



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

**Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»**

# **ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Методические указания  
к выполнению практических работ**

**Минск  
БНТУ  
2015**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

## ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Методические указания  
к выполнению практических работ  
для студентов специальности 1-37 01 07 «Автосервис»

Минск  
БНТУ  
2015

УДК 629.113.002(075.8)

ББК 39.33-08

В77

Составители:

В. С. Ивашко, А. В. Казацкий, К. В. Буйкус

Рецензенты:

О. Г. Девойно, В. А. Лойко

В методических указаниях приведены содержание и порядок выполнения практических работ по дисциплине «Восстановительные технологии».

© Белорусский национальный  
технический университет, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Практическая работа № 1. Технические требования на дефектовку детали и разработка ремонтного чертежа.....	7
Практическая работа № 2. Обоснование и выбор способа восстановления детали.....	16
Практическая работа № 3. Разработка вариантов маршрутов восстановления и маршрутного технологического процесса.....	21
Практическая работа № 4. Техническое нормирование технологических операций восстановления деталей.....	24
Практическая работа № 5. Техническое нормирование технологических операций механической обработки.....	40
Практическая работа № 6. Расчет экономических показателей и себестоимости восстановления детали.....	49
Практическая работа № 7. Организация рабочих мест и разработка планировочного решения.....	54
Список использованных источников.....	60

## ВВЕДЕНИЕ

Прогресс в эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте автомобилей зависит от многих факторов, однако доминирующими являются современные технологические процессы технической эксплуатации, ремонта и восстановления деталей и наличие высококвалифицированных кадров, способных реализовать достижения науки и техники.

Происходящие изменения в экономике страны предполагают и обуславливают необходимость успешного развития науки и техники. Развитие науки и разработка прогрессивных технологий невозможны без квалифицированных специалистов в различных отраслях экономики. Автомобильный транспорт является тем звеном, без которого нет связи производителя с потребителем. Мобильность автомобильного транспорта, в отличие от других видов транспорта, делает его необходимым и приоритетным. Поэтому обеспечение работоспособности и увеличение срока службы автомобилей являются важнейшими задачами в области технической эксплуатации и восстановления деталей.

Квалифицированные специалисты должны обладать достаточным запасом знаний для решения вопросов технической эксплуатации и ремонта автомобилей, разработки новых технологий. Все это предполагает и вызывает необходимость на базе имеющихся знаний в общих вопросах технической эксплуатации и ремонта вести подготовку по отдельным направлениям.

Поддержание автомобильного парка на высоком уровне, четкая, ритмичная работа автотранспортных и ремонтных организаций автомобильного транспорта (АТО АТ и РО АТ) в значительной мере определяются возможностью удовлетворения их потребностей в запасных частях. В современных экономических условиях автомобильный транспорт, занимающийся перевозками грузов и пассажиров, по принадлежности можно разделить на четыре группы:

- 1) автотранспортные организации коммерческих перевозчиков (АТ ОКП);
- 2) индивидуальные предприниматели (ИП) и частные автотранспортные организации (ЧАТО);
- 3) АТО Министерства транспорта и коммуникаций, АТО предприятий (АТОП).

По данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, соотношение по объемам перевозок выглядит следующим образом:

АТО КП – около 28 % грузов и 9,5 % пассажиров;

ИП и ЧАТО – около 3,4 % грузов;

АТО Министерства транспорта и коммуникаций – около 24 % грузов и 70,3 % пассажиров.

Ведомственным транспортом (АТОП) перевозится около 44 % грузов. Поэтому поддержание автомобилей в технически исправном состоянии для АТО КП, ИП и ЧАТО, других организаций, не имеющих развитой производственно-технической базы (ПТБ), является постоянным вопросом и реализуется в основном за счет больших затрат на запасные части и неоправданных потерь из-за недостаточной квалификации исполнителей работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей. Эти обстоятельства усугубили проблему запчастей: в первую очередь из-за их высокой стоимости, во вторую – по причине дефицита. Выпуск новых изделий ограничивается лимитами металла и других материалов, а также производственными возможностями автомобильной промышленности, организацией ремонтного производства и автомобильного транспорта. Автомобильный парк республики характеризуется многими моделями и большим возрастом автомобилей: около 50 % автомобилей эксплуатируется более 10 лет, что также ведет к необходимости решения этой проблемы. Учитывая упомянутые факторы, к решению данного вопроса необходимо подходить не только за счет увеличения выпуска новых запасных частей, но и за счет восстановления изношенных, многократно заменяемых деталей в процессе эксплуатации автомобилей (сохранивших свойства долговечности и ремонтпригодности).

Авторемонтное производство, как структурная составляющая в системе автомобильного транспорта с направленностью на предметную специализацию, в современных условиях уступает свои позиции ремонту автомобилей агрегатным методом в организациях автомобильного транспорта (АТО АТ и РО АТ). Реализация этого метода основана на проведении цикла ремонтно-восстановительных работ с учетом ресурса базовых деталей. Остальные детали должны восстанавливаться или заменяться.

В этих условиях большое внимание необходимо уделять экономному использованию материальных средств, развитию работ по централизованному восстановлению деталей в специализированных организациях централизованного восстановления деталей (ОЦВД), на участках, в цехах РО АТ или отдельно взятых организациях автомобильного транспорта: АТО АТ, организациях автосервиса (ОАС), организациях централизованного технического обслуживания и ремонта (ОЦТОР). Для этого в каждом конкретном случае необходимо:

- определить номенклатуру восстанавливаемых деталей с учетом ремонтпригодности;

- обосновать и выбрать доступный способ восстановления по техническому и экономическому критериям;

- обосновать возможность реализации в условиях организаций автомобильного транспорта с учетом критерия применимости не только для детали, но и с учетом возможности использования имеющегося оборудования, оснастки, специалистов;

- конкретизировать технологические процессы, освоенные в производстве, и предложить проектные решения на основе новых достижений в науке и технике для реализации в системе организаций автомобильного транспорта.

## *Практическая работа № 1*

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ НА ДЕФЕКТОВКУ ДЕТАЛИ И РАЗРАБОТКА РЕМОНТНОГО ЧЕРТЕЖА**

#### **Цель работы**

1. Дать характеристику детали, разработать технические требования на ее дефектовку.
2. Приобрести практические навыки по разработке ремонтного чертежа восстановления детали.

#### **Характеристика детали и технические требования на ее дефектацию**

Характеристика детали включает:

- наименование и номер детали по каталогу;
- назначение детали, ее конструктивные особенности и местонахождение в узле;
- марку материала детали и номер стандарта;
- химический состав и механические свойства материала детали;
- вид термической обработки подлежащих восстановлению поверхностей, глубину обработки и твердость;
- возможность обработки материала детали резанием, давлением, сваркой и пр. (данные обосновать);
- габаритные размеры: длину, диаметр (ширину и высоту), массу детали.

Эти данные имеются в руководствах по капитальному ремонту автомобилей, рабочих чертежах деталей, учебниках по устройству автомобилей.

Исходным документом для разработки технологического процесса восстановления детали является «Карта технических требований на дефектацию детали» (табл. 1.1), в которой приводятся чертеж, общие сведения о детали, перечень возможных ее дефектов, способы их выявления, номинальные и допустимые без ремонта размеры отдельных поверхностей и рекомендуемые способы устранения дефектов.

Таблица 1.1

Карта технических требований на дефектацию детали						
Деталь (сборочная единица)						
Эскиз детали				Номер детали (сборочной единицы):		
				Материал:		
				Твердость:		
Позиция на эскизе	Возможные дефекты	Коэффициент повторяемости дефекта	Способ установления дефекта и средства контроля	Размер, мм		Заключение (с указанием возможных способов восстановления или браковать)
				по рабочему чертежу	допустимый без ремонта	
10	28	10	35	25	25	42

Для полного представления о дефектах детали, точности восстанавливаемых поверхностей, а также определения способов восстановления выполняется ремонтный чертеж, составной частью которого является «Карта технических требований на дефектацию детали».

### Правила выполнения ремонтных чертежей

Ремонтные чертежи выполняются:

для конкретизации отдельных операций технологических процессов ремонта и восстановления деталей и сборочных единиц (неразъемные составные части изделия);

при необходимости изготовления дополнительных ремонтных деталей (ДРД);

для изготовления оригинальных деталей в случаях, когда их выпуск в качестве запасных частей не предусмотрен.

На неразъемные составные части, выполненные сваркой, пайкой и т. п., технической документацией на изделие отдельные чертежи не предусмотрены. Указания по ремонту таких деталей приводят на ремонтном чертеже соответствующей сборочной единицы с добавлением отдельных изображений, поясняющих сущность ремонта.

На ремонтных чертежах приводят только те виды, разрезы и сечения, которые необходимы для конкретизации процесса ремонта элементов. При этом обязательно выполняется хотя бы одна проекция общего вида.

На ремонтном чертеже приводят размеры и параметры (шероховатость, твердость, допуски формы и расположения и т. п.) только тех элементов детали, которые подвергаются ремонтному воздействию и должны быть выполнены или проконтролированы в процессе ремонта или сборки изделия.

На ремонтных чертежах поверхности, подлежащие ремонтному воздействию, выполняют сплошной основной линией, остальные элементы изображения – сплошной тонкой линией.

Использование способа дополнительной ремонтной детали при ремонте и восстановлении сопровождается выполнением сборочного ремонтного чертежа. При этом на поле чертежа под заголовком «Подготовка детали (или участка детали) к ремонту» помещают изображение детали (или ее участка) в виде разреза или выносного элемента, на котором сплошной основной линией выполняют только поверхности, которые необходимо обработать для обеспечения установки дополнительной детали (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Подготовка детали к ремонту

Если при ремонте детали изношенную часть удаляют и заменяют ее новой, то на чертеже подготовки участка детали к ремонту удаляемую часть детали изображают штрихпунктирной линией с двумя точками, кроме случаев обработки под дополнительную деталь (рис. 1.2).

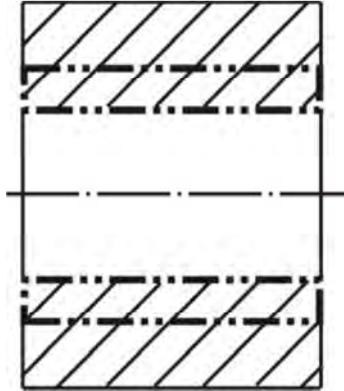


Рис. 1.2. Подготовка участка детали к ремонту

Допустимые без ремонта размеры и допуски указывают в скобках после размеров и допусков по рабочему чертежу (рис. 1.3).

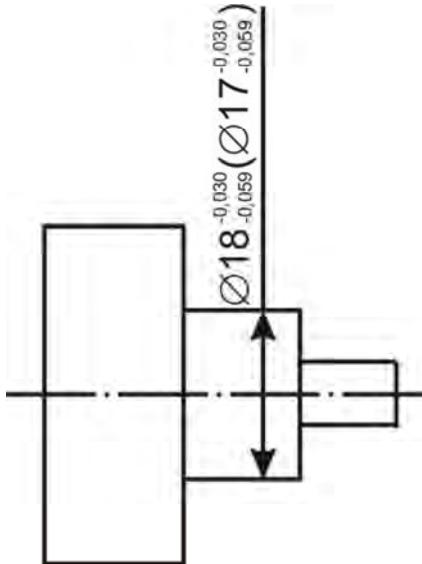


Рис. 1.3. Обозначение допустимых без ремонта размеров и допусков

На ремонтных чертежах категориальные ремонтные размеры, а также размеры детали, ремонтируемой снятием минимально необходимого слоя материала, представляют буквенными обозначениями. Численные величины категориальных размеров и соответствующих им допустимых без ремонта размеров указывают в таблице, размещаемой в правой верхней части чертежа (рис. 1.4).

