$372,22 / 0,9 = 413,57 \text{ руб.}$$

Для наплавки в среде углекислого газа.

$$186,61 / 0,85 = 219,54 \text{ руб.}$$

Для электроконтактной приваркой ленты.

$$264,36 / 0,9 = 293,73 \text{ руб.}$$

Из сделанных расчетов видно, что самыми целесообразными методами восстановления посадочных мест вала под подшипники будут электроконтактная приварка лентой и наплавка в среде углекислого газа.

При наличии на предприятии оборудования для наплавки в среде углекислого газа возможно избежать дополнительных затрат на приобретение нового оборудования. Поэтому принимаем для восстановления шеек вала наплавку в среде углекислого газа.

#### *Пример 2.* Технологический процесс восстановления вала главного сцепления трактора Т-150 (Т-150К)

Дефектацию проводят на специальном участке, оснащенном соответствующим оборудованием, инструментом, приспособлениями и оснасткой. Рабочие места контролеров оборудуют специальными столами, исключающими повреждение рабочих поверхностей детали.

В нашем случае имеют место следующие дефекты:

1 Износ поверхности шлицевых пазов под первичный вал коробки передач до ширины пазов более 6,55 мм;

2 Износ шлицев под ступицу ведомого диска до толщины шлицев менее 9,25 мм;

3 Износ поверхности вала под манжету до диаметра менее 49,80 мм;

4 Износ поверхности вала под шарикоподшипник до диаметра менее 44,84 мм.

Для устранения каждого дефекта может быть применено несколько способов, из которых нужно выбрать наиболее рациональные, т.е. технически обоснованные и экономически целесообразные (таблица 1).

Таблица 1 – Карта сочетания дефектов вала главного сцепления по маршрутам

№	Наименование дефекта	Номер маршрута	
		1	2
1	Износ поверхности шлицевых пазов под первичный вал коробки передач до ширины пазов более 6,55 мм	+	–
2	Износ шлицев под ступицу ведомого диска до толщины шлицев менее 9,25 мм	+	+
3	Износ поверхности вала под манжету до диаметра менее 49,80 мм	+	+
4	Износ поверхности вала под шарикоподшипник до диаметра менее 44,84 мм	+	+

Примечание: «+» - дефекты устраняются; «–» - дефекты не устраняются

Устранения дефекта детали производится по трем критериям: технологическому (критерий применимости); долговечности; технико-экономическому.

Характеристика дефектов и назначение способов их устранения по технологическому критерию. По технологическому критерию производят выбор способов на основании возможности их применения для устранения конкретного дефекта вала главного сцепления Т-150К с учетом величины и характера износа, материала детали и ее конструктивных особенностей. По этому критерию назначают все возможные способы, которые, в принципе, могут быть устроены для устранения этого дефекта.

В нашем случае может быть применено следующее:

– Для восстановления изношенных поверхностей шлицевых пазов под первичный вал коробки передач – *постановка дополнительной ремонтной детали (ДРД), пластическое деформирование;*

– Для восстановления изношенных шлицев под ступицу ведомого диска – *наплавка (вибродуговая, под флюсом, в среде СО<sub>2</sub>), пластическое деформирование, электроконтактная наплавка с одновременной осадкой;*

– Для восстановления изношенной поверхности вала под манжету – *наплавка (вибродуговая, под флюсом, в среде CO<sub>2</sub>), пластическое деформирование, электроконтактная приварка ленты, металлизация, железнение;*

– Для восстановления изношенной поверхности вала под шарикоподшипник манжету – *наплавка (вибродуговая, под флюсом, в среде CO<sub>2</sub>), пластическое деформирование, электроконтактная приварка ленты, металлизация, железнение.*

По технологическому критерию, для устранения дефектов 2, 3, 4 рациональна наплавка, поскольку вал и шлицы имеют большие износы от 1 мм до 3...4 мм (у шлицев). Применение для восстановления шлицев пластического деформирования нерационально в связи с большим их износом. Применение комбинированного способа – электроконтактной приварки ленты с одновременной осадкой нерационально в связи со сложностью осуществления данной технологии.

Следовательно, для устранения дефекта 1 рациональным способом является ДРД, и далее по техническому и технико-экономическому критериям будем сравнивать для устранения 2,3,4 дефектов – *вибродуговую наплавку, наплавку под флюсом и наплавку в среде CO<sub>2</sub>*

Критерий долговечности оценивает технические возможности детали, восстановленные каждым из намеченных по технологическому критерию способом, т. е. этот критерий оценивает эксплуатационные свойства детали в зависимости от способа ее восстановления.

Оценка производится по таким основным показателям: сцепляемость; износостойкость; усталостная прочность (выносливость).

По результатам оценки исключаются из числа ранее назначенных те способы устранения дефекта, которые не обеспечивают выполнения технических требований на восстановленную деталь хотя бы по одному из показателей.

Для каждого выбранного способа дается качественная оценка по значению коэффициента долговечности  $K_D$ , определяемому по формуле:

$$K_D = f(K_{И} \cdot K_{В} \cdot K_{СЦ}), \quad (1)$$

где  $K_{И}$ ,  $K_{В}$ ,  $K_{СЦ}$  – коэффициенты износостойкости, долговечности и сцепляемости.

Для вибродуговой наплавки:

$$K_{И} = 0,85; K_{В} = 0,62; K_{СЦ} = 0,9 \dots 1,0. \text{ Тогда } K_D = 0,85 \cdot 0,62 \cdot 0,95 = 0,50.$$

Для наплавки в среде CO<sub>2</sub>:

$$K_{И} = 0,85 \dots 1,3; K_{В} = 0,7 \dots 0,9; K_{СЦ} = 1,0. \text{ Тогда } K_D = 1,07 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,86.$$

Для наплавки под флюсом (плавленным):

$$K_{И} = 0,9; K_{В} = 0,6 \dots 0,9; K_{СЦ} = 1,0. \text{ Тогда } K_D = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,675.$$

Рациональным по этому критерию будет способ, у которого  $K_D = \max$ , т.е. восстановление вала главного сцепления с помощью наплавки в среде CO<sub>2</sub>.

Окончательное решение о выборе рационального способа устранения дефекта принимается по технико-экономическому критерию, который связывает экономический показатель восстановления детали с ее долговечностью. Для

этого по каждому из оставленных после оценки по техническому критерию способов устранения дефектов определяют коэффициент технико-экономической эффективности.

$$K_э = \frac{C_в}{K_д}, \quad (2)$$

где  $K_э$  – коэффициент технико-экономической эффективности;

$C_в$  – удельная себестоимость способа устранения дефекта, а если это и требуется, то и способа упрочнения поверхности, руб./дм<sup>2</sup>.

Для вибродуговой наплавки  $C_в = 6,0 \dots 8,0$  руб./дм<sup>2</sup>, тогда:  $K_э = 14$ .

Для наплавки в среде CO<sub>2</sub>  $C_в = 6,8 \dots 10,0$  руб./дм<sup>2</sup>, тогда:  $K_э = 9,77$ .

Для наплавки под флюсом  $C_в = 10,0 \dots 14,0$  руб./дм<sup>2</sup>, тогда:  $K_э = 17,77$ .

Предпочтение отдается тому из способов устранения дефекта, для которого это соотношение имеет наименьшее значение. Окончательно выбираем способ устранения дефектов с помощью наплавки в среде CO<sub>2</sub>.

План операций технологического процесса разрабатывается для каждого в отдельности маршрута на основе изучения ремонтного чертежа детали.

