

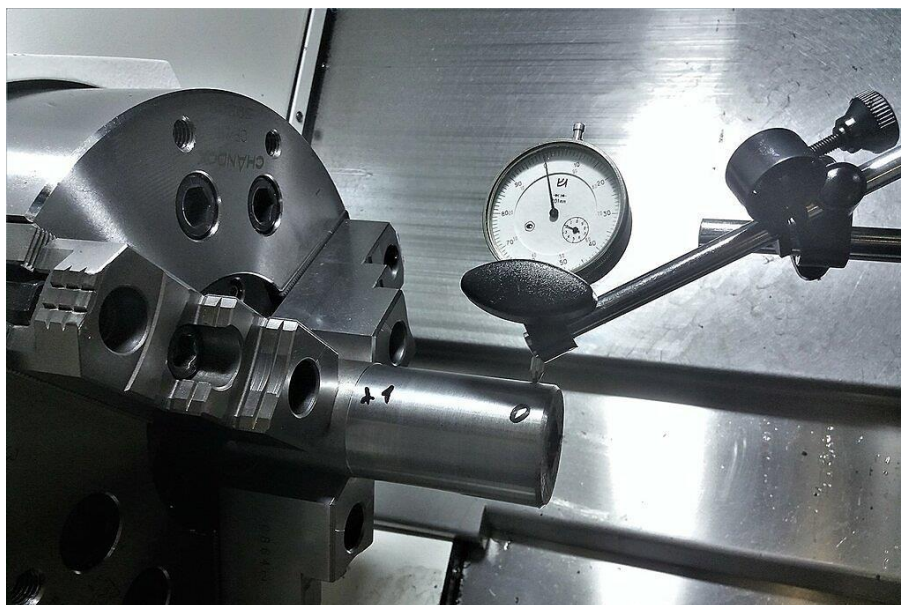
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания
к практическим работам по дисциплине
«Эксплуатация и обслуживание технологических машин»
для студентов направления подготовки
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»



Севастополь
СевГУ
2023

УДК [621.941:658.58](076.5)

ББК 34.63-5-08-5*я73

Э41

Р е ц е н з е н т :

А.О. Харченко – канд. техн. наук,
профессор кафедры «Технология машиностроения»

Составители: В.Б. Богуцкий, Д.Е. Сидоров

Э41 Эксплуатация и обслуживание металлообрабатывающего оборудования : методические указания к практическим работам для студентов направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» по дисциплине «Эксплуатация и обслуживание технологических машин» / Севастопольский государственный университет, Политехнический институт ; сост.: В. Б. Богуцкий, Д. Е. Сидоров. – Севастополь : СевГУ, 2023. – 101 с. – Текст : электронный.

Предназначены для учебно-методического обеспечения дисциплины «Эксплуатация и обслуживание технологических машин».

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении практических работ.

УДК [621.941:658.58](076.5)

ББК 34.63-5-08-5*я73

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Технология машиностроения, протокол № 2 от 05 сентября 2023 г.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

1. Практическая работа 1. Выявление возможных неисправностей металлообрабатывающего оборудования.	4
2. Практическая работа 2. Разработка структуры ремонтного цикла металлообрабатывающего оборудования	8
3. Практическая работа 3. Разработка графика планово- предупредительного ремонта металлообрабатывающего оборудования....	13
4. Практическая работа 4. Формирование структуры цикла технического обслуживания металлообрабатывающего оборудования ...	18
5. Практическая работа 5. Разработка карты технического обслуживания металлообрабатывающего оборудования	23
6. Практическая работа 6. Назначение марок смазки узлов металлообрабатывающего оборудования. Разработка карты и схемы смазки	26
7. Практическая работа 7. Назначение характеристик фундамента металлообрабатывающего оборудования и выбор устройств виброизоляции	32
8. Практическая работа 8. Выбор методов дефектовки деталей металлообрабатывающего оборудования	38
9. Практическая работа 9. Выбор методов ремонта деталей металлообрабатывающего оборудования	43
10. Практическая работа 10. Расчет режимов наплавки проволочных и порошковых материалов при ремонте деталей.....	50
11. Практическая работа 11. Расчет режимов нанесения электрохимических покрытий при ремонте деталей	55
12. Практическая работа 12. Разработка схем проверки кинематической точности узлов металлообрабатывающего оборудования ...	63
13. Практическая работа 13. Выбор схемы проверки точности технологической оснастки.....	69
Рекомендуемая литература.....	72
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	73

Практическая работа 1

ВЫЯВЛЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Цель работы

Получить практические навыки определения типовых неисправностей металлообрабатывающего оборудования и методов их устранения.