Условное обозначение размера	Размер по рабочему чертежу, мм	Категорийный ремонтный размер, мм		
		I	II	III
A	$18^{-0,01}$	$17,8^{-0,01}$	$17,6^{-0,01}$	$17,4^{-0,01}$



Рис. 1.4. Обозначение категориальных ремонтных размеров

На все категориальные размеры в чертеже составляется одна таблица. Если несколько поверхностей детали имеют разное число ремонтных размеров, таблицу составляют с числом граф, соответствующим наибольшему количеству ремонтных размеров. В свободных клетках ставят прочерки.

В тех случаях, когда деталь имеет один ремонтный размер, головку таблицы оформляют, как показано на рис. 1.5.

Условное обозначение размера	Размер по рабочему чертежу, мм	Категорийный ремонтный размер, мм
A	$18^{-0,01}$	$17,8^{-0,01}$

Рис. 1.5. Оформление головки таблицы

Численные величины размеров поверхностей, ремонтируемых снятием минимально необходимого слоя материала, а также соответствующие им допустимые без ремонта размеры указывают на линиях-выносах (рис. 1.6).

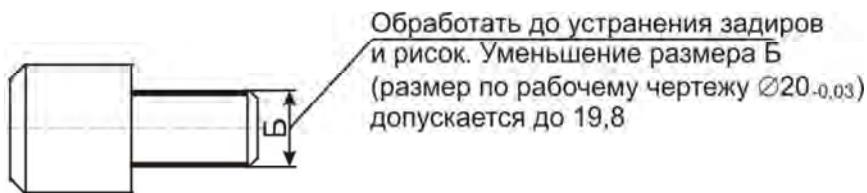


Рис. 1.6. Обозначение размеров поверхностей, ремонтируемых снятием слоя материала

Размеры, получаемые при совместной обработке, указывают в квадратных скобках. При этом в технических требованиях помещают соответствующие указания.

В тех случаях, когда в качестве способов восстановления применяют гальванические покрытия, на чертеже указывают микротвердость поверхности в мегапаскалях, которую обозначают  $H\mu$ .

На чертеже дополнительной детали припуски на обработку, как правило, не указывают, а в скобках приводят размеры после сборки и обработки. При этом в технических требованиях пишут: «Размеры в скобках – после сборки».

Указания о ремонте элементов детали в повелительном наклонении приводят на линиях-выносах. Там же указывают марки электродов, присадочной проволоки, параметры рифления накатки и т. п. с указанием соответствующих стандартов, технических условий или других нормативно-технических документов. Например: «Наплавить вибродуговым способом без охлаждения проволокой 1,2 Нп-40 ГОСТ 10543–82»; «Железнить.  $H\mu \geq 5000$  МПа».

Если ремонт одного и того же элемента детали возможен несколькими способами, каждый из которых требует своего графического изображения (например, наплавка и постановка дополнительной детали), то на каждый из этих способов выполняется отдельный ремонтный чертеж.

В случаях когда способы ремонта и восстановления детали не требуют разного графического изображения, указания о них приводят на одном чертеже в порядке предпочтения (рис. 1.7).

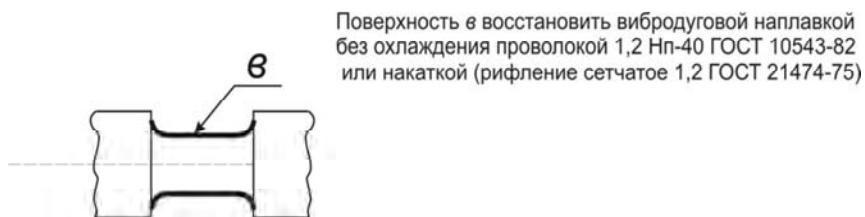


Рис. 1.7. Обозначение способов восстановления детали

Допускается выполнять один чертеж на разные способы ремонта одного и того же элемента сборочной единицы. При этом основное графическое изображение должно соответствовать более предпочтительному способу ремонта, а остальные способы, требующие своего графического изображения, выполняют как варианты под соответствующими заголовками (рис. 1.8).

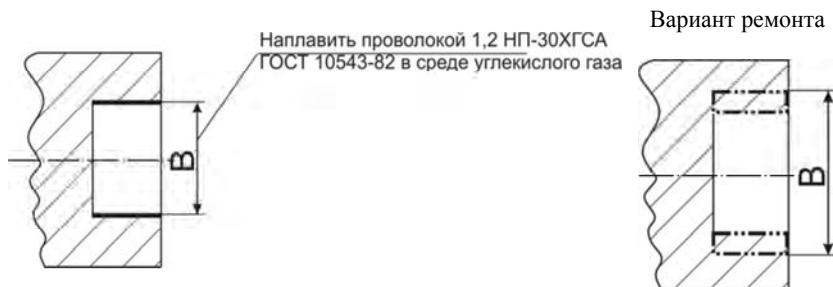


Рис. 1.8. Обозначение вариантов ремонта

Указания об обработке до устранения дефектов приводят с перечислением конкретных дефектов, например: «Обработать до устранения задиров и рисок».

Подлежащие ремонту резьбы вычерчиваются по ГОСТ 2.311–68. Если цилиндрические резьбы ремонтируются постановкой резьбовых спиральных вставок, то спиральные вставки не изображают и в спецификации не записывают, а указания о таком ремонте приводят в технических требованиях записью: «Изношенные резьбовые отверстия ремонтировать установкой резьбовых вставок по РТМ 70.0001.056–76». Если предусматривают восстановление резьбовых отверстий заваркой, наплавкой или постановкой резьбовых ввер-

тышей, то на чертеже приводят размеры, определяющие расположение и глубину резьбовых отверстий.

На каждом ремонтном чертеже помещают основную надпись и дополнительные графы к ней в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104–68 (рис. 1.9). Разработанному ремонтному чертежу присваивают литеру:

РО – для ремонтных чертежей, предназначенных для проверки и уточнения выбранных способов устранения дефектов, отдельных показателей и норм;

РА – для ремонтных чертежей, предназначенных для серийного производства.

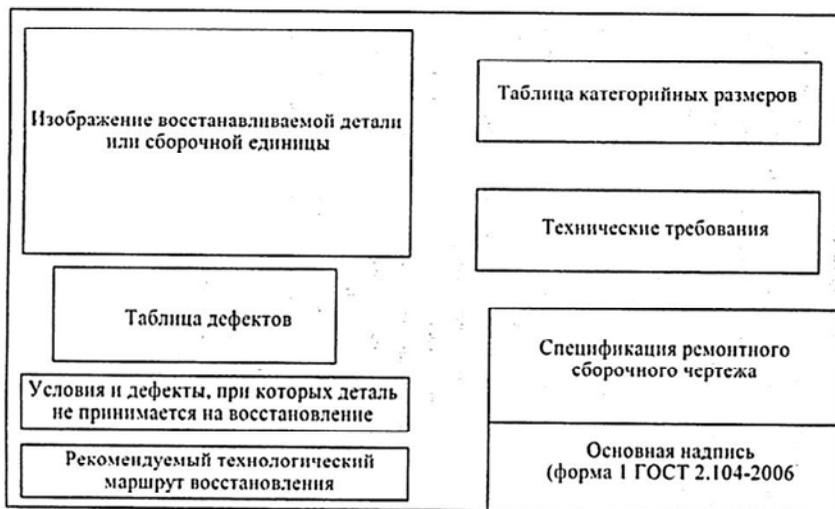


Рис. 1.9. Структурная схема оформления ремонтного чертежа

Технические требования оформляют в соответствии с ГОСТ 2.316–68 на первом листе ремонтного чертежа.

Деталь на ремонтном чертеже показывается в состоянии после восстановления.

Поверхности, подлежащие восстановлению или обработке, выполняют сплошной основной линией, остальную часть изображения – сплошной тонкой линией (в два-три раза тоньше). На чертеже дефектные места нумеруют (Деф. 1, Деф. 2 и т. п.). Размер цифр но-

меров дефектов, позиций, буквенных обозначений должен быть в полтора раза больше чисел, указывающих размеры детали.

На чертежах указывают только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные (шероховатости, допустимые погрешности взаимного расположения осей, поверхностей и т. д.), которые должны быть получены и проверены в процессе восстановления детали или сборки изделия.

### **Оформление технических требований**

Правила оформления технических требований регламентированы ГОСТ 2.316. Технические требования излагают с учетом правил нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру требования в такой последовательности:

- требования, предъявляемые к материалу восстанавливаемой детали и его свойствам, термической обработке;
- предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей;
- требования к качеству поверхностей (отделке, покрытию и т. д.), зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;
- условия и методы испытания, особые условия эксплуатации, ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже, указания о маркировании и клеймении; правила транспортирования и хранения; особые условия эксплуатации. В требованиях, предъявляемых к материалу и его свойствам, следует отражать данные о твердости, наличии пор, раковин и т. д.

Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый новый пункт записывают с новой строки. Заголовок «Технические требования» не пишется.

Текст размещают в виде колонки, ширина которой не более 185 мм.

### **Порядок выполнения работы и содержание отчета**

1. Получить индивидуальное задание.
2. Разработать карту технических требований на дефектацию.
3. Разработать ремонтный чертеж.
4. Сделать выводы по работе.

## *Практическая работа № 2*

### **ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ**

#### **Цель работы**

1. На основании известных способов восстановления деталей определить основные способы для восстановления конкретной детали.
2. Изучить удельные показатели.
3. Приобрести практические навыки выбора оптимального технологического процесса восстановления деталей.

#### **Порядок выполнения работы**

Обоснование и выбор возможных способов восстановления проводится с использованием рекомендаций [4] и табл. 2.1–2.3.

Выбрав конкурирующие способы и их удельные показатели, их необходимо проанализировать и найти наиболее эффективный вариант восстановления детали.

Для выполнения анализа и определения интегрального показателя эффективности составляют таблицу соответствующей формы (см. табл. 2.2).

Относительный удельный показатель  $i$ -го способа рассчитывается по формуле

$$\gamma_i = \frac{W_i}{\sum W_n} + \frac{Q_i}{\sum Q_n} + \frac{\beta_i}{\sum \beta_n} + \frac{T_i}{\sum T_n} + \frac{C_{в_i}}{\sum C_{в_n}},$$

где  $W_i$ ,  $Q_i$ ,  $\beta_i$ ,  $T_i$ ,  $C_i$  – значения удельных показателей  $i$ -го способа восстановления;

$\sum W_n$ ,  $\sum Q_n$ ,  $\sum \beta_n$ ,  $\sum T_n$ ,  $\sum C_{в_n}$  – суммы значений одноименных удельных показателей всех возможных способов восстановления.