Примерный план технического процесса восстановления вала главного сцепления Т-150 и приведен в таблице 2

Таблица 2 - Примерный план технического процесса восстановления вала главного сцепления Т-150 К

№ операции	Наименование и содержание операции
005	Очистная
010	Дефектовочная
015	Расточная (деф. 1). Расточить поверхность шлицевого отверстия под первичный вал коробки передач на токарном станке так, чтобы диаметр отверстия был на 1,5 мм больше внутреннего диаметра шлицев
020	Слесарная (деф. 1). Запрессовать ремонтную шлицевую втулку.
025	Наплавочная (деф. 1, 2, 3, 4). Приварить в нескольких местах запрессованную шлицевую втулку, наплавить изношенные шлицы продольными валиками, наплавить изношенные поверхности под манжету и шарикоподшипник
030	Токарная (деф. 1, 2, 3, 4). Проточить места приварки втулки, проточить шлицевую часть вала и поверхности под манжету и шарикоподшипники по наружному диаметру
035	Фрезерная (деф. 2). Фрезеровать шлицы
040	Шлифовальная (деф. 2). Шлифовать шлицы
045	Шлифовальная (деф. 3, 4). Шлифовать поверхности под манжету и шарикоподшипники по наружному диаметру
050	Полировальная (деф. 4). Полировать поверхность под шарико-

	подшипники по наружному диаметру
055	Термическая (деф. 1, 2, 3, 4). Провести упрочнение наплавленных поверхностей поверхностной закалкой ТВЧ
060	Контрольная
065	Маркировка, консервация, упаковка

Выбор и расчет режимов резания осуществляем с помощью справочной и учебной литературы:

Операция 015. Расточная

Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20.

*Переход 1:* установить деталь в патрон и закрепить.

*Переход 2:* расточить шлицевое отверстие до  $\varnothing 93,5^{+0,035}$  мм на длину 22 мм.

Глубина резания: для черновой обработки  $t = 1,0$  мм; для чистовой обработки  $t = 0,5$  мм.

Подача: для черновой обработки  $S = 0,2$  мм/об; для чистовой обработки  $S = 0,2$  мм/об.

Скорость резания: для черновой обработки  $V = 46,0$  м/мин; для чистовой обработки  $V = 104$  м/мин.

$$\text{Частота вращения, мин}^{-1} \quad n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (3)$$

$$\text{Для черновой обработки } n = \frac{1000 \cdot 46}{3,14 \cdot 93} = 157,5 \text{ мин}^{-1}. \text{ Принимаем } n_{\text{„Т}} = 200 \text{ мин}^{-1}.$$

$$\text{Для чистовой обработки } n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 93,5} = 354,2 \text{ мин}^{-1}. \text{ Принимаем } n_{\text{„Т}} = 350 \text{ мин}^{-1}.$$

*Переход 3:* подрезать торец  $\varnothing 114,5$  мм на глубину 6 мм, снять фаску 3 мм на  $45^\circ$ .

$t = 3,0$  мм, количество проходов  $I = 2$ ,  $S = 0,4$  мм/об,  $V = 19$  м/мин.

$$n = \frac{1000 \cdot 19}{3,14 \cdot 114,5} = 52,8 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n_{\text{„Т}} = 50 \text{ мин}^{-1}$ .

*Переход 4:* снять деталь.

Операция 025. Наплавочная

*Переход 1:* установить деталь на столе и закрепить.

*Переход 2:* Приварить в нескольких местах запрессованную шлицевую втулку, наплавить изношенные шлицы продольными валиками, наплавить изношенные поверхности под манжету и шарикоподшипник.

Для наплавки применяем наплавку в среде углекислого газа.

Силу тока и диаметр проволоки выбираем согласно рекомендаций.

Диаметр детали 50...70 мм, следовательно диаметр проволоки  $d_{\text{пр}} = 1,4$  мм, сила тока  $I_{\text{св}} = 150$  А, напряжение  $U = 20$  В.

Скорость подачи проволоки:

$$V_{\text{пр}} = \frac{0,1 \cdot I_{\text{св}} \cdot U}{d_{\text{пр}}^2} = \frac{0,1 \cdot 150 \cdot 20}{1,4^2} = 153 \text{ м/ч.} \quad (4)$$

Шаг наплавки  $S = (1,6 \dots 2,2)$ .

$$d_{\text{пр}} = 2 \cdot 1,4 = 2,8 \text{ мм/об.} \quad (5)$$

Скорость наплавки:

$$V_{\text{н}} = \frac{0,785 \cdot d_{\text{пр}}^2 \cdot V_{\text{пр}} \cdot \eta}{h \cdot S \cdot a} = \frac{0,785 \cdot 1,4^2 \cdot 153 \cdot 0,85}{2 \cdot 2,8 \cdot 0,75} = 47,6 \text{ м/ч} \quad (6)$$

где  $\eta$  – коэффициент перехода электродного материала в наплавленный металл, принимаем равным 0,85;

$h$  – заданная толщина наплавленного слоя,  $h = 2$  мм;

$a$  – коэффициент, учитывающий отклонения фактической площади сечения наплавленного слоя от площади четырехугольника с высотой  $h$ , равный 0,75.

$$\text{Смещение электрода } L = (0,05 \dots 0,07), d = 2,5 \dots 5 \text{ мм.} \quad (7)$$

Вылет электрода равен 8...15 мм, расход углекислого газа составляет 8...20 л/мин. Наплавка осуществляется проволокой Нп-30ХГСА, твердость наплавленного слоя до 350 НВ.

Оборудование: стол для сварочных работ ОКС-7523, переносной сварочный полуавтомат А-1615.

Основные узлы А-1615: сварочный пистолет с кабелями, малогабаритный узел подготовки газа, трехфазный источник питания И103, баллон  $\text{CO}_2$ , вместимостью 2 л. Габариты 1385x2338 мм.

*Переход 3:* снять деталь.

#### Операция 030. Токарная

Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20.

*Переход 1:* установить деталь в патрон и закрепить.

*Переход 2:* Проточить места приварки втулки ( $\varnothing 114,5$  мм, длина 5 мм)

*Переход 3:* Проточить шлицевую часть вала до  $\varnothing 72^{+0,1}$  мм на длину 84 мм

Глубина резания  $t = 0,5 \dots 1,0$  мм. Подача  $S = 0,2$  мм/об. Скорость резания  $V = 46,0$  м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{1000 \cdot 46}{3,14 \cdot 72} = 203 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n_{\text{„Т”}} = 200 \text{ мин}^{-1}$ .

*Переход 4:* Проточить поверхность под манжету до  $\varnothing 50^{+0,1}$  мм на длину 13,5 мм.

Глубина резания  $t = 0,5 \dots 1,0$  мм. Подача  $S = 0,2$  мм/об. Скорость резания  $V = 46,0$  м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{1000 \cdot 46}{3,14 \cdot 50,1} = 292 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n_{\text{„Т”}} = 300 \text{ мин}^{-1}$ .

*Переход 5:* Проточить поверхность шарикоподшипники по наружному диаметру до  $\varnothing 45,1^{+0,1}$  мм на длину 22,5 мм.

Глубина резания  $t = 0,5 \dots 1,0$  мм. Подача  $S = 0,2$  мм/об. Скорость резания  $V = 46,0$  м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{1000 \cdot 46}{3,14 \cdot 45,1} = 324 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем  $n_{„Т} = 300 \text{ мин}^{-1}$ .

*Переход 6:* снять деталь.

#### Операция 045. Шлифовальная

Оборудование: Станок точильно-шлифовальный 3Б631А.

*Переход 1:* установить деталь в патрон и закрепить.

*Переход 2:* Шлифовать поверхность под манжету до  $\varnothing 50^{-0,1}$  мм.

*Переход 3:* Шлифовать поверхность шарикоподшипники по наружному диаметру до  $\varnothing 45^{+0,1}$  мм.