2. Теоретический раздел

Потери от внезапного выхода из строя ответственных элементов металлообрабатывающего оборудования дорого обходятся бюджету предприятия. В станках могут быть различного рода неисправности. Многие из них возникают из-за несоблюдения инструкций по уходу и обслуживанию. В любом случае, прежде чем приступить к устранению неисправности, нужно ознакомиться с перечнем типовых неисправностей и методы их устранения в руководствах по обслуживанию металлообрабатывающего оборудования или в информации по сервисному и техническому обслуживанию (см. пример на рисунке 1.1). При идентичности характера возникшей неисправности с описанной, нужно воспользоваться предлагаемыми методами устранения.

Руководство по устранению неисправностей

Признак	Вероятные причины	Способ устранения
Устройство включено, но индикатор переключателя питания не горит.	Блок управления не получает питания.	Проверьте шнур питания, предохранитель и источник переменного тока.
Кнопки Start (пуск) и Zero Return (возврат в нулевую точку) на передней панели не работают.	В режиме программирования (Program), или параметр 6 установлен на 1.	Измените параметр 6 на 0. Включите режим выполнения (RUN).
При попытке ввода программы появляется индикация "Error".	Параметр 7 установлен на 1.	Измените параметр 7 на 0.
Вибрация заготовки при индексации или непрерывной обработке.	1. Не работает тормоз (HRT и TRT). 2. Сильный люфт. 3. Сильный люфт червяка.	Обратитесь в отдел технического обслуживания Naas.
HA5C и A6 - заедание цанги с жестким упором и/или недостаточное зажимное усилие.	Сильное трение шпиндель/цанга.	Смажьте шпиндель и цангу смазкой с дисульфидом молибдена.
Утечка воздуха в районе заднего тормозного диска, HRT и TRT.	Задувание стружки в зазор между уплотнительным кольцом и тормозным диском.	Обратитесь в отдел технического обслуживания Naas. (Не используйте пневмопистолет вокруг тормозного диска).
HRT (A6) - Залипание цанги с жестким упором и/или недостаточное зажимное усилие.	Сильное трение шпиндель/цанга.	Смажьте шпиндель и цангу смазкой с дисульфидом молибдена.

Рисунок 1.1 – Фрагмент перечня типовых неисправностей и методы их устранения в руководстве по обслуживанию станка Naas.

Для разработки таблицы перечня типовых неисправностей и методов их устранения необходимо выполнить анализ служебного назначения, конструкции и условий работы металлообрабатывающего оборудования.

При анализе конструкции и условий работы металлообрабатывающего оборудования следует учитывать, что технологическое оборудование,

как правило, имеет сложную, иерархическую структуру и разделяется на отдельные системы, которые могут рассматриваться как совокупность отдельных систем, подсистем и элементов.

Например, металлорежущий станок может включать в себя следующие системы:

- Система «Главный привод» (обеспечивает движение инструмента или заготовки со скоростью резания, сообщают исполнительному элементу движение с заданными параметрами, передает движение заготовки или инструменту со скоростью резания);

- Система «Привод подачи» (обеспечивает движение подачи и позиционирование, перемещение инструмента относительно заготовки со скоростью подачи);

- Несущая система (обеспечивает определенное взаимное расположение инструмента с обрабатываемой деталью и заданные траектории движения элементов станка);

- Система смены заготовок (обеспечивает загрузку и выгрузку заготовок);

- Система смены инструмента (обеспечивает замену и зажим инструмента);

- Система удаления стружки (обеспечивает своевременное удаление стружки из рабочей зоны и от станка);

- Система обеспечения подачи смазочно-охлаждающей технологической среды (обеспечивают своевременную и дозированную подачу СОТС, отвод и сбор СОТС);

- Система ручного управления (обеспечивает ручное управление работой станка в режиме наладки);