Таблица 2.1

## Характеристика способов восстановления деталей

Показатели	Сварка ручная			Наплавка механизированная				Газотермическое напыление			Электролитические покрытия		Клеевые композиции	Электрохимическое выскачивание	Пластическое деформирование	Обработка под ремонтный размер	Постановка дополнительной детали	
	электродуговая	газовая	аргондуговая	в среде CO <sub>2</sub>	под слоем флюса	вибродуговая	в среде пара	газопламенное	дуговое напыление	плазменное напыление	Электродуговое легирование	хромпирование						остативание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Восстановление размера и посадки	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Ограничено	Нет	Нет	Ограничено
Восстановление свойств:																		
коэффициент износостойкости	0,70	0,70	0,70	0,72	0,91	1,0	0,90	1,2	1,1	1,3	1,3	1,67	0,91	-	1,1	1,0	0,95	0,9
коэффициент выносливости	0,60	0,70	0,70	0,90	0,87	0,62	0,75	0,9	1,0	0,9	0,9	0,97	0,82	-	1,0	0,90	0,90	0,90
коэффициент спеления	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,6	0,8	1,0	0,82	0,65	-	1,0	1,0	1,0	1,0
коэффициент долговечности	0,42	0,49	0,49	0,63	0,79	0,62	0,69	0,85	0,82	0,85	0,8	1,72	0,58	-	1,1	0,9	0,86	0,81
микротвердость, кгс/мм <sup>2</sup>	200	200	250	300-500	400-600	500-700	300-600	500-700	400-600	500-700	500-700	800-1300	300-700	-	1,2Hц	Hц	0,9Hц	Hц

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Расчетная толщина покрытия, мм	5	3	4	2-3	3-4	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	0,5-1,0	0,3	0,5	5	0,2	2	0,2	5
Расход материалов, кг/м <sup>2</sup>	48	38	36	30	38	31	31	30	32	30	30	21,2	23,3	47,5	-	3,5	2,5	78
Грудоемкость восстановления, чел-ч/м <sup>2</sup>	60	72	56	28	30	32	28	34	29	31	35	54,6	18,6	30	9,0	36,2	16,7	148
Энергоемкость восстановления, кВт-ч/м <sup>2</sup>	580	80	520	256	286	234	234	100	250	350	220	324	121	-	188	126	97	129
Производительность процесса, м <sup>3</sup> /ч	0,016	0,014	0,018	0,036	0,033	0,031	0,036	1,1	1,5	1,3	0,03	0,018	0,054	-	0,112	0,028	0,06	0,007
Площадь оборудования, м <sup>2</sup>	1,7	1,8	3,0	13,6	13,6	11,2	13,6	15	16	16	10	15,2	15,2	3,0	3,0	11,7	11,0	4,0
Масса оборудования, т	0,7	0,6	0,8	7,5	7,5	6,4	7,5	7,5	7,5	8,0	5,2	4,4	4,4	1,8	2,5	7,5	6,0	2,8

Таблица 2.2

## Удельные показатели способов восстановления

Способы восстановления	Удельные показатели на 1 дм <sup>2</sup> поверхности					Относительная долговечность $\alpha$
	$W$ , кВт·ч	$Q$ , кг	$\beta$ , м <sup>2</sup>	$T$ , чел·ч	$C$ , у.е.	
Газопламенное напыление:						
– проволокой	0,98	0,17	2	0,034	1,7	0,8
– порошком	0,67	0,16	2	0,023	4	0,8
Газопламенное сверхзвуковое напыление	0,7	0,18	5	0,018	9	0,8
Дуговое напыление	0,3	0,18	1,8	0,015	1,26	0,8
Гиперзвуковое напыление	0,3	0,17	5,4	0,085	1,7	0,8
Плазменное напыление	1,25	0,18	6	0,025	5,04	0,8
Плазменное сверхзвуковое напыление	1,3	0,18	10	0,03	7,2	0,8
Газопламенная наплавка	0,47	0,17	0,25	0,34	0,34	0,8
Газодинамическое напыление	0,02	0,07	3	0,014	1,3	0,8
Электроискровая обработка	0,45	0,2	1,5	0,07	3,5	0,8
Гальваническое натирание	3,1	0,2	6,5	0,41	0,7	0,8

Таблица 2.3

## Таблица для расчёта эффективности способов восстановления

Возможные способы восстановления	Удельные показатели на 1 дм <sup>2</sup> поверхности					Удельный показатель $i$ -го способа	Долговечность $\alpha$	Интегральный показатель $I$
	$W$ , кВт·ч	$Q$ , кг	$\beta$ , м <sup>2</sup>	$T$ , чел·ч	$C$ , у.е.			
Способ № 1	$W_1$	$Q_1$	$\beta_1$	$T_1$	$C_1$	$\gamma_1$	$\alpha_1$	$I_1$
Способ № 2	$W_2$	$Q_2$	$\beta_2$	$T_2$	$C_2$	$\gamma_2$	$\alpha_2$	$I_2$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
Способ № $n$	$W_n$	$Q_n$	$\beta_n$	$T_n$	$C_n$	$\gamma_n$	$\alpha_n$	$I_n$
Сумма значений	$\Sigma W_n$	$\Sigma Q_n$	$\Sigma \beta_n$	$\Sigma T_n$	$\Sigma C_n$	–	–	–

Интегральный показатель  $i$ -го способа определяется по формуле

$$I_i = \frac{\gamma_i}{\alpha_i},$$

где  $\gamma_i$  – относительный удельный показатель  $i$ -го способа;

$\alpha_i$  – относительная долговечность детали, восстановленной  $i$ -м способом.

Аналогично рассчитываются и остальные показатели восстановления детали по выбранному варианту.

После этого составляется маршрут восстановления детали выбранным способом (наименование и содержание операций, технологические режимы, используемое оборудование и материалы).

Изменяющееся соотношение затрат на материалы, энергию и заработную плату и появление новых технических решений требуют периодического пересмотра результатов оптимизации.

### *Практическая работа № 3*

## **РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ МАРШРУТОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

**Цель работы:** изучить принципы разработки маршрутов и проектирования маршрутного технологического процесса восстановления детали.

### **Основные положения**

Под *маршрутной* понимается технология, составленная на комплекс дефектов с учетом строгой последовательности выполнения технологических операций при кратчайшем движении детали по цехам и участкам.

При разработке маршрутов восстановления детали необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

- сочетание дефектов в каждом маршруте должно быть действительным и базироваться на результатах исследования закономерностей появления дефектов данной детали;

- маршрут должен предусматривать технологическую взаимосвязь сочетаний дефектов со способами восстановления, ибо выбор рационального способа восстановления детали зависит от сочетания дефектов;

- количество маршрутов восстановления детали должно быть минимальным (не более пяти), так как большое количество маршрутов затрудняет производственный процесс, усложняет технологическую документацию и производственный учет. Уменьшение количества маршрутов может быть достигнуто путем объединения вариантов сочетаний, отличающихся между собой наличием незначительных по трудоемкости дефектов; включением в состав маршрута восстановления взаимосвязанных соосных поверхностей; включением во все рекомендуемые маршруты операций, обеспечивающих повышение качества восстановления деталей (правка погнутости, прогонка резьб, зачистка заусенцев и др.);

- восстановление деталей по данному маршруту должно быть экономически целесообразным и учитывать технологическую необходимость восстановления отдельных поверхностей.

По результатам разработки данного вопроса составляется карта, характеризующая содержание маршрутов восстановления детали (табл. 3.1).

Таблица 3.1

### Маршруты восстановления

Номер маршрута	Номера дефектов, входящих в маршрут	Наименование дефектов, входящих в состав маршрута	Маршрутный коэффициент восстановления

При разработке технологического процесса восстановления детали необходимо:

- произвести анализ возможных способов восстановления детали по каждому из дефектов, входящих в данный маршрут, и выбрать рациональные способы;
- по каждой операции подобрать необходимое оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент;
- определить техническую норму времени на выполнение основных операций;
- технологический процесс восстановления детали представить в виде карты (табл. 3.2).

Таблица 3.2

### Технологический процесс восстановления

Наименование детали...							
Материал детали...							
Твердость рабочих поверхностей...							
Суммарное время восстановления...							
Наименование дефектов и эскиз	Номер операции	Наименование и содержание операции	Оборудование (тип, модель)	Технологическая оснастка	Режущий и измерительный инструмент	Профессия и разряд работы	Штучное время, мин
120	15	195	70	60	60	30	30

Пример оформления карты технологического процесса восстановления шатуна представлен на рис. 3.1.

**Технологический процесс восстановления**  
**Наименование детали: шатун в сборе**  
**Материал детали: сталь 40P**  
**Твердость рабочих поверхностей: 217–246HV**  
**Суммарное время восстановления 65,68 мин**

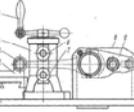
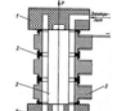
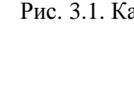
Наименование операций и эскизы	Наименование и содержание операции	Оборудование (тип, модель)	Технологическая оснастка	Рабочий и измерительный инструмент	Продолжение операции, работ	Штукатурное время, мин
1	2	3	4	5	6	7
Износ и скрученность шатуна Износ отверстия в верхней головке шатуна Износ отверстия нижней головки шатуна						
	005 Слесарная 1. Настроить индикаторы приспособления по эталонному шатуну 2. Проверить шатун на скрученность и на параллельность осей нижней и верхней головок 3. Проверить шатун при показаниях индикаторов более 0,04 мм на длине 100 мм 4. Снять шатун	Верстак слесарный	Приспособление для проверки и пробы шатуна САР-2	Индикаторы часового типа ГОСТ 577-68	Слесарь 3	3,47
	010 Сверлильный 1. Установить шатун в приспособление 2. Проверить отверстие верхней головки шатуна до ремонтного размера $\varnothing 29,75$ мм 3. Снять шатун	Универсальный расточный станок ОП-14.597	Приспособление для растачивания верхней и нижней головки шатуна	Разработка шпинфической резцовой Нутромер индикаторный с ценой деления 18-50 мм ГОСТ 9244-75	Слесарь 3	6,11
 Рисунок к позиции 015	015 Расточная 1. Установить шатун в приспособление 2. Расточить отверстие нижней головки шатуна до $\varnothing 69,61$ мм 3. Снять шатун	Универсальный расточный станок ОП-14.597	Приспособление для растачивания верхней и нижней головки шатуна	Резец расточной специальной с ценой деления 50-100 мм Нутромер индикаторный с ценой деления 50-100 мм ГОСТ 9244-75	Токарь 4	4,43
	020 Железнение 1. Станковать шатуны на приспособление 2. Обезжирить детали 3. Проверить анодное покрытие восстанавливаемой поверхности 4. Нанести гальваническое покрытие толщиной 0,23 мм 5. Нейтрализовать 10%-ым раствором каустической соды 6. Снять шатуны с приспособления	Установка для железнения	Набор уплотнителей Выпрямитель ВР-17В-50/1% Анализатор ультрафиолета Вана для горячей пробы П7009	Нутромер индикаторный с ценой деления 50-100 мм ГОСТ 9244-75	Гальваник 4	39,37
 См. позицию 015	025 Расточная 1. Установить шатун в приспособление 2. Расточить отверстие нижней головки шатуна до $\varnothing 69,48$ мм, выдержать некоевое расстояние $L=15$ мм 3. Снять шатун	Универсальный расточный станок ОП-14.597	Приспособление для растачивания верхней и нижней головки шатуна	Резец расточной специальной П8В Нутромер индикаторный с ценой деления 50-100 мм ГОСТ 9244-75	Токарь 4	4,43
 Рисунок к операции 030	030 Хонинговальная 1. Установить шатун в приспособление 2. Хонинговать отверстие до $\varnothing 69,5_{-0,02}$ 3. Снять шатун	Вертикально-хонинговальный станок модели 3К833	Приспособление для хонингования нижней головки шатуна	Бруски 35 100 Т ВУ 357100Т ВУ Нутромер индикаторный с ценой деления 50-100 мм ГОСТ 9244-75	Токарь 4	2,62
	035 Контроль 1. Проверить расстояния между осями отверстий нижней и верхней головок шатуна 2. Проверить восстановленные диаметры отверстий нижней и верхней головок шатуна	Контрольный стол		Нутромеры индикаторные с ценой деления 18-50 мм и 50-100 мм ГОСТ 9244-75	Контролер 3	5,25

Рис. 3.1. Карта технологического процесса восстановления шатуна

## Порядок выполнения работы

Для одного из маршрутов разработать технологический процесс восстановления детали. Технологический процесс оформить в соответствии с табл. 3.2.