Скорость вращения круга  $V_k = 30 \text{ м/с}$ . Скорость вращения детали  $V_d = 10 \text{ м/мин}$ . Глубина резания  $0,05 \text{ мм}$ .

*Переход 4:* снять деталь.

Остальные режимы выбираем из справочной литературы.

Расчет нормирования технологических операций выполняем с помощью справочной и учебной литературы.

#### Операция 015. Расточная

Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20.

Норма времени в общем случае выражается следующей формулой:

$$T_n = T_o + T_{вс} + T_{доп} + \frac{T_{пз}}{N}, \quad (8)$$

где  $T_o$  – основное (технологическое) время обработки, мин;

$T_{вс}$  – вспомогательное время на установку и снятие детали со станка, пуск и остановку станка, подвод и отвод режущего инструмента, измерения размеров, в учебных целях принимаем 3 мин.;

$T_{доп}$  – дополнительное время, мин;

$T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время, в учебных целях принимаем 20 мин;

$N$  – число деталей в партии, в учебных целях принимаем 20 шт.

Основное время определим по формуле:

$$T_o = \frac{\pi \cdot d \cdot l \cdot i}{1000 \cdot v \cdot S} \quad (9)$$

где  $d$  – диаметр обрабатываемой детали;

$l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$i$  – число проходов, шт;

$v$  – скорость резания, м/мин;

$S$  – подача, мм/об.

$$\text{Черновая обработка } T_o = \frac{\pi \cdot 93 \cdot 22 \cdot 1}{1000 \cdot 46 \cdot 0,2} = 0,7 \text{ мин.}$$

$$\text{Чистовая обработка } T_o = \frac{\pi \cdot 93,5 \cdot 22 \cdot 1}{1000 \cdot 104 \cdot 0,2} = 0,31 \text{ мин.}$$

Общее время  $T_o = 1,1 \text{ мин}$

Дополнительное время определяют по формуле:

$$T_{\text{доп}} = \frac{(T_o + T_b) \cdot K_d}{100}, \quad (10)$$

где  $K_d$  – коэффициент, учитывающий долю дополнительного времени в % от оперативного, для учебных целей принимаем  $K_d = 10 \%$ .

$$T_{\text{доп}} = \frac{(1,1 + 3) \cdot 10}{100} = 0,43 \text{ мин.}$$

$$T_n = 1,1 + 3 + 0,43 + \frac{20}{20} = 5,53 \text{ мин.}$$

#### Операция 030. Токарная

Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20.

*Переход 2:* Проточить места приварки втулки ( $\varnothing 114,5$  мм, длина 5 мм)

$$T_o = \frac{\pi \cdot 114,5 \cdot 5 \cdot 1}{1000 \cdot 46 \cdot 0,2} = 0,19 \text{ мин.}$$

*Переход 3:* Проточить шлицевую часть вала до  $\varnothing 72^{+0,1}$  мм на длину 84 мм

$$T_o = \frac{\pi \cdot 72 \cdot 84 \cdot 1}{1000 \cdot 46 \cdot 0,2} = 2,06 \text{ мин.}$$

*Переход 4:* Проточить поверхность под манжету до  $\varnothing 50^{+0,1}$  мм на длину 13,5 мм

$$T_o = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 13,5 \cdot 1}{1000 \cdot 46 \cdot 0,2} = 0,23 \text{ мин}$$

*Переход 5:* Проточить поверхность шарикоподшипники по наружному диаметру до  $\varnothing 45,1^{+0,1}$  мм на длину 22,5 мм

$$T_o = \frac{\pi \cdot 45,1 \cdot 22,5 \cdot 1}{1000 \cdot 46 \cdot 0,2} = 0,35 \text{ мин.}$$

Общее время  $T_o = 2,83$  мин.

$$T_{\text{доп}} = \frac{(2,83 + 3) \cdot 10}{100} = 0,58 \text{ мин.}$$

$$T_n = 2,83 + 3 + 0,58 + \frac{20}{20} = 7,41 \text{ мин.}$$

#### Операция 045. Шлифовальная

Оборудование: Станок точильно-шлифовальный 3Б631А.

*Переход 2:* Шлифовать поверхность под манжету до  $\varnothing 50^{+0,1}$  мм.

При шлифовании с поперечной подачей (врезанием):

$$T_o = \frac{Z_2}{n_d \cdot S_{\text{поп}}}, \quad (11)$$

где  $Z_2$  – припуск на сторону,  $Z_2 = 0,05$  мм;

$n_d$  – частота вращения детали,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$S_{\text{поп}}$  – поперечная подача круга на один оборот детали,

$S_{\text{поп}} = 0,01$  мм/об.

$$T_o = \frac{0,1}{10 \cdot 0,01} = 1 \text{ мин.}$$

*Переход 3:* Шлифовать поверхность шарикоподшипники по наружному диа-





Штанг																
Вал																
Пол																
													НВ 156..241			
Разраб													Вал главного сцепления		030	
Пол																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименов. операции			Обозначение документа								
Б	Код наименов. обработки				ОТ	Проф	Р	УТ	НР	НОМО	ЕН	ОП	Кшт	Тпа	Тшт	
К/М	Наименование дет. с/ед. или материала				Обозначение код											
М01	Сталь 20ХГНР ГОСТ 4543-77															
А01	030 Токарная															
Б02	Станок токарноинтеррезный 16К20															
О03	1 Установить деталь, закрепить															
ТО4	Патрон трехшлицевой															
О05	2 Проточить места приварки втулки на $\phi 114,5$ мм, длина 5 мм															
ТО6	Проходной резец 2101-0501 ГОСТ 18870-81, штангенциркуль ШЦ150-II-0,25															
О07	3 Проточить шлицевую поверхность вала до $\phi 72 \pm 0,1$ мм на длину 84 мм															
ТО8	Подрезной резец 2112-0035 ГОСТ 18871-81, микрометр МК-5-10															
Р09	$f = 1,0$ мм; $i = 1$ ; $s = 0,2$ мм/об; $v = 40$ м/мин; $n = 200$ мин <sup>-2</sup>															
О10	4 Проточить поверхность под манжету до $\phi 50 \pm 0,1$ мм на длину 13,5 мм															
Р11	$f = 1,0$ мм; $i = 1$ ; $s = 0,2$ мм/об; $v = 46$ м/мин; $n = 300$ мин <sup>-2</sup>															
О12	5 Проточить поверхность под подшипник до $\phi 45,1 \pm 0,1$ мм на длину 22,5 мм															
Р13	См. переход 4															
О14	6 Снять деталь															
OK ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ																
Штанг																
Вал																
Пол																
													НВ 156..241			
Разраб													Вал главного сцепления		045	
Пол																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименов. операции			Обозначение документа								
Б	Код наименов. обработки				ОТ	Проф	Р	УТ	НР	НОМО	ЕН	ОП	Кшт	Тпа	Тшт	
К/М	Наименование дет. с/ед. или материала				Обозначение код											
М01	Сталь 20ХГНР ГОСТ 4543-77															
А01	030 Токарная															
Б02	Станок круглошлифовальный 3У10В															
О03	1 Установить деталь, закрепить															
ТО4	Приспособление установочное															
О05	2 Шлифовать поверхность под манжету до $\phi 50 \pm 0,1$															
ТО6	Круг шлифовальный ПВ $\phi 80 \times 50 \times 50$ С-4К ГОСТ 2424-83, микрометр МК-5-10															
Р07	$V_k = 30$ м/с; скорость вращения детали 10 м/мин; глубина резания 0,05 мм															
О08	3 Шлифовать поверхность под подшипник до $\phi 45 \pm 0,1$ мм															
ТО9	См. переход 2															
Р10	См. переход 2															
О11	4 Снять деталь															
OK ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА ШЛИФОВАНИЯ																