- Система автоматического управления (обеспечивает автоматическую работу станка по заданной программе и поддерживает заданный режим работы станка);

- Система адаптивного управления (обеспечивает адаптацию работы узлов станка к изменяющимся условиям обработки);

- Система контроля (обеспечивает контроль точности обработки и качества обрабатываемой поверхности, контроль состояния инструмента, контроль технических характеристик узлов станка, отключение станка при поломках узлов);

- Система смазки (обеспечивает смазку узлов станка в процессе эксплуатации);

- Система электропитания и электроавтоматики (обеспечивает электропитание узлов и систем станка в процессе эксплуатации);

- Система гидроприводов оборудования (обеспечивает рабочие и вспомогательные перемещения узлов оборудования, загрузочно-разгрузочных устройств и технологической оснастки).

На основе анализа служебного назначения, конструкции и возможных условий работы систем металлообрабатывающего оборудования определяются признаки, возможные причины возникновения и способы устранения неисправностей возникающих при его эксплуатации. Рекомендации по выявлению признаков, причин возникновения и способов устранения неисправностей систем и узлов для металлообрабатывающего оборудования приведены в Приложении А, таблицы А.1, А.2 и в [1].

Описание признаков, возможные причины возникновения и способы устранения неисправностей возникающих при эксплуатации анализируемого металлообрабатывающего оборудования рекомендуется оформлять в виде таблицы (см. таблицу 1.1).

Таблица 1.1 – Характерные неисправности станка модели _____

Система	№	Характер неисправности	Возможные причины возникновения	Методы устранения
	1.			
	2.			
	...			
	1.			
	2.			
	...			
	1.			
	2.			
	...			

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить вариант задания на практическую работу, изучить методическое пособие.

3.2. Выполнить анализ служебного назначения, конструкции и условий работы металлообрабатывающего оборудования.

3.3. Составить перечень систем анализируемого металлообрабатывающего оборудования.

3.4. Определить признаки, возможные причины возникновения и способы устранения неисправностей в системах металлообрабатывающего оборудования возникающих при его эксплуатации.

3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Перечень систем анализируемого металлообрабатывающего оборудования.

4.3. Признаки, возможные причины возникновения и способы устранения неисправностей в системах металлообрабатывающего оборудования возникающих при его эксплуатации (таблица 1.1).

4.4. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

5.1. Цель разработки перечня типовых неисправностей и методов их устранения.

5.2. В каких документах может быть размещен перечень типовых неисправностей металлообрабатывающего оборудования?

5.3. Что называется функцией технической системы и как выполняют анализ функции технической системы?

5.4. Поясните понятие «иерархическая структура».

5.5. Перечень систем характерных для металлообрабатывающего оборудования.

5.6. Какие подсистемы входят в «Систему обеспечения подачи СОТС»?

5.7. Какие подсистемы входят в систему «Главный привод»?

5.8. Какие подсистемы входят в систему «Привод подачи»?

5.9. Какие подсистемы входят в «Систему удаления стружки»?

5.10. Какие подсистемы входят в систему «Система смены заготовок»?

Практическая работа 2

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ РЕМОНТНОГО ЦИКЛА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Цель работы

Получить практические навыки разработки структуры ремонтного цикла металлообрабатывающего оборудования.

2. Теоретический раздел

Повреждения и износы деталей механической части оборудования, вызывающие необходимость в ремонтах, могут быть разделены на две основные группы:

- износ и повреждение деталей внутри сборочных единиц, не вызывающие нарушения правильности взаимодействия последних, но в ряде случаев приводящие к потере точности оборудования из-за возникновения вибраций при взаимодействии износившихся деталей;
- износ рабочих поверхностей базовых деталей сборочных единиц, приводящий к нарушениям первоначальных траекторий их взаимного перемещения и непосредственно вызывающий потерю точности или снижение производительности оборудования.

Для устранения повреждений и износов, относящихся к различным группам, требуются принципиально различающиеся по характеру ремонтные работы. Поэтому по составу и объему работ рациональная система технического обслуживания и ремонта оборудования предусматривает следующие виды ремонтов:

Текущий ремонт (ТР) – «ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности изделия и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей». При выполнении ТР производится замена некоторых деталей. Работы могут сопровождаться выполнением разборочных работ, с последующей сборкой и регулировкой.