## *Практическая работа № 4*

### **ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

#### **Цель работы**

1. Изучить методику расчета режимов восстановления деталей.
2. Получить практические навыки расчета технологических норм времени.

#### **Общие сведения**

Техническая норма времени на восстановление детали зависит от конкретных организационно-технических условий, определяемых типом производства – массового, серийного или единичного. При массовом, средне- и крупносерийном производстве применяются более совершенные технологии, высокопроизводительное оборудование, операции повторяются более часто, чем при мелкосерийном и единичном производстве, поэтому требуются более жесткие и точные технические нормы времени. Но при этом необходимы и большие затраты на нормирование работ, которые при другой серийности производства не всегда могут быть экономически оправданы. Поэтому метод определения норм времени зависит от масштаба производства.

В крупносерийном и массовом производстве техническая норма времени определяется аналитически-исследовательским методом, в серийном производстве норма времени рассчитывается по более укрупненным комплексам приемов и работ (по типовым операциям).

При аналитически-расчетном методе нормирование технологических операций осуществляется с заранее составленными в технологических лабораториях нормативными данными по режимам выполняемых работ и хронометражными исследованиями типовых приемов на подготовительно-заключительные и вспомогательные работы.

По каждой операции определяются:

режимы выполнения технологических переходов путем расчета и с использованием нормативно-технических документов (таблиц, карт);

рассчитывается основное время выполнения операции на основании режимов ее выполнения по всем переходам;

по нормативам определяются подготовительно-заключительное время и время на снятие и установку детали;

в процентном отношении от основного определяется вспомогательное время, связанное с переходом.

Оперативное время выполнения технологической операции определяют суммированием по всем переходам основного и вспомогательного времени. Время обслуживания рабочего места определяется в процентном отношении от оперативного.

Штучное время на операцию определяют путем сложения итогов по основному, вспомогательному времени и времени обслуживания рабочего места. Схема определения технической нормы времени представлена на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Схема определения технической нормы времени по операциям технологического процесса

Исходной информацией для выполнения расчетов служит величина толщины слоя, наносимого на изношенные поверхности материала (покрытия):

$$h = \frac{U}{2} + z_1 + z_2, \text{ мм},$$

где  $h$  – толщина покрытия, мм;

$U$  – износ детали, мм;

$z_1$  – припуск на обработку перед покрытием, мм (ориентировочно 0,05–0,3 мм на сторону);

$z_2$  – припуск на механическую обработку после нанесения покрытия, мм (на сторону), табл. 4.1.

Таблица 4.1

Припуск на механическую обработку после нанесения покрытий

Способ получения покрытия	Припуск на сторону, мм
Ручная дуговая наплавка	1,4–1,7
Дуговая наплавка под слоем флюса	0,8–1,1
Наплавка в среде углекислого газа. Вибродуговая наплавка	0,6–0,8
Плазменная наплавка. Аргоно-дуговая наплавка	0,4–0,6
Электроконтактная наплавка, газотермическое напыление	0,2–0,5
Железнение	0,1–0,2
Хромирование	0,05–0,1

### Нормирование дуговой наплавки

Величину силы тока при ручной дуговой сварке (наплавке) рассчитывают по формуле

$$I = \pi d_3^2 D_I / 4, \text{ А},$$

где  $D_I$  – плотность тока, А/мм<sup>2</sup>;

$d_3$  – диаметр электрода, мм.

Для ручных электросварочных работ используют электроды с универсальной и качественной обмазкой в зависимости от свариваемости металлов. Диаметр электрода подбирается в зависимости от толщины свариваемого металла (толщины направляемого) и ширины валика шва:

$$d_3 \approx (0,8-1,1)h.$$

Используются прямая и обратная полярности, плавящийся и неплавящийся электроды.

Напряжение дуги  $U_d = 22-28$  В.

Количество наплавленного металла

$$g_n = \alpha_n It, \text{ г},$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/А·ч;  $\alpha_n = 8,5-11$  г/А·ч.

$t$  – время горения дуги, ч.

Расход электродов определяют по формуле

$$G = g_n k_3, \text{ кг},$$

где  $k_3$  – коэффициент, учитывающий расход электродов на 1 кг наплавленного металла:  $k_3 = 1,4-1,7$ .

Основное время при выполнении ручной дуговой и автоматической сварки и наплавки

$$T_0 = \frac{0,06 FL\gamma k_n}{\alpha_n I} k_c,$$

где  $F = hs$  – площадь поперечного сечения шва (валика), мм<sup>2</sup>;

$L$  – длина шва, мм;

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

$k_n$  – коэффициент разбрызгивания металла ( $k_n = 0,9$ );

$k_c$  – коэффициент, учитывающий сложность работы:  $k_c = 1,5$  при ручной наплавке цилиндрических деталей диаметром 40–50 мм и сварке на горизонтальной плоскости снизу;  $k_c = 1,3$  при ручной наплавке цилиндрических деталей диаметром более 50 мм и сварке на вертикальной плоскости.

В расчетных формулах используются общепринятые обозначения параметров и величин, поэтому в дальнейшем приводится расшифровка впервые используемых или тех символов, которые изменили свои численные значения.

Для механизированных способов наплавки (полуавтоматической сварки и наплавки) диаметр электродной проволоки выбирают в

зависимости от *толщины* наплавляемого материала и технических возможностей наплавочного аппарата (головки). При наплавке автомобильных деталей применяют проволоку диаметром 1,0–2,5 мм.

Основными параметрами режимов механизированных способов наплавки, позволяющими определить технические нормы времени, являются сила тока ( $I$ , А), скорость подачи электродной проволоки ( $v_{пр}$ , м/мин), скорость наплавки ( $v_n$ , м/мин) и шаг наплавки ( $s$ , мм/об).

Для качественного сплавления и перемешивания основного и присадочного материалов необходимо обеспечить согласованность скорости подачи электродной проволоки со скоростью образования сварочной ванны, т. е. согласовать с коэффициентом наплавки  $\alpha_n$  (г/А·ч). Опытным путем были установлены эмпирические зависимости и предложены расчетные формулы для определения режимов механизированной наплавки для основных видов: наплавки под слоем флюса, наплавки в среде  $CO_2$  и вибродуговой.

Силу сварочного тока можно определить, используя зависимости плотности тока  $D_I$  и коэффициента наплавки  $\alpha_n$  от выбранного диаметра электрода, представленных на рис. 4.2.

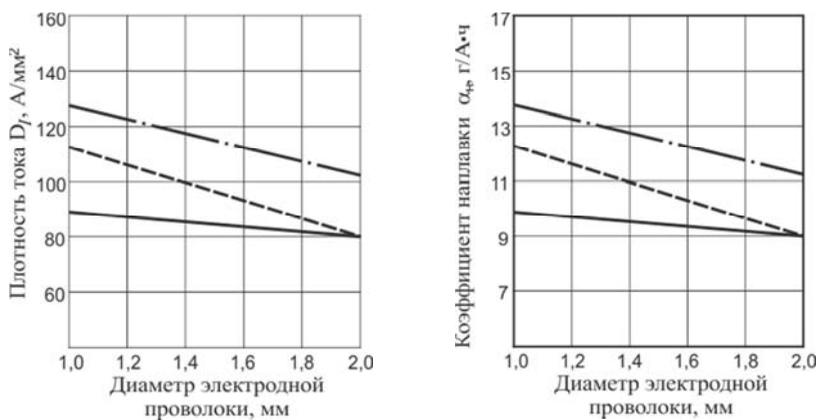


Рис. 4.2. Зависимость плотности тока и коэффициента наплавки от диаметра электродной проволоки:  
 -·-·- для наплавки в среде  $CO_2$ ; - - - для наплавки под слоем флюса;  
 ——— для вибродуговой наплавки

Силу тока приближенно определяют по формуле

$$I = 0,785d_3 D_I, \text{ А.}$$

Масса расплавленного металла

$$G_{\text{р.м}} = \frac{I\alpha_{\text{н}}}{60}, \text{ г/мин.}$$

Объем расплавленного металла

$$Q_{\text{р.м}} = \frac{G_{\text{р.м}}}{\gamma}, \text{ см}^3/\text{мин.}$$

При установившемся процессе объем расплавленного металла

$$Q_{\text{р.м}} = 0,785d_3^2 v_{\text{пр}}.$$

Скорость подачи электродной проволоки

$$v_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{р.м}}}{0,758d_3^2}, \text{ м/мин.}$$

Объем расплавленного металла  $Q_{\text{р.м}}$  переносится на наплавляемую поверхность.

Объем наплавленного металла

$$Q_{\text{н.м}} = hsv_{\text{н}}, \text{ см}^3/\text{мин.}$$

где  $h$  – толщина наплавленного слоя, мм;

$s$  – подача на один оборот детали (шаг наплавки), мм/об;

$v_{\text{н}}$  – скорость наплавки, м/мин.

Но так как  $Q_{\text{р.м}} = Q_{\text{н.м}}$ , то  $0,758d_3^2 v_{\text{пр}} = hsv_{\text{н}}$ .

Однако необходимо учесть, что не весь расплавленный металл переносится на наплавляемую поверхность и объем наплавленного металла будет положен равномерно. Тогда с учетом сказанного последнее равенство примет вид

$$0,758d_3^2v_{\text{пр}}K = \frac{hsv_{\text{н}}}{a},$$

где  $K$  – коэффициент перехода металла на наплавляемую поверхность, т. е. коэффициент, учитывающий выгорание или разбрызгивание металла;

$a$  – коэффициент неполноты наплавляемого слоя.

Значения коэффициентов  $K$  и  $a$  приводятся в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Значение коэффициентов  $K$  и  $a$

Вид наплавки	Коэффициенты	
	$K$	$a$
Вибродуговая наплавка в жидкости	0,73–0,92	0,79–0,95
Наплавка под слоем флюса	0,90–0,986	0,96–0,985
Наплавка в среде $\text{CO}_2$	0,82–0,90	0,88–0,96

Скорость наплавки

$$v_{\text{н}} = \frac{0,785d_3^2v_{\text{пр}}Ka}{hs}, \text{ м/мин.}$$

Частота вращения

$$n = \frac{1000v_{\text{н}}}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

где  $D$  – диаметр наплавляемой детали, мм.