													HB240...250 лезвия 47...49 HRC			
Разработчик													Лемех		015	
Проверенный																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименов. операции				Обозначение документа							
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт	
	Наименование дет., сб.ед. или материала				Обозначение, код					Онп	ЕВ	ЕН	КИ	Нр		
М01	Сталь Л56 ГОСТ 977-88															
А02	015 Наплавочная													2,6		
Б03	Стол для электросварочных работ ОКС-1594А, сварочный выпрямитель ВД-301															
004	1 Положить лемех на стол															
005	2 Валики наносить непрерывно в один слой вдоль размеченной области с перекрытием на 1/3 ширины валика															
Т06	Электродержатель цеховой															
М07	Электрод Э-42А-УОНИ-13/55 ГОСТ9466-75, диаметр 3 мм															
Р08	I= 130...140 А; U=20...24В; v =0,25 см/с; полярность прямая															
009	3 Остудить деталь до температура 60...80° С															
ОК ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА НАПЛАВКИ																

													HB240...250 лезвия 47...49 HRC			
Разработчик													Лемех		020	
Проверенный																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименов. операции				Обозначение документа							
Б	Код, наименование оборудования				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт	
	Наименование дет., сб.ед. или материала				Обозначение, код					Онп	ЕВ	ЕН	КИ	Нр		
М01	Сталь Л56 ГОСТ 977-88															
А02	020 Наплавочная													2,6		
Б03	Стол для электросварочных работ ОКС-1594А, сварочный выпрямитель ВД-301															
004	1 Положить лемех на стол															
005	2 Валики наносить непрерывно вдоль наплавленной области до полного заплавления															
Т06	Электродержатель цеховой															
М07	Электрод Т-590 ГОСТ 10051-75, диаметр 4 мм															
Р08	I= 130...140 А; U=20...24В; v =0,25 см/с; полярность прямая															
ОК ОПЕРАЦИОННАЯ КАРТА НАПЛАВКИ																

#### Пример 4. Технико-экономическая оценка

1 Экономическая эффективность от внедрении разработанной технологии восстановления головки блока цилиндров двигателя ЗИЛ-508.10

Принятие решения о целесообразности применения в ремонтном производстве разработанного технологического процесса осуществляется после определения его экономической эффективности в сравнении с базовым вариантом.

Экономическая эффективность от внедрения разработанной технологии определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_B = \left( \frac{C_{\text{б.т.}} - C_{\text{ост.}}^{\text{б.т.}}}{P_{\text{б.т.}}} - \frac{C_{\text{н.т.}} - C_{\text{ост.}}^{\text{н.т.}}}{P_{\text{н.т.}}} \right) \cdot P_{\text{н.т.}}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_B$  – экономическая эффективность от внедрения разработанной технологии, руб.

$C_{\text{б.т.}}$  и  $C_{\text{н.т.}}$  – себестоимость восстановления детали по базовой и новой технологиям соответственно, руб.

$P_{\text{б.т.}}$  и  $P_{\text{н.т.}}$  – наработка детали, восстановленной по базовой и новой технологиям соответственно, тыс. км.

$C_{\text{ост.}}^{\text{б.т.}}$  и  $C_{\text{ост.}}^{\text{н.т.}}$  – остаточная стоимость после эксплуатации детали восстановленной по базовой и новой технологиям соответственно, руб.

Себестоимость отремонтированной головки блока цилиндров (ГБЦ) двигателя ЗИЛ-508.10 до внедрения разработанной технологии принимаем  $C_{\text{б.т.}} = 12500$  руб.

Новая технология восстановления ГБЦ в отличие от базовой исключает операции: «аргоно-дуговая наплавка», «термическая», и включает операции: «электродуговая металлизация», «микродуговое оксидирование», «шлифование».

Себестоимость операций восстановления определяется по формуле:

$$C = 3_3^o + 3_3^d + H_{\text{фот}} + C_a + C_{\text{тро}} + C_э + C_M + C_{\text{пр}} + C_{\text{ов}}, \quad (2)$$

где  $3_3^o$  – основная заработная плата рабочего, занятого на операции восстановления, руб.;

$3_3^d$  – дополнительная заработная плата рабочего, руб.;

$H_{\text{фот}}$  – сумма налогов, выплачиваемых из фонда оплаты труда, руб.;

$C_a$  – амортизационные отчисления за установку, руб.;

$C_{\text{тро}}$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание установки, руб.;

$C_M$  – затраты на материалы, используемые в восстановлении, руб.;

$C_3$  – затраты на силовую электроэнергию, руб.;  
 $C_{пр}$  – прочие цеховые расходы, руб.;  
 $C_{оу}$  – затраты на организацию и управление производством, руб.

Основная заработная плата рабочего, занятого на операции восстановления, определяется по формуле:

$$z_3^o = \frac{t_y \cdot C_ч}{60}, \quad (3)$$

где  $t_y$  – штучно-калькуляционное время выполнения операции, мин;  
 $C_ч$  – часовая тарифная ставка рабочего, занятого на операции.

Штучно-калькуляционное время выполнения операции определяется по формуле:

$$t_y = \frac{(t_o + t_{вп}) \cdot K_{по}}{\eta_{и} \cdot П_{д}}, \quad (4)$$

где  $t_o$  – основное время операции, мин;  
 $t_{вп}$  – вспомогательное непрерывное время, мин;  
 $K_{по}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное и подготовительно-заключительное время,  $K_{по} = 1,2$ ;  
 $\eta_{и}$  – коэффициент использования установки,  $\eta_{и} = 0,75..0,85$ ;  
 $П_{д}$  – количество деталей, одновременно подвергающихся обработке шт.

Дополнительная заработная плата рабочего составляет 30 % от основной. Сумма основной и дополнительной заработной платы составляет фонд оплаты труда (ФОТ):

$$ФОТ = z_3^o + z_3^д \quad (5)$$

Сумма налоговых отчислений определяется по формуле:

$$H_{фот} = K_c \cdot ФОТ, \quad (6)$$

где  $K_c$  – коэффициент, учитывающий отчисления в фонды социального страхования,  $K_c = 1,262$ .

Показатели, рассчитанные по формулам, приведенным выше, сводим в таблицу 1.

Амортизационные отчисления ( $C_a$ ) определяются по формуле:

$$C_a = \frac{B \cdot a}{100 \cdot A}, \quad (7)$$

где  $B$  – балансовая стоимость установки, руб.;  
 $a$  – годовые нормы амортизационных отчислений в % от балансовой стоимости оборудования;  
 $A$  – годовой объем ремонта ГБЦ, шт.

Принимаем годовой объем ремонта  $A=750$  шт.

Таблица 1 – Рассчитанные показатели заработной платы производственных рабочих по операциям

Наименование операции	Норма времени на выполнение, мин	Часовая тарифная ставка, руб.	Основная заработная плата за операцию, руб.	Дополнительная заработная плата за операцию, руб.	Налоговые отчисления, руб.
Аргоно-дуговая наплавка	12,78	111,0	23,64	7,09	38,78
Термическая	70	122,0	142,0	42,7	233,09
Электро-дуговая металлизация	18,76	120,0	37,52	11,26	61,56
Микродуговое оксидирование	105	120,0	210	63	344,53
Шлифовальная	22,9	118,0	45,03	13,51	73,88

Затраты на ремонт и техническое обслуживание установки составляют 30% от ее стоимости:

$$C_{\text{гро}} = \frac{B \cdot 0,30}{A} \quad (8)$$

Затраты на силовую энергию для выполнения операций определяются по формуле:

$$C_{\text{э}} = \frac{C_{\text{э}} \cdot P \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{р}}}{A \cdot \eta} \quad (9)$$

где  $P$  – максимальная мощность установки, кВт;

$\Phi_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени работы установки, ч;  
( $\Phi_{\text{д}}=1932$  ч.);

$K_{\text{в}}$  – коэффициент использования установки по времени  
( $K_{\text{в}}=0,5 \dots 0,75$ );

$K_{\text{р}}$  – коэффициент использования установки по мощности  
( $K_{\text{р}}=0,5 \dots 0,8$ );

$\eta$  – средний коэффициент полезного действия. Принимаем по паспорту ( $\eta = 0,75 \dots 0,85$ );

$C_{\text{э}}$  – стоимость 1 кВт электроэнергии, руб. ( $C_{\text{э}}=16$  руб.).