Средний ремонт (СР) – «ремонт, выполняемый для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса изделий, с заменой или восстановлением составных частей ограниченной номенклатуры и контролем технического состояния составных частей, выполняемом в объеме, установленном в нормативно-технической документации»¹. При выполнении СР производится замена некоторых деталей (новыми или восстановленными) или сборочных единиц. Работы сопровождаются выполнением разборочных работ, с последующей сборкой и регулировкой.

Капитальный ремонт (КР) – «ремонт, выполняемый для восстановления исправности полного или близкого к полному восстановлению ресурса изделия с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые». Как правило при выполнении КР выполняется замена или вос-

становление всех изношенных или поврежденных деталей сборочных единиц и восстановление первоначальных траекторий перемещения узлов оборудования. Работы сопровождаются полной разборкой станка, с последующей его ее сборкой и регулировкой. При капитальном ремонте во время разборки машины обязательно составляется ведомость дефектов ремонтируемого агрегата.

Все виды работ по плановому ремонту выполняются в определенной очередности и образуют циклы.

Ремонтный цикл – «наименьший повторяющийся интервал времени или наработка изделия, в течение которых выполняются в определенной последовательности в соответствии с требованиями нормативно-технической или эксплуатационной документации все установленные виды ремонта».

Ремонтный цикл характеризуется структурой цикла, длительностью цикла, длительностью межоперационного периода (период эксплуатации оборудования между двумя плановыми ремонтами) и заканчивается капитальным ремонтом.

Структура ремонтного цикла (РЦ) – список видов ремонтов входящих в состав структуры расположенных в очередности их исполнения.

Длительность ремонтного цикла ($T_{РЦ}$) – период эксплуатации оборудования (в часах) в течение которого выполняются все ремонты, входящие в состав цикла. Простои оборудования, связанные с выполнением ремонтов, а также технического обслуживания, в продолжительность ремонтного цикла не входят.

Например, структуру цикла включающего в себя четыре текущих ремонта один средний ремонт и один капитальный ремонт записывают следующим образом:

$$\frac{КР - ТР - ТР - СР - ТР - ТР - КР}{T_{РЦ}}.$$

Длительность ремонтного цикла рассчитывают по формуле

$$T_{РЦ} = \beta_n \cdot \beta_m \cdot \beta_y \cdot \beta_m \cdot A,$$

где β_n – коэффициент, учитывающий тип производства; β_m – коэффициент, учитывающий вид обрабатываемого материала; β_y – коэффициент учитывающий условия эксплуатации оборудования; β_m – коэффициент, учитывающий весовую категорию станка; A – номинальный цикл ремонта, зависящий от возраста станка. Значения номинальных циклов ремонта (A) и коэффициентов ($\beta_n, \beta_m, \beta_y, \beta_m$) приведены в Приложении Б, таблицы Б.1...Б.4 и в [1].

Структуры ремонтных циклов металлообрабатывающего оборудования показаны в таблице 2.1. Структура РЦ металлообрабатывающих стан-

ков с ЧПУ назначается с учетом минимально возможного количества разборок их узлов. Желательно использовать девятипериодную структуру:

$$\frac{\text{КР - ТР - ТР - ТР - СР - ТР - ТР - ТР - КР}}{T_{\text{РЦ}}}.$$

Для **промышленных роботов** категории сложности ремонта определяются в зависимости от их конструктивных характеристик по таблицам категорий сложности ремонта оборудования с ЧПУ, а длительность межоперационных периодов по аналогии с периодами межремонтного обслуживания станков с ЧПУ. Как правило, длительность межоперационных периодов принимают равной 8...10 мес.

Для **автоматических линий** структуру ремонтного цикла назначают с учетом разнообразия служебного назначения и состава металлообрабатывающего оборудования входящего в них, предъявляемым к каждой единице оборудования технических и эксплуатационных требований, а также жесткого лимита времени на простои металлообрабатывающего оборудования в ремонте. Срок службы автоматических линий может быть принят за длительность условного ремонтного цикла (12 лет).

Таблица 2.1 – Структуры ремонтных циклов металлообрабатывающего оборудования.