Подача или шаг наплавки  $s$  определяется экспериментально, так как часто от нее зависят механические качества наплавленного слоя. Ориентировочно  $s = (1,2 \dots 2,0)d_3$ .

Имея режим наплавки, можно определить основное (машинное) время:

– для наплавки тел вращения

$$T_o = \frac{L}{ns}i;$$

– для наплавки шлиц продольным способом

$$T_o = \frac{L}{v_n} i,$$

где  $L$  – длина наплавки, мм;

$i$  – количество слоев наплавки.

Необходимо иметь в виду, что при продольной наплавке шлицев выключают вращение шпинделя станка и сохраняют подачу сварочной головки вдоль наплавляемого изделия. В этом случае подача является скоростью наплавки. Подготовительно-заключительное время принимается по табл. 4.3.

Таблица 4.3

Подготовительно-заключительное время  
при автоматической наплавке

Элементы работы	Время, мин
Установка детали в центрах или цанговом патроне с затяжкой гайкой	9
То же в самоцентрирующем патроне или на планшайбе с креплением болтами и планками	10
То же на планшайбе с угольником в центрирующем приспособлении	15
Установка подачи суппорта	1,0
Смещение задней бабки для наплавки конуса	3,0
Установка силы тока на трансформаторах	0,8
Установка скорости наплавки рукояткой коробки скоростей	0,1
Установка скорости подачи электродной проволоки:	
а) заменой подающего ролика	1,3
б) перестановкой сменных шестерен	4,2
в) рукояткой коробки передач	0,1
Ручная заправка кассеты электродной проволокой массой, кг:	
а) 8–12	5,4
б) 18–20	7,2

Связанное с изделием вспомогательное время на установку и снятие детали принимается по табл. 4.4.

Таблица 4.4

Вспомогательное время на установку, крепление и снятие детали

Способ установки	Масса детали, кг							
	1-3	3-5	5-8	8-10	12-20	20-30	30-50	50-80
	Время, мин							
В трехлачковом патроне с ручным зажимом без выверки	0,29	0,34	0,38	0,46	0,56	2,0	2,2	2,5
То же с выверкой по мелку	0,54	0,64	0,72	0,84	1,02	3,0	3,2	3,5
В трехлачковом патроне с ручным зажимом с поджатием центром задней бабки	0,35	0,39	0,43	0,48	0,53	2,0	2,2	2,5
В цанговом патроне, крепление рукояткой рычага	0,18	–	–	–	–	–	–	–
То же ключом	0,23	–	–	–	–	–	–	–
В центрах с надеванием хомутика	0,30	0,34	0,40	0,48	0,59	2,3	2,4	2,9
То же без надевания хомутика	0,20	0,24	0,26	0,29	0,34	2,0	2,1	2,3
На планшайбе с угольником в центрирующем приспособлении	0,37	0,43	0,47	0,51	0,60	2,0	2,1	2,3

Вспомогательное время, связанное с переходом (с длиной свариваемого шва), для вибродуговой наплавки и в среде углекислого газа принимается 0,7 мин, а для подфлюсовой наплавки 1,4 мин на погонной длине 1 м шва (валика). Время на один поворот детали (при подфлюсовой продольной наплавке шлицев) и установку мундштука сварочной головки – 0,46 мин. Время на обслуживание рабочего места принимается равным 11–15 % от оперативного.

### Нормирование электролитического осаждения покрытий

Теоретическое количество металла, выделившегося на катоде, определяется по формуле

$$Q_T = CIt,$$

где  $C$  – электрохимический эквивалент выделяющегося на катоде вещества, г/А·ч (для хрома  $C = 0,323$ ; для железа  $C = 1,042$ ; для никеля  $C = 1,095$ );

$I$  – сила тока, А;

$t$  – продолжительность электролиза, ч.

Одновременно с осаждением металла на катоде выделяется водород и протекают другие побочные процессы, связанные с процессами электролиза, поэтому фактически масса осажденного металла будет меньше теоретически возможной. Отношение практически полученной величины выхода металла ( $Q_{\phi}$ ) к расчетной ( $Q_T$ ), выраженной в процентах, называется *выходом по току*:

$$\eta = \frac{Q_{\phi}}{Q_T} \cdot 100 \%$$

Продолжительность электролиза  $t$  определяется по формуле

$$t = \frac{h\gamma 1000}{D_k \eta C}, \text{ ч,}$$

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

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

$\eta$  – выход металла по току, %;

$C$  – электрохимический эквивалент, г/А·ч.

Наибольшее распространение в ремонтном производстве получили процессы электролитического наращивания хрома, железа, никеля, меди и цинка. В ряде случаев применяется технология нанесения электролитическим путем некоторых износостойких сплавов (электролитических сплавов).

В ремонтной практике применяются следующие схемы нанесения покрытий: «из ванны», «деталь-ванна», «в проточном электролите», «струйный метод», «электроконтактный метод (электронатирание)». Выбор и использование схемы нанесения покрытий, назначение ре-

жимов производятся исходя из конструктивных особенностей деталей и восстанавливаемых поверхностей. При назначении режимов нанесения покрытий соблюдается следующая последовательность: механические свойства покрытия (свойства восстанавливаемой поверхности) → электролит и его температура → катодная плотность тока.

На рис. 4.3 представлены схемы нанесения электрохимических покрытий, в табл. 4.5–4.7 приведена основная информация о применяемых электролитах и основных параметрах процессов.

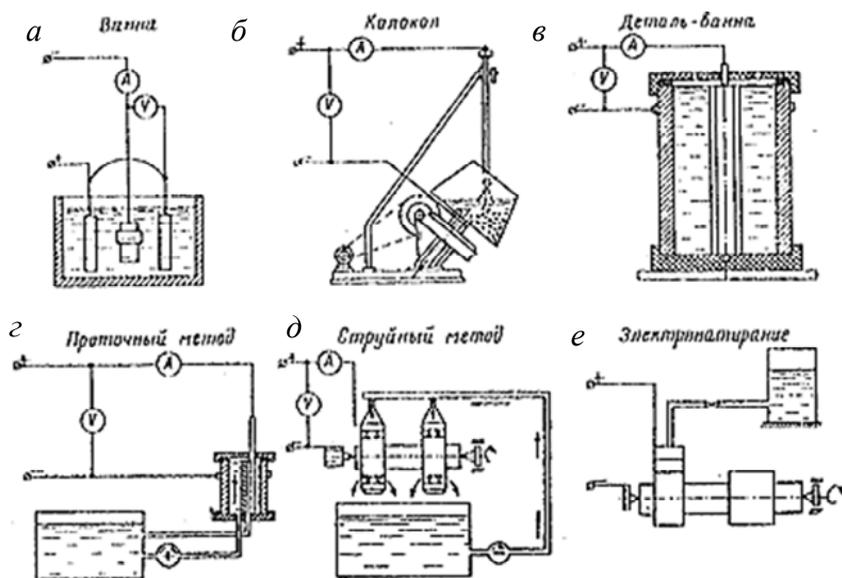


Рис. 4.3. Принципиальные схемы нанесения электрохимических покрытий на изношенные поверхности:

*а* – из ванны; *б* – из колокола; *в* – деталь-ванна; *г* – в проточном электролите; *д* – струйным методом; *е* – электроконтактным методом (электронатиранием)

Таблица 4.5

## Характеристика электролитов и параметров хромирования

Электролиты	Компоненты, г/л			Режимы		Оценочные параметры		
	Хромовый ангидрид	Серная кислота	Прочие	Температура, °С	Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	Выход по току, %	Твердость, кгс/мм <sup>2</sup>	Скорость осаждения, мкм/ч
Универсальный	250	2,5	–	45–60	30–60	8–13	800–1000	30–70
Саморегулирующийся	225–300	–	Сернистый стронций – 6 Кремнефтористый калий – 20	45–70	50–100	17–24	950–1100	60–120
То же	350	2,5	Сернистый стронций – 1 Кремнефтористый калий – 2 Хромистый калий – 10	35–70	10–80	20	950–1100	12–96
Тетрахроматный	350–400	2,4	Едкий натр – 60 Сахар – 1	17–28	40–80	30–35	500–600	45–95
Саморегулирующийся тетрахроматный	250	–	Едкий натр – 60 Сернистый стронций – 6	16–20	15–30	25–35	400–900	20–40
То же	400	–	Углекислый кальций – 60 Сернистый кальций – 12 Оксид магния – 1	18–25	60–120	25–35	1200–1240	120–240

Таблица 4.6

## Характеристика электролитов и параметров железнения

Компоненты электролитов	Концентрация, г/л	Режимы электролиза			Оценочные параметры		
		Температура, °С	Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	Вид тока	Выход по току, %	Скорость осаждения, мм/ч	Твердость, кгс/мм <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8
Хлористое железо Соляная кислота	680 0,8–1,5	95–100	10–80	Постоянный	86–90	0,2–0,5	135–415
Хлористое железо Хлористый натрий Хлористый марганец Соляная кислота	450 100 10 0,5–0,8	60–80	20–50	То же	86–90	0,2–0,5	440–560

## Окончание табл. 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8
Хлористое железо	200	60-80	20-60	То же	86-90	0,2-0,5	330-590
Хлористый марганец	100						
Соляная кислота	0,8-1,0						
Хлористое железо	400	18-25	30-50	Переменный Асиммет- ричный	80-90	0,3-0,4	450-550
Хлористый натрий	50						
Хлористый марганец	60						
Соляная кислота	1						
Хлористое железо	200	18-20	30-50	То же	75-85	1-1,2	630-650
Йодистый калий	20-30						
Серная кислота	1						
Соляная кислота	0,35-0,5						

Таблица 4.7

## Характеристика электролитов других металлов и параметров для их нанесения

Электролиты	Компоненты электролитов	Режимы			Оценочные параметры			
		Концентрация, г/л	Температура, °С	Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	Частота вращения анода, об/мин	Выход по току, %	Толщина осадка, мм	Твердость осадка, кгс/мм <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Цинковый	Сернокислый цинк Борная кислота	600 30	18-23	200	10	93	0,3-0,35	60-100
Медный	Сернокислая медь Серная кислота Хромовый ангидрид Сернокислый аммоний	250 50 5 100	18-20	200-250	25-40	95	0,2-0,3	100-150
Железо-цинковый	Сернокислый цинк Сернокислое железо Борная кислота	600 60 30	18-23	150-250	10	95	0,3-0,4	100-110
Алюмо-цинковый	Сернокислый цинк Сернокислый алюминий	600 30	18-23	180-220	10	93	-	50-60
Электролит осталывания	Хлористое железо Соляная кислота	700 1,5	18-23	250-280	15-20	-	-	165-200

## Напыление материалов

Техническая норма времени для газотермического напыления материалов определяется исходя из производительности аппаратов в зависимости от используемого энергоносителя. Различают дуговое, газопламенное, плазменное, высокочастотное и др. В ремонтной практике наибольшее распространение получили первые три.