Стоимостные показатели затрат приходящиеся на эксплуатацию установки по операциям сводим в таблицу 2.

Таблица 2 – Стоимостные показатели затрат, приходящиеся на эксплуатацию установки

Наименование операции	Балансовая стоимость установки, руб.	Амортизационные отчисления, руб.	Затраты на ремонт и ТО установки, руб.	Затраты на силовую энергию для выполнения операции, руб.
Аргоно-дуговая наплавка	12000	2,88	4,8	914,5
Термическая	13400	3,22	5,36	352
Электро-дуговая металлизация	20000	4,8	8	1392
Микродуговое оксидирование	55000	13,2	22	4511
Шлифовальная	100000	24	40	573,35

Затраты на материалы, используемые при восстановлении, определяются по формуле:

$$C_M = \sum_{i=1}^{\lambda} g_i \cdot C_i, \quad (10)$$

где  $\lambda$  - количество наименований материалов, используемых при операции восстановления;

$g_i$  – норма расхода  $i$ -го материала, кг;

$C_i$  – цена 1 кг  $i$ -го материала, руб.

Норму расхода материала на деталь определяют по формуле:

$$g_i = 0,01 \cdot S \cdot h \cdot \gamma \cdot K, \text{ кг} \quad (6.11)$$

где  $S$  – площадь наращиваемой поверхности детали,  $\text{дм}^2$ ;

$h$  – толщина покрытия с учетом припуска на обработку, мм;

$\gamma$  – плотность материала (алюминий),  $\text{г/см}^3$  ( $\gamma = 2,7 \text{ г/см}^3$ );

$K$  – коэффициент, учитывающий неизбежные потери материала ( $K=1,1$ ).

Полученные результаты сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Стоимость ремонтных материалов

Наименование операции	$S, \text{дм}^2$	$h, \text{мм}$	$g, \text{кг}$	$C, \text{руб.}$	Общая стоимость, руб.
Аргоно-дуговая наплавка	7,32	3,6	0,78	224	174,72
Электродуговая металлизация	7,32	3,5	0,76	224	170,44
Микродуговое оксидирование	7,32	3,0	0,65	490	318,50

Прочие цеховые расходы составляют:

$$C_{ПР} = 0,05 \cdot (\Phi OT + H_{\Phi OT} + C_A + C_{ГР} + C_{Э} + C_M), \quad (12)$$

Затраты на организацию и управление производством составляют 200% фонда оплаты труда рабочих:

$$C_{ОУ} = \frac{200 \cdot \Phi OT}{100}. \quad (13)$$

Себестоимость восстановления ГБЦ по разработанной технологии будет равна:

$$C_{н.т.} = C_{б.т.} - C_{а.д.} - C_{мер.} + C_{ЭДМ} + C_{МДО} + C_{ш} + K, \quad (14)$$

где  $K$  – удельные капитальные вложения, связанные с приобретением нового оборудования.

Удельные капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = \frac{C_K}{A}, \quad (15)$$

где  $C_K$  – сумма капитальных вложений, руб.

Сумма капитальных вложений, связанных с приобретением нового оборудования определяется по формуле:

$$C_K = \sum_1^i (C_0 + \mu_H + T_D), \quad (6.16)$$

где  $C_0$  – стоимость приобретения оборудования, руб.;

$\mu_H = (0,2 \dots 0,25) \cdot C_0$  – затраты на монтаж и наладку оборудования, руб.;

$T_D = (0,1 \dots 0,25) \cdot C_0$  – затраты по доставке оборудования, руб.

Результаты расчетов сводим в таблицу 4.

Таблица 6.4 – Сумма капитальных вложений, связанных с приобретением нового оборудования

Наименование оборудования	Кол., шт.	Стоимость приобрет., тыс.руб.	Затраты на монтаж, тыс. руб.	Затраты по доставке, тыс. руб.	Дополнительные капитальные вложения, тыс. руб.
1. Установка МДО	1	55	11	5,5	715
2. Электропечь СШЦ-4,6/10	1	13,4	2,68	1,34	174,2
Итого					889,2

$$K = \frac{889200}{750} = 1185,6 \text{ руб.}$$

$C_{н.т} = 12500 - 2110 - 245,89 + 546,41 + 1121,6 + 264,42 + 1185,6 = 10000$  руб.  
 Остаточную стоимость детали определяют по цене металлолома:

$$C_{ост.}^{б.т.} = C_{ост.}^{н.т.} = C_{л} \cdot M, \quad (17)$$

где  $C_{л}$  – цена 1 кг металлолома, руб. ( $C_{л}=210$  руб.);

$$C_{ост.}^{б.т.} = C_{ост.}^{н.т.} = 210 \cdot 10 = 2100 \text{ руб.}$$

Экономическая эффективность от внедрения разработанной технологии при программе ремонта 750 шт. составит:

$$\mathcal{E}_B = \left( \frac{12500 - 2110}{80} - \frac{10000 - 2110}{150} \right) \cdot 150 = 11591,25 \text{ тыс.руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}_B} = 0,16 \text{ года.}$$

Показатели технико-экономической эффективности при упрочнении микродуговым оксидированием восстановленных электродуговой металлизацией привалочной плоскости головок блока цилиндров двигателя ЗИЛ-508.10 представлены в таблице 5.

Таблица 6.5 – Показатели технико-экономической эффективности при упрочнении МДО восстановленной ЭДМ привалочной плоскости головок блока цилиндров двигателя ЗИЛ-508.10

Показатели	Значения	
	Базовый вариант	Новый вариант
Годовой объем восстанавливаемых головок блока цилиндров двигателя ЗИЛ-508.10, шт.	750	750
Дополнительные капитальные вложения, связанные с приобретением нового оборудования, тыс. руб.	-	889,2
Удельные капитальные вложения для восстановления головок блока цилиндров двигателя ЗИЛ-508.10, руб.	-	1185,6
Себестоимость восстанавливаемых головок блока цилиндров двигателя ЗИЛ-508.10, руб.	12500	10000
Ресурс, тыс. км	80	150
Сравнительный экономический эффект при внедрении новой технологии восстановления головок блока цилиндров двигателя ЗИЛ-508.10, тыс. руб.	-	11591,25
Срок окупаемости дополнительных	-	0,16

капитальных вложений, лет		
---------------------------	--	--

Ожидаемый экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии составит свыше 11591 тыс. руб. при программе ремонта 750 головок блока двигателя ЗИЛ-508.10, что подтверждает целесообразность внедрения разработанной технологии в ремонтное производство.

На основании проведенных исследований разработана технология восстановления головок блока цилиндров двигателя ЗИЛ-508.10. Эта технология обеспечивает качество восстановленных деталей по геометрическим параметрам, физико-механическим и эксплуатационным свойствам не ниже качества новых деталей.