Класс точности	Масса оборудования, т	Структура ремонтного цикла	Число ТР в цикле	Число операций ТО в межремонтном обслуживании
Н	До 10	КР – ТР – ТР – СР – ТР – КР	4	5
	10...100	КР – ТР – ТР – СР – ТР – ТР – КР	5	12
	Более 100	КР – ТР – ТР – ТР – СР – ТР – ТР – КР	6	21
П, В, А, С	До 10	КР – ТР – ТР – ТР – СР – ТР – ТР – ТР – ТР – КР	8	9
	10...100			18
	Более 100	КР – ТР – ТР – ТР – ТР – СР – ТР – ТР – ТР – ТР – КР	9	30

Для загрузочных устройств и транспортных систем (в зависимости от их технологического назначения и сложности конструкции) длительность ремонтного цикла составляет 3...7,5 лет, а структура обычно имеет вид:

КР-О-О-ТР-О-О-ТР-О-О-ТР-О-О-ТР-О-О-ТР-О-О-ТР-О-О-КР.

При назначении структуры ремонтных циклов необходимо учитывать что:

- каждая единица оборудования или автоматическая линия в целом обладает собственной структурой ремонтного цикла;
- циклы оборудования входящего в компоновку автоматической линии должны быть взаимосвязаны организационно;

➤ для более точного учета технического состояния станков в состав структуры ремонтного цикла должно вводиться дополнительное количество осмотров.

В качестве показателя для сравнения объемов ремонтных работ, а также для их сопоставления в течение ряда лет применяется единица ремонтосложности оборудования.

Единица ремонтосложности механической части оборудования R_m – «это ремонтосложность некоторой условной машины, трудоемкость капитального ремонта механической части которой, отвечающего по объему и качеству требованиям ТУ на ремонт, равна **50 часам** в неизменных организационно-технических условиях среднего ремонтного цеха машиностроительного предприятия».

Единица ремонтосложности электрической части оборудования R_e – «это ремонтосложность некоторой условной машины, трудоемкость капитального ремонта электрической части которой, отвечающего по объему и качеству требованиям ТУ на ремонт, равна **12,5 часам** в таких же условиях, при которых определяется R_m ».

Значения R_m и R_e для некоторых марок металлообрабатывающего оборудования приведены в Приложении Б, таблица Б.5 и в [1].

Для механообрабатывающего оборудования время на ремонт рассчитывается исходя из времени в часах на единицу ремонтной сложности

$$T_{рем} = T_p \cdot R,$$

где T_p – трудоемкость единицы ремонтной сложности, час [1].

Годовые затраты времени в часах на заданный вид ремонта единицы оборудования

$$T_z = T_p \cdot n_{(T;C)} \cdot R \cdot K_{ц},$$

где $n_{(T;C)}$ – количество текущих и средних ремонтов; T_p – трудоемкость единицы ремонтной сложности, час.; R – категория ремонтной сложности; $K_{ц}$ – коэффициент цикличности.

Длительность межремонтного периода (в месяцах) определяется по формуле:

$$T_{p.пер} = \frac{T_{пц}}{n_{(T,C)} + 1},$$

где $T_{пц}$ – длительность межремонтного цикла, месяц; $n_{(T,C)}$ – количество ремонтов, предусмотренных структурой ремонтного цикла.

Длительность межосмотрового периода (в месяцах) определяется по формуле:

$$T_{осм} = \frac{T_{пц}}{n_{(T,C)} + n_{осм} + 1},$$

где $n_{осм}$ – количество осмотров, предусмотренных структурой ремонтного цикла.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить вариант задания на практическую работу, изучить методическое пособие.

3.2. С использованием сети ИНТЕРНЕТ найти фотографию (или рисунок) и техническую характеристику заданного металлообрабатывающего оборудования.

3.3. По технической характеристике заданного металлообрабатывающего оборудования, году выпуска и условиям эксплуатации назначить перечень видов ремонтов входящих в ремонтный цикл.

3.4. Используя таблицы из Приложения Б или приведенные в [1], рассчитать длительность ремонтного цикла для заданного металлообрабатывающего оборудования.

3.5. Рассчитать годовые затраты времени в часах на каждый вид ремонта.