Техническая норма времени на ручное напыление металлов

$$t_{\text{шт}} = 1,08 \left( 7,2 \frac{Fh\gamma}{10^3 gK_n} + t_{\text{оп2}} + t_{\text{оп3}} + t_{\text{в2}} \right) + \frac{5}{Z},$$

где 1,08 – коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места и личные надобности рабочего;

$g$  – производительность металлатора, кг/ч;

$K_n$  – коэффициент напыления (табл. 4.8);

$t_{\text{оп2}}$  – оперативное время на осмотр и протирку поверхности перед напылением (табл. 4.9);

$t_{\text{оп3}}$  – оперативное время на обезжиривание поверхности растворителем перед покрытием (табл. 4.10);

$t_{\text{в2}}$  – время на установку, поворот и снятие изделия (табл. 4.11);

5 – подготовительно-заключительное время на партию, мин;

$Z$  – число деталей в партии.

Таблица 4.8

Зависимость коэффициента напыления  $K_n$   
от угла атаки газовой струи

Угол атаки	Напыляемый металл			
	Сталь	Цинк	Латунь	Алюминиевые сплавы
90°	0,78	0,72	0,65	0,82
60°	0,39	0,36	0,31	0,41

Таблица 4.9

Время на осмотр и протирку поверхности перед напылением

Площадь поверхности, см <sup>2</sup>	До 20	20–30	30–50	50–80	80–120	120–200	200–300	300–500
$T_{\text{он2}}$ , мин	0,23	0,26	0,30	0,35	0,40	0,46	0,56	0,61

Таблица 4.10

Время на обезжиривание поверхности перед покрытием

Площадь поверхности, см <sup>2</sup>	До 100	100–200	200–400	400–600	600–800	800–1000
$t_{\text{он3}}$ , мин	0,2	0,9	1,4	1,6	1,9	2

Таблица 4.11

Вспомогательное время на установку, поворот и снятие изделия, мин

Элементы операции	Масса изделия, кг				
	До 5	5–10	10–15	15–20	20–200
Поднести, уложить, снять и отнести деталь:					
– работа на столе	0,24	0,39	0,49	0,53	2,70
– работа в приспособлении	0,35	0,58	0,71	0,78	2,70
Повернуть деталь	0,12	0,19	0,24	0,26	1,60

Для обеспечения сцепляемости напыляемого материала с восстанавливаемой поверхностью выполняется дополнительная операция специальной подготовки поверхности (обработка дробью, нарезание рваной резьбы, накатывание, гидроабразивная обработка, или нанесение подслоя из сплавов алюминия и никеля).

## Электроискровая обработка

Наплавка проводится с заданной частотой вращения детали  $n$  и подачей электрода  $s$ , обеспечивающими взаимное перекрывание наплавляемых полос в поперечном и продольном направлении, которое характеризуется коэффициентами перекрытия в строке  $K_c$  и между строками  $K_m$ . Для обеспечения нормативной сплошности (70 %) и толщины покрытия принимают  $K_c = K_m \approx 0,25$ . Если величины смещения оси электрода относительно оси детали  $e$ , угловой скорости вращения электрода  $\omega$  и давления  $P$  считать постоянными, то необходимая частота вращения детали будет

$$n = \frac{K_c D}{2\pi R t_{\text{имп}}},$$

где  $D$  – диаметр лунки, мм;

$R$  – радиус детали, мм;

$t_{\text{имп}}$  – длительность одного импульса, мин.

Для обеспечения коэффициента перекрытия  $K_m$  продольная подача электрода на один оборот детали

$$s = K_m D.$$

Основное время наплавки

$$T = \frac{b}{ns},$$

где  $b$  – ширина наплавляемой шейки, мм.

### Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя исходные данные.
2. Рассчитать режимы.
3. Результаты расчета внести в маршрутную карту технологического процесса.

## Практическая работа № 5

### ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

#### Цель работы

1. Проанализировать основные методы механической обработки.
2. Приобрести практические навыки по нормированию работ по операциям разработанного технологического процесса.

#### Общие положения

Расчет основного (машинного) времени производится в следующей последовательности:

- 1) определяется припуск на обработку  $z$ , мм (см. разработанный технологический процесс);
- 2) устанавливается глубина резания  $t$ , мм;
- 3) в зависимости от глубины резания, характеристики материала и режущего инструмента по табл. 5.1–5.14 принимаются значения подачи  $s$  и стойкости инструмента  $T$ , определяется скорость резания  $v$ ;
- 4) определяется частота вращения шпинделя (детали при шлифовании)

$$n_p = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ мин}^{-1},$$

где  $D$  – диаметр обработки (детали), мм;

- 5) рассчитанное значение  $n_p$  и подачи  $s$  уточняется по характеристике станка и принимаются ближайšie меньшие паспортные значения;
- 6) рассчитывается  $T_0$ .

Таблица 5.1

## Режимы чернового точения деталей с покрытиями

Обозначение (материал) покрытия	Твердость покрытия, HRC	Скорость резания $v$ , м/с	Подача $s$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм	Средняя стойкость $T$ , мин
ПЛ-АН171 (100X20P4C3Г2)	62	1,8	0,06	0,3	15
ПП-Нп-10X14Т	56	1,5	0,15	1,5	26
СНГН-55 (70Н30Х15С4Р3)	56	1,8	0,06	0,25	18
ПП-Нп-30Х5Г2СМ	52	1,05	0,09	0,3	30
Нп-12Х18Н9Т	35	1,2	0,15	1,0	–

Таблица 5.2

## Режимы чистового точения деталей с покрытиями

Обозначение (материал) покрытия	Твердость покрытия, HRC	Скорость резания $v$ , м/с	Подача $s$ , мм/об	Глубина резания $t$ , мм	$Ra$ , мкм
ЦН-6 (08X17H8C6Г)	30–35	1,8–2,5	0,03–0,05	0,2	1,1–2,02
ЦН-12 (13X16H8M5C5Г4Б)	30–35	1,8–2,5	0,3–0,5	0,2	4,3–5,1
Нп-12Х18Н9Т	35	2,0	0,075	0,15	0,8
Нп-30ХГСА	48–52	1,5	0,07	0,1	0,3–0,8
ПП-Нп-30Х5Г2СМ	52	1,6	0,075	0,15	0,63
ПП-Нп-10Х14Т	56	1,8	0,15	0,2	1,25
СНГН-55 (70Н80Х15С4Р3)	56	2,4	0,075	0,1	1,25
ПЛ-АН101 (300Х25М3Н3Г2)	50–56	0,33–0,80	0,02–0,1	0,05–0,15	0,63–1,25
ПЛ-АН171 (100Х20Р4С3Г2)	62	2,2	0,06	0,1	0,63

Таблица 5.3

**Ориентировочные скорости резания при точении  
наплавленных покрытий**

Материал режущего инструмента		Скорость резания $v$ , м/мин			
		Твердость (HRC) наплавленных материалов типа А, В, С, D			
		30–40	40–50	50–60	60–65
Твердый сплав	ВК	15–17	11–15	7–11	5–7
	ТК	18–21	14–18	11–14	8–11
	ТТК	21–24	17–21	14–17	12–14
Безвольфрамовый твердый сплав		16–18	13–16	11–13	7–11
Керамика ВОК		30–33	27–30	27	21–24
ПСТМ, композиты	01	72–76	66–72	60–66	54–60
	05	78–84	72–78	66–72	60–66
	09	108–120	96–108	96	90
	10	108–120	96–108	90–96	81–90
	Киборит	108–120	96–108	90–96	81–90
	Томал-10	96–108	90–96	87–90	78–82

Таблица 5.4

**Режимы точения деталей с покрытием ПГ-СР4**

Операция	Состояние поверхности покрытия	Режимы резания		
		$v$ , м/с	$s$ , мм/об	$t$ , мм
Точение	Корка	1,0–1,2	0,15	До 1,5
	Основной металл покрытия	1,3–1,8	0,1	0,3–0,5
Подрезка торца	Корка	1,0–1,2	0,1	До 1,5
	Основной металл покрытия	1,3–1,8	0,07	0,3–0,5

Таблица 5.5

**Режимы резания поверхностей, восстановленных железнением**

Материал инструмента	$v$ , м/с	$s$ , мм/об	$t$ , мм	$Ra$ , мкм
Твердые сплавы	0,6–0,7	0,2	0,15–0,2	1,25–2,5
Композиты 01, 10	1,4–2,0	0,02–0,085	0,1–0,3	0,4–0,6

Таблица 5.6

## Режимы резания при фрезеровании наплавленных материалов

Наплавка	Торцевое фрезерование			Фрезерование шпоночных пазов			Фрезерование шлицевых пазов		
	$v$ , м/с	$s$ , мм/зуб	$t$ , мм	$v$ , м/с	$s$ , мм/зуб	$t$ , мм	$v$ , м/с	$s$ , мм/зуб	$t$ , мм
НП-Св08	<u>2,0–2,5</u> 2,0–2,8	<u>0,05–0,2</u> 0,06–0,12	<u>1,0–2,0</u> 0,2–0,4	<u>1,5–1,8</u> 0,3–0,4	<u>0,15–0,18</u> 0,08–0,12	3,0– 5,0	0,5– 0,6	0,08– 0,1	3,0– 5,0
Нп-У8А	<u>1,8–2,4</u> 1,8–2,2	<u>0,05–0,2</u> 0,05–0,1	<u>1,0–2,0</u> 0,2–0,4	<u>1,2–1,6</u> 0,3–0,4	<u>0,15–0,18</u> 0,08–0,12	3,0– 5,0	0,4– 0,5	0,06– 0,08	3,0– 5,0
Нп-30ХГСА	<u>2,0–2,6</u> 1,5–2,0	<u>0,05–0,1</u> 0,04–0,08	<u>1,0–2,0</u> 0,2–0,4	<u>0,8–1,2</u> 0,2–0,3	<u>0,1–0,12</u> 0,05–0,1	3,0– 5,0	0,3– 0,4	0,04– 0,05	3,0– 5,0
ПП-Нп-30Х5Г2СМ	<u>1,3–1,6</u> 1,1–1,3	<u>0,05–0,1</u> 0,02–0,04	<u>0,8–1,5</u> 0,1–0,3	<u>0,6–0,8</u> 0,15–0,2	<u>0,06–0,08</u> 0,02–0,04	2,0– 4,0	0,1– 0,15	0,02– 0,04	2,0– 4,0
Нл-65Г	<u>1,2–1,5</u> 1,0–1,2	– 0,02–0,03	<u>0,8–1,5</u> 0,08–0,2	<u>0,5–0,6</u> 0,13–0,15	<u>0,06–0,08</u> 0,02–0,04	2,0– 4,0	0,1– 0,15	0,02– 0,04	2,0– 4,0

Примечание. Режимы торцевого фрезерования: числитель – черновая обработка фрезами из твердого сплава Т15К6; знаменатель – чистовая обработка фрезами из композита 10.