## *2 Расчет экономического эффекта от внедрения процесса восстановления посадочных мест под клапан головок блока цилиндров дизеля ЯМЗ*

На ремонтных предприятиях посадочные места под клапан, как правило, восстанавливаются несколькими способами, указанными выше. Для расчета экономического эффекта от внедряемого процесса необходимо сравнить его с базовым. Программа восстановления 500 штук. Стоимость новой головки блока цилиндра составляет около 2150 руб.

Расчет экономического эффекта от внедрения разработанного технологического процесса восстановления по сравнению с ценой новой детали производится по формуле по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = \left( h_Д \cdot Ц_Н - (C_В + E_Н \cdot K) \right) \cdot N_Г, \quad (1)$$

где  $h_Д$  - коэффициент учета затрат на доставку новых деталей на ремонтное предприятие ( $h_Д = 1,1$ );

$Ц_Н$  - стоимость новой детали, руб. ( $Ц_Н = 2150$  руб.);

$C_В$  - себестоимость восстановления, руб./шт.;

$E_Н$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ( $E_Н = 0,25$ );

$K$  - удельные капитальные вложения, руб./шт.;

$N_Г$  - годовая программа ремонта, шт.

Стоимость восстановления седел клапанов определяется по формуле:

$$C_В = C_З + C_М + C_а + C_Э + C_Н + C_{рф}, \quad (2)$$

где  $C_З$  - зарплата производственных рабочих, руб.;

$C_М$  - стоимость основных материалов, руб.;

$C_а$  - амортизационные отчисления, руб.;

$C_Э$  - затраты на электроэнергию, руб.;

$C_H$  - накладные расходы;

$C_{рф}$  - стоимость ремонтного фонда, руб.

Заработная плата определяется из выражения:

$$ЗП_о = \sum T_i \cdot C_{\text{час}}, \quad (3)$$

где  $C_{\text{час}}$  – средняя часовая тарифная ставка рабочих, р./час (80 руб);

$T_i$  – трудоемкость выполнения работ по восстановлению посадочных мест под клапан, чел.-ч.;

Налог, выплачиваемый ремонтным предприятием ЕСН:

где ЕСН – единый социальный налог ЕСН=26%

Заработная плата производственных рабочих:

Трудоёмкость работ по восстановлению одной головки равна 1,6 чел.-ч.

Основная заработная плата производственных рабочих:

$$ЗП_о = 1,6 \cdot 80 = 128 \text{ руб.}$$

Тогда ЕСН

$$ЕСН = (ЗП_о + ЗП_д) \times 0,26 \quad (4)$$

Дополнительная заработная плата будет равна:

$$ЗП_д = ЗП_о \frac{K_д}{100}, \quad (5)$$

где  $K_д$  - коэффициент дополнительной платы для условий завода 10%.

Тогда

$$ЗП_д = 128 \frac{10}{100} = 12,8 \text{ руб.}$$

$$ЕСН = (128 + 12,8) \times 0,26 = 36,608 \text{ руб.}$$

Следовательно, фонд оплаты труда  $\Phi_{от}$  будет равен:

$$\Phi_{от} = (ЗП_о + ЗП_д) + ЕСН \quad (6)$$

$$\Phi_{от} = (128 + 12,8) + 36,608 = 177,408 \text{ руб.}$$

Стоимость материала, который уйдет на восстановление, примерно равна 100 рублей на посадочное место. Так как в головке блока цилиндров их четыре, следовательно, расход будет равен 400 рублей.

Таблица 1 – Себестоимость оборудования

Оборудование	Цена, руб.
Сверлильный станок	300000
Фрезерный станок	682000
Пресс гидравлический	380000
Сушильный шкаф	380000

Амортизационные отчисления ( $C_a$ ) определяются по формуле:

$$C_a = \frac{B \cdot a}{100 \cdot N}, \quad (7)$$

где  $B$  - балансовая стоимость установки, руб;

$a$  - годовые нормы амортизационных отчислений в % от балансовой стоимости оборудования;

$N$  - программа.

Балансовая стоимость установки для работ на слесарном участке составляет около 1400000 руб.

Годовые нормы для амортизационных отчислений составят  $a=6,5\%$ .

$$C_a = \frac{1400000 \cdot 6,5}{100 \cdot 500} = 182 \text{руб}$$

Сверлильный станок потребляет мощность 2,2 кВт. На всю операцию уходит 30 минут (0,50 ч.), фрезерный станок потребляет 4,2 кВт; на операцию уходит 15 минут (0,25 ч.), сушильный шкаф потребляет 4 кВт на прогрев уходит 15 минут (0,25ч.), пресс гидравлический потребляет 2,5 кВт, на запрессовку уходит 10 минут (0,16ч.)

Стоимость электроэнергии будет рассчитываться:

$$C_э = \theta_э \cdot Ц_э, \quad (8)$$

$$\theta_э = (2,2 \cdot 0,5) + (4,2 \cdot 0,25) + (4 \cdot 0,25) + (2,5 \cdot 0,16) = 3,55 \text{кВт.}$$

где  $\theta_э$  - расход электроэнергии;

$Ц_э$  - тариф электроэнергии за кВт.

Стоимость электроэнергии будет равна:

$$C_э = 3,55 \cdot 2 = 7,1 \text{руб.}$$

Накладные расходы принимаются в процентном соотношении к заработной плате:

$$C_H = C_з \cdot \frac{R_H}{100}, \quad (9)$$

где  $C_з$  - заработная плата основных производственных рабочих, руб.;

$R_H$  - процент накладных расходов, принимаемый равным 150-220%.

$$C_H = 177,408 \cdot \frac{150}{100} = 354,816 \text{руб}$$

Стоимость ремонтного фонда вычисляется:

$$C_p = \frac{100 - I}{100} C_{\Pi}, \quad (10)$$
$$C_p = \frac{100 - 84}{100} 2150 = 344 \text{руб.}$$

где  $I=84\%$  - износ при 13800 мото-ч.

$C_{\Pi}$  - цена новой детали.

Себестоимость восстановления посадочных мест под клапан будет равна:

$$C_B = 128 + 360,71 + 182 + 7,1 + 354,81 + 344 = 1376,62 \text{руб.}$$

Удельные капитальные вложения составят:

$$K = \frac{C_K}{N}, \quad (11)$$

где  $C_K$  - сумма капитальных вложений, руб;

$N$  - годовая программа, шт.

$$K = \frac{1400000}{500} = 2800 \text{руб/шт.}$$

Стоимость восстановления посадочного места будет равна:

$$C_B = 177,408 + 400 + 182 + 7,1 + 266,112 + 344 = 1376,62 \text{руб}$$

Годовой экономический эффект от внедрения технологий восстановления по сравнению с ценой новой детали будет равен:

$$\mathcal{E}_Г = (1,1 \times 2150 - (1376,62 + 0,25 \times 2800)) \times 500 = 144190 \text{руб}$$

На одну головку:  $\mathcal{E}_Г = 144190 / 500 = 288,38 \text{руб}$

Планируемая прибыль от внедрения процесса восстановления головки находится по формуле:

$$\Pi = (C_{\Pi} - C_B) \cdot N_{Г}, \quad (12)$$

$$\Pi = (2150 - 1376,62) \cdot 500 = 386,69 \text{руб}$$

На одну головку:  $\Pi = 386,69 / 500 = 773,38 \text{руб}$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений (в расчете на одну головку):

$$T = \frac{1400000}{451190} = 3,6 \text{ года}$$

Фактический коэффициент эффективности капитальных вложений (в расчете на одну головку):

$$E_{\Phi} = \frac{\Delta \Pi}{\Delta \Pi_{н}}, \quad (13)$$

$$E_{\Phi} = \frac{288,38}{773,38} = 0,37.$$

Фактический коэффициент эффективности капитальных вложений больше (меньше) нормативного ( $E_{н} = 0,25$ ), а значит, новая методика эффективна.

Таблица 2 – Техничко-экономические показатели

Показатели	Значения	
	базовый вариант	проектируемый вариант
Годовая программа восстановления, шт.	-	500
Дополнительные капитальные вложения, тыс. руб.	-	1400
Себестоимость восстановления, руб.	2150	1376,62
Годовой экономический эффект от внедрения технологии, тыс. руб.	-	144,19
Планируемая прибыль от внедрения процесса восстановления головки, руб.	-	773,38
Срок окупаемости, лет	-	3,6
Коэффициент эффективности капитальных вложений	-	0,37

### *3 Расчет экономической эффективности от внедрения технологического процесса восстановления распределительного вала*

Расчет экономической эффективности от внедрения технологии восстановления и упрочнения распределительного вала электроконтактной пайкой ленты из стали 50ХФА через припой ПГ-СРЗ выполнен в соответствии с рекомендуемыми методиками.

Структура и свойства припаянного слоя обеспечивают необходимые требования к поверхности шеек для эксплуатации распределительного вала в составе двигателя. Результат применения выбранной технологии удовлетворяет потребностям заказчика, т.е. восстановленный распределительный вал имеет те характеристики, которые требовались заказчику.

Ремонтное государственное предприятие имеет постоянный спланиро-

ванный прием изношенных распределительных валов на восстановление и их сбыт. Ёмкость рынка ориентировочно составляет 2500 шт. в год.

В сравнении с базовым вариантом (покупка нового распределительного вала) восстановление вала предложенным методом является более выгодным, так как оно обеспечивает необходимые характеристики распределительного вала, а также требует меньших денежных затрат.

#### 1 Оценка издержек производства и расчет себестоимости

Результатом оценки издержек является себестоимость восстановленного распределительного вала.

Расчет себестоимости представлен в таблицах 1 -6.

##### 1.1 Расчет тарифной зарплаты производственного персонала

Тарифная ставка первого разряда является основной, она задает уровень ставок для других разрядов и, следовательно, общий уровень заработной платы рабочих, оплачиваемых по данной тарифной сетке.

Для расчета зарплаты рабочего другого разряда необходимо тарифную ставку первого разряда умножить на тарифный коэффициент (К) соответствующего разряда (для третьего разряда  $K=1,29$ ; для четвертого разряда  $K=1,48$ ; для пятого разряда  $K=1,71$ ).

Таблица 1 - Спецификация основных технологических операций

Операция	Содержание	Оборудование
Очистка	Очистить и промыть вал в растворе моющего средства	Установка моечная ОМ-14251
Дефектовочная	Дефектовать вал	Дефектоскоп МД-50П
Слесарная (правка)	Править вал	Пресс 176324
Токарная	Править фаски центровых отверстий	Станок 16К20
Круглошлифовальная	Шлифовать	3М 152МВМ
Подготовительная	Подготовить присадочный материал	Верстак С44-0087
Сварочная	Припаять	Установка 011-1-02 «Ремдеталь»
Круглошлифовальная	Шлифовать	3М 152МВМ
Полировочная	Полировать	Полировальный полуавтомат 3845
Контрольная	Проверить параметры вала	Верстак слесарный ОРГ-1468-01
Консервация	Покрыть обработанные поверхности консервационным маслом	Верстак слесарный ОРГ-1468-01

Тарифная ставка для первого разряда ( $m$ ) считается по формуле:

$$m = \frac{M_3}{P_m}, \quad (1)$$

где  $M_3$  – месячная зарплата рабочего первого разряда, руб.;

$P_m$  – число рабочих часов в месяце;

Принимаем месячную зарплату рабочего первого разряда 3500 руб.

Число рабочих часов в месяце 165 ч.

Получаем:

$$m = \frac{3500}{165} = 21,2 \text{ руб./час.}$$

Для третьего разряда:  $m_3 = m \times 1,29 = 27,4 \text{ руб./час.}$

Для четвертого разряда:  $m_4 = m \times 1,48 = 31,4 \text{ руб./час.}$

Для пятого разряда:  $m_5 = m \times 1,71 = 36,3 \text{ руб./час.}$

Тарифная заработная плата ( $T_3$ ) рассчитывается по формуле:

$$T_3 = T_{шт} \times m \times K, \quad (2)$$

где  $T_{шт.}$  – норма времени, задается для каждой операции, мин;

$K$  – тарифный коэффициент.

Получаем:  $T_3 = T_{шт} \times m \times K$  (см. таблицу 2)

Таблица 2 - Расчет тарифной зарплаты производственного персонала

Наименование технологической операции	Разряд рабочего	Тариф. коэф. эффициент.	Норма времени $T_{шт}$ , час ед. раб. час	Часовая тарифная ставка, руб./час	Тарифная зарплата, $T_3$ , руб.
Моечная	3	1,29	0,08	27,4	2,83
Дефектовочная	4	1,48	0,08	31,4	3,72
Слесарная (правка)	4	1,48	0,07	31,4	3,25
Токарная	4	1,48	0,13	31,4	6,04
Круглошлифовальная	5	1,71	0,23	36,3	14,28
Подготовительная	4	1,48	0,17	31,4	7,90
Сварочная	3	1,29	0,14	27,4	4,95
Круглошлифовальная	5	1,71	0,32	36,3	19,86
Полировочная	5	1,71	0,07	36,3	4,35
Контрольная	4	1,48	0,13	31,4	6,04
Консервация	3	1,29	0,17	27,4	6,01
Заработная плата основная					79,23
Заработная плата дополнительная (9% от основной)					7,13
Итого					86,36

$$ЗП = (ЗП_о + ЗП_д) + \frac{26\%(ЗП_о + ЗП_д)}{100}, \quad (3)$$

где ЗПо – основная заработная плата, руб.;

ЗПд – дополнительная заработная плата, руб. (9 %);

В ЕСН = 26 %.

ЗП=(79,23+7,13)+(26%(79,23+7,13)/100)=105,75 - на одну деталь.

## 2.2 Расчет затрат на инструмент и сырье

Исходя из цены за единицу наименования и нормы расхода на одну деталь (распределительный вал), считается сумма в рублях на изделие. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

## 2.3 Расчет затрат на ремонт основного технологического оборудования

В данном случае затраты на капитальный ремонт рассчитываются:

$$C_{Pi} = \frac{\frac{K_{оп} \times O_i \times p}{100}}{Q_{г.з.}}, \quad \text{руб./ед.изд.} \quad (4)$$

где  $K_{о.тi}$  – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

$O_i$  – количество технологического оборудования;

$p$  – годовая норма на ремонт оборудования, %;

$Q_{г.з.}$  – годовое количество изделий, запускаемых в производство, шт./год.

Таблица 3 - Затраты на инструменты и сырьё

Наименование	Норма расхода на деталь	Цена за единицу руб.	Сумма на изделие, руб.
<b>Инструмент</b>			
Шлифовальный круг	1/100000 шт.	3000	0,03
Резец проходной упорный ВК8	1/50 шт.	25	0,5
Резец проходной отогнутый упорный ВК8	1/50 шт.	30	0,6
Сверло Ø6 ВК8	1/8 шт.	30	3,75
Зенковка Ø9 ВК8	1/10 шт.	35	3,5
Круг полировальный	1/100 шт.	30	0,3
Итого:			8,68
<b>Сырье</b>			
Средство моющее синтетическое	0,91кг	8,06	7,33
Моющее средство «Лабомид 101»	0,08 кг	8,58	0,69
Моющее средство «Лабомид 203»	0,08 кг	10,4	0,83

Технический вазелин	0,010 кг	40	0,4
Порошок ПГ-СР	0,050 кг	370	18,5
Лента из стали 50ХФА	0,240 кг	32	7,68
Паста полировочная	0,06 кг	19,89	1,19
Масло консервационное	1,28 кг	16,77	21,47
Итого:			58,09

Годовые нормы ремонтных отчислений пропорциональны ремонтосложности соответствующей группы оборудования.