Таблица 5.7

## Режимы сверления наплавленных покрытий сверлами из быстрорежущей стали Р18

Наплавленный материал	Диаметр сверления, мм					
	3–5		8–10		15–20	
	$v$ , м/с	$s$ , мм/об	$v$ , м/с	$s$ , мм/об	$v$ , м/с	$s$ , мм/об
Нп-Св08	0,55	0,1	0,6	0,13	0,65	0,18
НП-У8А	0,5	0,1	0,5	0,13	0,6	0,18
Нп-30ХГСА	0,45	0,08	0,45	0,11	0,5	0,15
Нп-30Х5Г2СМ	0,36	0,04	0,36	0,08	0,4	0,1
Нл-65Г	0,3	0,04	0,3	0,06	0,3	0,08

Таблица 5.8

## Режимы круглого шлифования

Наружное шлифование с продольной подачей							
Диаметр шлифования, мм	Квали- тет	Высота (ширина) круга, мм					
		До 32		Свыше 32 до 63		Свыше 63 до 80	
		$v_{sp}$	$s_p$	$v_{sp}$	$s_p$	$v_{sp}$	$s_p$
До 25	6		0,007				
	7	4,0	0,008	–	–	–	–
	8		0,010				
Свыше 25 до 63	6		0,006		0,005		0,004
	7	2,7	0,008	5,2	0,006	7,4	0,005
	8		0,010		0,007		0,006
Свыше 63 до 100	6		0,006		0,004		0,004
	7	2,3	0,007	4,6	0,005	5,9	0,005
	8		0,009		0,007		0,006
Наружное врезное шлифование							
Диаметр шлифования, мм	Квали- тет	Длина шлифования, мм					
		До 32		Свыше 32 до 63		Свыше 63 до 80	
		$v_{sp}$					
До 25	6	1,40		0,92		0,70	
	7	1,75		1,15		0,87	
	8	2,18		1,43		1,09	
Свыше 25 до 63	6	0,89		0,59		0,44	
	7	1,11		0,74		0,55	
	8	1,39		0,92		0,69	
Свыше 63 до 100	6	0,70		0,46		0,35	
	7	0,87		0,57		0,44	
	8	1,09		0,72		0,54	

Примечание:  $v_{soc}$  – скорость движения осевой подачи, м/мин;  $v_{sp}$  – скорость движения радиальной подачи, мм/мин;  $s_p$  – радиальная подача, мм/ход, мм/дв. ход.

Таблица 5.9

## Режимы плоского шлифования периферией круга из эльбора

Параметр	Для кругов на керамических связках	Для кругов на органических связках
Скорость шлифования, м/с	30–35	30–40
Скорость движения касательной подачи, м/мин	2–5	0,8–2
Осевая подача, мм/ход	0,5–1	0,3–0,6
Радиальная подача, мм/ход	0,02–0,03	0,003–0,015

Таблица 5.10

## Режимы алмазного хонингования

Обрабатываемый материал	Вид хонингования	Скорость хонингования, м/мин	Скорость возвратно-поступательного движения, м/мин	Давление прижима брусков, МПа
Чугуны	Предварительное, черновое, получистовое	60–80	15–20	1,0–2,0
	Чистовое	50–70	10–15	0,6–1,0
	Полирование	40–60		0,4–0,6
Закаленные стали	Черновое, чистовое	40–50	6–10	1,0–1,5
	Полирование			0,4–0,8

Таблица 5.11

Режимы хонингования хромированных деталей алмазными брусками АСО (125/100-М20) М1-100 при  $v_{в.п} = 6-10$  м/мин

$Ra$ , мкм	Окружная скорость вращения головки, м/мин	$p$ , Па	Расход СОЖ, л/мин
0,02–0,04	25–40	0,1–0,3	20–30
0,04–0,08		0,3–0,4	15–20
0,08–0,16		0,3–0,4	15–20
0,16–0,32		0,5–0,6	10–15
0,32–0,63		1,0–1,2	10–15

Таблица 5.12

Усилие обкатывания, кН

Диаметр вала, мм	Предел текучести обрабатываемого материала, МПа					
	200	250	320	400	500	630
До 100 включит.	3,8/7,5	4,8/9,5	6,0/12,0	7,5/15,0	9,5/19,0	12,0/24,0
125	6,0/12,0	7,5/15,0	9,5/19,0	12,0/24,0	15,0/30,0	19,0/38,0
160	9,5/19,0	12,0/24,0	10,0/24,0	19,0/38,0	24,0/48,0	30,0/60,0

Примечание: числитель – сила  $1,5P_{-0,05}$ ; знаменатель – сила  $3P_{-0,05}$ , где  $P_{-0,05}$  – сила, необходимая для создания наклепанного слоя толщиной 0,05 радиуса детали.

Таблица 5.13

Режимы выглаживания покрытий из электролитического хрома

Условия обработки	Значения
Сила выглаживания, Н	150–250
Продольная подача, мм/об	0,02–0,08
Скорость вращения детали, м/мин	10–100
Число рабочих ходов	1–2
Радиус алмазного выглаживателя, мм	2,5–3,3

Таблица 5.14

Режим электромеханической обработки (ЭМО)  
среднеуглеродистых конструкционных сталей

Режим	Сглаживающий инструмент	Сила тока, А	Скорость, м/мин	Усилие, Н	Число ходов	Шероховатость $Ra$ , мкм	Глубина упрочнения, мм
Чистовой	Пластина	350–450	80–130	300–500	1–2	0,63–0,16	0,02–0,03
Высокий		480–600	8–15	300–500	2–3	0,63–0,16	0,06–0,10
	Ролик	800–1200	8–10	400–700	1–2	2,50–0,63	0,15–0,30

Основное (машинное) время для всех видов лезвийной обработки определяется по формуле

$$T_0 = \frac{Li}{ns}.$$

Для абразивной обработки используются следующие формулы:

– круглопродольное шлифование при поперечной подаче на каждый ход стола

$$T_0 = \frac{Li}{n_d s_{\text{пр}}} k_3;$$

– то же при подаче на двойной ход стола

$$T_0 = \frac{2L}{n_d s},$$

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

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3,$$

где  $l$ ,  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  – соответственно длина обрабатываемой поверхности, длина врезания, длина подвода и перебега инструмента  $l_2, l_3 = 2-5$  мм;

$i$  – число проходов;

$n$  – частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$n_d$  – частота вращения детали,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$s$  – подача в направлении обработки (главного движения), мм/об;

$k_3$  – коэффициент зачистных ходов (принимается в пределах 1,1–1,4 в зависимости от точности обработки; большее значение – для более высокой точности).

### **Порядок выполнения работы**

По исходным данным рассчитать основное время операции.

## Практическая работа № 6

### РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И СЕБЕСТОИМОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

**Цель работы:** приобрести практические навыки расчета затрат на восстановление.

#### Определение затрат на восстановление детали

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

Затраты на восстановление можно определить бухгалтерским методом путем расчета по составляющим элементам.

В общем виде затраты на восстановление детали определяют по формуле

$$C_B = C_{и} + \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m M_{i,j} + \sum_{j=1}^m Z_{прj} + \sum_{j=1}^m E_{oj} + \sum_{j=1}^m E_{aj} + \sum_{j=1}^m E_{эj} + \sum_{j=1}^m E_{плj} + \sum_{k=1}^p E_{сто k} \right),$$

где  $C_{и}$  – стоимость изношенной детали, руб. Стоимость изношенной детали  $C_{и}$  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 стоимость изношенной детали  $C_{и}$  можно принять равной 0,1 от цены новой детали. Цена новой детали определяется по прейскурантам на запасные части на момент выполнения расчета;

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

$Z_{пр}$  – заработная плата производственных рабочих по всем технологическим операциям, руб.;

$E_{oj}$  – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.;

$E_{aj}$  – амортизационные отчисления от стоимости оборудования, руб.;

$E_{эj}$  – затраты на силовую электроэнергию, руб.;

$E_{плj}$  – затраты на содержание производственных площадей, руб./м<sup>2</sup>;

$E_{сток}$  – затраты на содержание средств технологического оснащения, режущий и мерительный инструмент, руб.;

$i$  – количество наименований материалов, по номенклатуре;

$j$  – операции технологического процесса;

$k$  – номенклатура средств технологического оснащения.

Затраты на материалы ( $i$ ) по всем технологическим операциям ( $j$ )

$$M_{i,j} = \sum_{i=1}^n g_i \Pi_i, \quad (6.1)$$

где  $g_i$  – масса (объем) использованного материала конкретного наименования, кг (л);

$\Pi_i$  – цена 1 кг (л) материала конкретного наименования, руб.;

$n$  – число наименований конкретных материалов.

Заработная плата производственных исполнителей

$$З_{пр} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{t_{шт-к} T k K_d}{60} \right), \quad (6.2)$$

где  $t_{шт-к}$  – штучно-калькуляционное время на операцию, мин;

$T$  – часовая тарифная ставка, руб.;

$k$  – тарифный коэффициент, соответствующий каждому разряду;

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

Тарифные ставки работников исчисляются путем последовательного умножения тарифной ставки первого разряда (часовая тарифная ставка 1-го разряда на 01.03.2015 г. 280 000 руб./170 ч) на соответствующие тарифные коэффициенты Единой тарифной сетки работников Республики Беларусь и корректирующие коэффициенты.

Тарифные коэффициенты и разряды оплаты труда приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

## Тарифная сетка и тарифные коэффициенты

Разряд оплаты труда	1	2	3	4	5	6
Тарифные коэффициенты	1,0	1,25	1,56	1,78	2,03	2,31

Корректирующие коэффициенты: с 1-го по 2-й разряд – 3,500; со 2-го по 3-й разряд – 3,066; с 3-го по 4-й разряд – 2,660; с 4-го по 5-й разряд – 2,321; с 5-го по 6-й разряда – 2,148; с 6-го по 7-й разряд – 1,988.

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования

$$E_{oj} = t_{шт-к} \frac{(H_M K_M + H_Э K_Э)}{60 K_T \Phi_0},$$

где  $H_M, H_Э$  – 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

$$E_0 = \frac{1,122 C_0 H_a t_{шт-к}}{100 \cdot 60 \Phi_0},$$

где  $1,122 C_0$  – произведение оптовой цены оборудования и коэффициента 1,122, учитывающего затраты на транспортирование и монтаж оборудования, руб.;

$H_a$  – норма амортизационных отчислений, %.

Затраты на силовую электроэнергию

$$E_3 = \frac{N_{\text{эл.д}} \eta t_{\text{шт-к}} \Pi_3}{7200},$$

где  $N_{\text{эл.д}}$  – установленная мощность электродвигателей оборудования, кВт;

$\eta$  – общий коэффициент загрузки электродвигателей;

$\Pi_3$  – цена 1 кВт·ч электроэнергии, руб.

Затраты на содержание производственных площадей

$$E_{\text{пл}} = \frac{N_{\text{пл}} S_c K K_{\text{п.у}} t_{\text{шт-к}}}{60 \Phi_0},$$

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.;

$K_{\text{п.у}}$  – коэффициент, учитывающий площадь для систем управления станков с ЧПУ.

На основании выполненных расчетов составляется калькуляция (табл. 6.2) и определяется стоимость восстановления детали.