Результаты расчета затрат на ремонт оборудования представлены в таблице 4.

Таблица 5.4 - Затраты на капитальный ремонт основного технологического оборудования

Наименование оборудования	Цена, руб.	p, %	Руб.
Установка моечная ОМ-14251	20000	6	1200
Станок круглошлифовальный 3М152МВМ	466420	6	27985,2
Установка 011-1-02 «Ремдеталь»	180000	6	10800
Пресс гидравлический П6328	116740	6	7004,4
Станок токарно-винторезный 16К20К	156000	6	9360
Станок настольно-сверлильный НС12А	8900	6	534
Полировальный полуавтомат 3845	49400	6	2964
Итого:			59847,6

Из расчета на одну единицу:  $59847,6/2500=23,94$  руб.

#### 2.4 Расчет затрат на амортизацию технологического оборудования

Затраты на амортизацию оборудования рассчитывается по линейному методу по формуле:

$$S_{ам} = K_{ам} \times S_{об}, \quad (5)$$

где  $S_{ам}$  – месячная амортизация;

$S_{об}$  – балансовая стоимость единицы оборудования, руб.;

$K_{ам}$  – коэффициент амортизации:

$$K_{ам} = 1/n_{мес}, \quad (6)$$

где  $n_{мес}$  – количество месяцев службы оборудования.

Нормы амортизации обратно пропорциональны средним срокам службы соответствующих групп оборудования.

$$S_a = \frac{S_{ам}}{N}, \quad (7)$$

где  $S_a$  – амортизация на одно изделие;

$N$  – количество изделий в месяц (208 шт.).

Результаты расчета затрат на амортизацию оборудования представлены в таблице 5.

Таблица 5.5 - Амортизация основного технологического оборудования

Наименование оборудования	Цена, руб.	$K_{ам}$	$S_a$ , руб.	Норма амортизации (5...6%)
Установка моечная ОМ-14251	20000	0,0167	1,60	1000
Станок круглошлифовальный 3М152МВМ	466420	0,0167	37,45	23321
Установка 011-1-02 «Рем-деталь»	180000	0,0167	14,45	9000
Пресс гидравлический П6328	116740	0,0167	9,37	5837
Станок токарно-винторезный 16К20К	156000	0,0167	12,53	7800
Станок настольно-сверлильный НС12А	8900	0,0167	0,72	445
Полировальный полуавтомат 3845	49400	0,0167	3,97	2470
Итого:			80,09	49873

Находим месячную амортизацию оборудования:

$$A_{мес.} = \frac{A_{год}}{12} = \frac{49873}{12} = 4156,1 \text{ , руб.}$$

Амортизация на одну деталь:

$$A = \frac{A_{мес.}}{208} = \frac{4156,1}{208} = 19,98 \text{ , руб.}$$

## 2.5 Расчет затрат на энергию

Исходя из цены за единицу и годового расхода энергии (при размере партии 2500 шт./год), считаем сумму в рублях на одно изделие. Результаты расчетов в таблице 5.6.

## 2.6 Расчет себестоимости изделия

Себестоимость изделия складывается из затрат рассчитанных и представленных в таблицах 2 - 6. Результат суммирования всех статей затрат представлен в таблице 7.

Таблица 5.6 - Затраты на энергию

Вид энергии	Годовой расход	Цена за единицу, руб.	На изделие, руб.
Производственные нужды			
Электроэнергия	54 тыс.кВт.ч	1,3	0,06
Вода	3,5 тыс.м3	7,3	10,22
Стоки	2 тыс.м3	2,5	3,125
Сжатый воздух	25 тыс.м3	0,4	0,040
Итого: 13,39			
Хозяйственно-бытовые службы			
Электроэнергия (35 % от произ.)	18,9 тыс.кВт.ч	1,3	0,17
Вода	2,1 тыс.м3	7,3	6,132
Стоки	2,1 тыс.м3	2,5	2,976
Итого: 9,278			
Всего: 22,67			

Таблица 5.7 - Калькуляция себестоимости

№ поз.	Наименование статей затрат	Сумма руб.
1	Сырье и материалы	58,09
2	Энергия	22,67
3	Инструмент	8,68
4	Основная зарплата производственных рабочих	79,23
5	Дополнительная зарплата производственных рабочих (9% от 4)	7,13
6	Отчисления на социальные нужды (26% от 4+5)	24,53
7	Амортизация основного технологического оборудования	19,98
8	Ремонт основного технологического оборудования	23,94
9	Цеховые расходы (120% от 4+5)	113,22
10	Общезаводские расходы (70% от 4+5)	66,05
11	Итого себестоимость:	423,52

## 2.7 Расчет годовой экономической эффективности

Годовой экономической эффект определяем по формуле:

$$\mathcal{E}_z = \left[ C - \left( \frac{T_n}{T_p} \cdot C_p + C_{ост} + E_n \cdot K_y \right) \right] \cdot O_{np} \quad (8)$$

где  $C$  – цена новой детали, руб.

$T_n$  – ресурс новой детали, час.

$T_p$  – ресурс восстановленной детали, час.

$C_p$  – себестоимость ремонта, руб.

$C_{ост}$  – остаточная стоимость, руб.

$K_y$  – удельные капиталовложения в расчете на 1 ед.

Опр – объем производства, шт.

$E_n$  – нормативный коэффициент (0,25)

Находим удельные капиталовложения

$$K_y = \frac{K}{N} \quad (9)$$

где  $N$  – годовая программа, шт.

$$K_y = \frac{2178710}{2500} = 871,4 \text{ руб./ед.}$$

$$\mathcal{E}_z = \left[ 24000 - \left( \frac{250000}{150000} \cdot 432 + 19200 + 0,25 \cdot 871 \right) \right] \cdot 2500 = 9730000 \text{ руб.}$$

Полученные результаты сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчета экономической эффективности

ПОКАЗАТЕЛИ	ЗНАЧЕНИЯ
Себестоимость восстановления вала, руб.	432,52
в том числе:	
- сырье и материалы	58,09
- энергия	22,67
- инструмент	8,68
- основная зарплата производственных рабочих	78,23
- дополнительная заработная плата производственных рабочих	7,13
- отчисления на социальные нужды	24,53
- амортизация основного технологического оборудования	19,98
- ремонт основного технологического оборудования	23,94
- цеховые расходы	113,22
- общезаводские расходы	66,05
Капитальные вложения на создание участка, руб.	1181250
Остаточная стоимость вала, руб.	19200
Нормативный коэффициент эффективности	0,25
Программа ремонта:	500
Цена нового вала, руб.	1000
Годовая экономическая эффективность (500 шт.):	2500
	24000
$\mathcal{E}_z = \left[ Ц - \left( \frac{T_n}{T_p} \cdot C_p + C_{ост} + E_n \cdot K_y \right) \right] \cdot O_{пр}$	1946000
Срок окупаемости, год:	0,6
Ток= $K_y/\mathcal{E}_z$	

Методические указания

Тюрева Анна Анатольевна  
Козарез Ирина Владимировна

# **Проектирование технологических процессов ремонта и восстановления**

Редактор Павлютина И.П.  
Компьютерная верстка Егорова Т.А.

---

Подписано к печати . . . 201 г.      Формат 60x84 1/16.      Бумага печатная.  
Усл. п.л. 10,52.      Тираж 100.      Издат. №

---

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии  
243365. Брянская обл., Выгоничский р-он., с. Кокино, Брянская ГСХА