Таблица 6.2

### Калькуляция на восстановление детали

№ п/п	Наименование статей	Расчетные соотношения	Сумма, руб.
1	2	3	4
1	Сырье и основные материалы	Формула (6.1)	
2	Основная заработная плата производственных (основных и дополнительных) рабочих	Формула (6.2)	
3	Дополнительная заработная плата, 16 %	Статья 2 × 0,16	

Окончание табл. 6.2

1	2	3	4
4	Отчисления на социальное страхование, 34 %	Статья $(2 + 3) \times 0,34$	
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, 67 %	Статья $2 \times 0,67$	
6	Износ инструмента, 14 %	Статья $2 \times 0,14$	
7	Топливо и энергия на технологические нужды		
8	Цеховые расходы, 55 %	Статья $2 \times 0,55$	
9	Общезаводские расходы, 200 %	Статья $2 \times 2,0$	
10	Транспортно-заготовительные расходы, 11 %	Статья $1 \times 0,11$	
11	Производственная себестоимость	Статья $1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10$	
12	Внепроизводственные расходы, 1,8 %	Статья $11 \times 0,018$	
13	Полная себестоимость	Статья $11 + 12$	
14	Накопления (прибыль), 25 %	Статья $13 \times 0,25$	
15	Оптовая цена	Статья $13 + 14$	
16	НДС, 20 %	Статья $15 \times 0,20$	
17	Отпускная цена единицы	Статья $15 + 16$	

## *Практическая работа № 7*

### **ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ И РАЗРАБОТКА ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ**

#### **Цель работы**

1. Приобрести практические навыки расчета производственной программы и средств технического оснащения рабочих мест.
2. Разработать таблицу (ведомость) средств технического оснащения.
3. Разработать планировочное решение в соответствии с индивидуальным заданием.

#### **Расчет производственной программы и средств технического оснащения рабочих мест**

Производственная программа по восстановлению деталей определяется исходя из анализа разработанного технологического процесса. Для этого необходимо определить минимальную норму времени на выполнение основной операции (возможно суммирование рассчитанных норм времени аналогичных операций, выполняемых на одном оборудовании). Для операций, связанных с восстановлением резб и других повреждений в корпусных деталях, имеется специфика в организации рабочего места. Поэтому все предварительные и заключительные операции суммируются с временем на выполнение основной операции (подготовительные, слесарные, сварочные, наплавочные работы).

Производственная программа по восстановлению деталей

$$N = \frac{60\Phi_{\text{д.о}}}{T_{\text{шт}}^{\text{min}}},$$

где  $N$  – годовая производственная программа восстановления деталей, шт.;

$\Phi_{\text{д.о}}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$T_{\text{шт}}^{\text{min}}$  – минимальное время на основную технологическую операцию в разработанном технологическом процессе, мин.

**Фонд времени**  $\Phi_{\text{д.о}}$  – это время в часах, в течение которого оборудование может работать при заданном режиме работы с учетом простоев в профилактическом обслуживании и ремонте:

$$\Phi_{\text{д.о}} = \{ [365 - (d_{\text{в}} + d_{\text{п}})] t_{\text{см}} - t_{\text{ск}} d_{\text{п}} \} y \eta_{\text{о}},$$

где  $d_{\text{в}}$  – количество выходных дней в году;

$d_{\text{п}}$  – количество праздничных дней в году;

$t_{\text{см}}$  – средняя продолжительность рабочей смены, ч;

$t_{\text{ск}}$  – сокращение длительности смены в предпраздничные дни, ч ( $t_{\text{ск}} = 1$ );

$y$  – количество смен работы;

$\eta_{\text{о}}$  – коэффициент использования оборудования:  $\eta_{\text{о}} = 0,95-0,98$ .

Рассчитанная программа служит основанием для определения количества оборудования.

Количество металлорежущих станков, стандов, установок и другого оборудования

$$X_i = \frac{t_{\text{шт}i} N}{60 \Phi_{\text{д.о}} \eta_{\text{з.о}}},$$

где  $X_i$  – количество оборудования  $i$ -го наименования, шт.;

$t_{\text{шт}i}$  – норма времени на выполнение  $i$ -й операции, мин;

$\eta_{\text{з.о}}$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования (для серийного производства  $\eta_{\text{з.о}} = 0,75-0,85$ ).

Результаты расчета представляются в виде таблицы (табл. 7.1).

Таблица 7.1

**Количество оборудования по операциям технологического процесса  
восстановления**

№ операции	Наименование операции	Штучное время, мин	Наименование оборудования (тип, модель)	Режим работы, смен	Количество оборудования, ед.		Коэффициент загрузки оборудования	Примечание
					расчетное	принятое		
010	Сварка	18,8	Стенд-кантователь блока цилиндров, модель 6601-13	1/2014	0,98	1,00	0,98	

В графе «Примечание» приводится дополнительная информация об изменении режима работы данного вида оборудования с целью максимальной его загрузки, более эффективного использования производственных площадей и трудовых ресурсов.

Разработку организации рабочего места необходимо проводить в следующей последовательности.

1. Составить ведомость применяемого технологического оборудования, которая должна содержать модель и основные характеристики оборудования, потребляемую мощность двигателей, габаритные размеры (табл. 7.2).

Таблица 7.2

**Ведомость оборудования рабочего места по восстановлению  
(наименование детали)**

Наименование оборудования	Модель, тип, характеристика	Количество	Установленная мощность, кВт	Габаритные размеры в плане, мм	Занимаемая площадь пола, м <sup>2</sup>	
					единицы	общая
1	2	3	4	5	6	7

2. Рассчитать количество производственных рабочих, занятых в основном производстве. Оно определяется для каждого участка в зависимости от трудоемкости выполняемых работ и годовых фондов времени:

$$P_{\text{я}} = \frac{\sum t_{\text{шт}} N}{60 \Phi_{\text{н.р}}},$$

где  $\Phi_{\text{н.р}}$  – номинальный годовой фонд времени рабочего, учитывающий полное календарное время работы:

$$\Phi_{\text{н.р}} = [365 - (d_{\text{в}} + d_{\text{п}})] t_{\text{см}} - t_{\text{ск}} d_{\text{п}}, \text{ ч.}$$

Площадь производственного помещения для реализации разрабатываемого технологического процесса восстановления деталей

$$F = \sum f_{\text{об}} K,$$

где  $F$  – расчетная площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$\sum f_{\text{об}}$  – суммарная площадь, занимаемая оборудованием, м<sup>2</sup>;

$K$  – коэффициент плотности расстановки оборудования, учитывающий зону действия исполнителей, проходы, проезды ( $K = 3,0-4,5$ ).

3. В соответствии с маршрутом выполнения технологических операций, применяемого оборудования и оснастки, количеством оборудования по каждой операции и рекомендацией СНиП выполнить технологическую планировку рабочих мест по реализации технологического процесса.

На технологической планировке условными обозначениями необходимо изобразить план размещения оборудования, рабочих мест, потребителей энергоресурсов и другие необходимые коммуникации с учетом требований государственных стандартов и нормативных документов. Расшифровка условных обозначений приводится на свободном месте выполненного чертежа.

На рис. 7.1 и 7.2 приведены варианты планировочных решений по организации рабочих мест восстановления деталей, которые могут быть использованы в качестве предполагаемого решения.

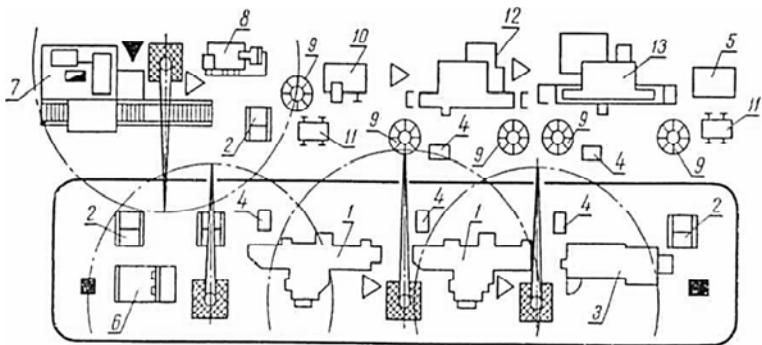


Рис. 7.1. Планировка участка ремонта коленчатых и распределительных валов способом ремонтных размеров:

1 – круглошлифовальный станок для шлифования шеек коленчатых валов; 2 – стеллаж; 3 – токарный станок; 4 – тумбочка для инструмента; 5 – монтажный стол; 6 – станок для полировки шеек коленчатых валов; 7 – установка для промывки масляных каналов в блоках и коленчатых валах; 8 – приспособление для напрессовки шестерни и противовеса на коленчатый вал; 9 – тумбочка для распределительных валов; 10 – слесарный верстак на одно рабочее место; 11 – комплекточная тележка; 12 – копировально-шлифовальный станок; 13 – круглошлифовальный станок

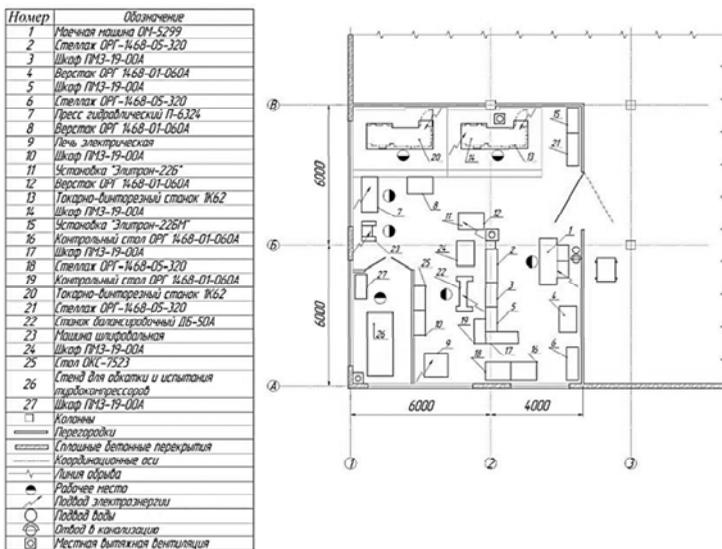


Рис. 7.2. Планировка участка ремонта турбокомпрессоров

## **Порядок выполнения работы**

1. Рассчитать производственную программу.
2. Разработать таблицу (ведомость) средств технического оснащения.
3. Разработать планировочное решение в соответствии с индивидуальным заданием.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Савич, А. С. Технология и оборудование ремонта автомобилей / А. С. Савич, В. П. Иванов, В. К. Ярошевич. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2009. – 364 с.
2. Ярошевич, В. К. Технология производства и ремонта автомобилей : учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, А. В. Казацкий. – Минск : БНТУ, 2009. – 40 с.
3. Ярошевич, В. К. Технология ремонта автомобилей : лабораторный практикум / В. К. Ярошевич, А. С. Савич, А. В. Казацкий. – Адукацыя і выхаванне, 2004. – 392 с.
4. Казацкий, А. В. Основы организации и проектирования рабочих мест по восстановлению деталей на предприятиях автомобильного транспорта : методическое пособие / А. В. Казацкий, В. С. Смольская. – Минск : БНТУ, 2010. – 40 с.

Учебное издание

## **ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Методические указания  
к выполнению практических работ  
для студентов специальности 1-37 01 07 «Автосервис»

Составители:

**ИВАШКО** Виктор Сергеевич  
**КАЗАЦКИЙ** Александр Васильевич  
**БУЙКУС** Кястас Вито

Редактор *Т. Н. Микулик*  
Компьютерная верстка *А. Г. Занкевич*

Подписано в печать 14.04.2015. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 2,73. Тираж 100. Заказ 721.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.