3.6. Описать разработанную структуру ремонтного цикла.

3.6. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Изображение, техническая характеристика и условия эксплуатации заданного металлообрабатывающего оборудования.

4.3. Расчет длительности ремонтного цикла, годовых затрат времени в часах на каждый вид ремонта и длительности межосмотрового периода.

4.4. Описание разработанной структуры ремонтного цикла.

4.5. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

5.1. На какие основные группы могут быть разделены повреждения и износы деталей механической части оборудования, вызывающие необходимость в ремонтах?

5.2. Каким показателем характеризуется ремонтный цикл?

5.3. Как рассчитывают длительность ремонтного цикла?

5.4. Раскройте понятие «Текущий ремонт».

5.5. Раскройте понятие «Капитальный ремонт».

5.6. Раскройте понятие «Средний ремонт».

5.7. Факторы, определяющие длительность ремонтного цикла.

5.8. Раскройте понятие «Ремонтный цикл».

ствуется одному месяцу, условным обозначением указывают: К – капитальный, Т – текущий. В графах 23 и 24 соответственно записываются годовой простой оборудования в ремонте и годовой фонд рабочего времени.

Для составления годового графика ППР металлообрабатывающего оборудования необходимы нормативы периодичности его ремонта. Эти данные можно найти в паспортных данных завода-изготовителя на оборудование, если завод это специально регламентирует, либо использовать справочник [2] (см. Приложение В, таблица В.1).

Рассмотрим конкретно взятый пример. Предположим, что у нас в цеху есть: токарно - винторезный станок КС 63 ED, вертикально-фрезерный станок 6М13П.

Шаг 1. Вносим в пустую форму графика ППР наше оборудование (рисунок 3.2).

Наименование оборудования	Инвентарный №	Нормативы ресурса между ремонтами (числитель) и простоя (знаменатель)		Дата последних капитальных и текущих ремонтов (месяц, год)		Условные обозначения ремонта												Годовой простой оборудования в ремонте	Годовой фонд рабочего времени
		К	Т	К	Т	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Токарно-винторезный станок КС 63 ED	14569																		
Вертикально-фрезерный станок 6М13П	58910																		

Рисунок 3.2 – Запись оборудования в форму графика ППР

Шаг 2. На этом этапе определяем нормативы ресурса между ремонтами и простоя. В таблице «Нормативы периодичности, продолжительности и трудоемкости ремонта металлорежущего, деревообрабатывающего и кузнечно-прессового оборудования» находим описание оборудования, которое соответствует заданному, выбираем значения периодичности ремонта и простоя при капитальном и текущем ремонтах (см. рисунок 3.3), записываем их в график (см. рисунок 3.4).

Оборудование, краткая характеристика	Периодичность ремонта (числитель) и продолжительность простоя (знаменатель), ч		Трудоемкость одного ремонта чел.-ч	
	Т	К	Т	К
Станки металлообрабатывающие				
Токарно-винторезные станки нормальной и повышенной точности (D_{max} обрабатываемого изделия $\times L$ между центрами, мм): до 270 $\times$ до 500 до 320 $\times$ (710—900) до 350 $\times$ 1000 400 $\times$ (700—1500) 500 $\times$ (1000—2000) 630 $\times$ (1400—2800)	8640/10	69120/64	30	215
	8640/12	69120/78	36	240
	8640/13	69120/80	39	250
	8640/14	69120/96	42	305
	8640/16	77760/104	48	330
	8640/20	77760/144	60	440
Вертикально-фрезерные станки (рабочая поверхность стола — $L \times B$, мм): до 800 $\times$ до 225 1000 $\times$ 250 1250 $\times$ (250—320) 1600 $\times$ 400 1600 $\times$ 630 2500 $\times$ 750	8640/8	69120/58	24	185
	8640/14	69120/89	42	280
	8640/16	69120/136	48	355
	8640/20	69120/144	60	425
	8640/34	69120/232	102	725
	8640/35	77760/236	105	740

Рисунок 3.3 – Выбор значений периодичности ремонта и простоя при капитальном и текущем ремонтах

Наименование оборудования	Инвентарный №	Норматив ресурса между ремонтами (числитель) и простоя (знаменатель)		Даты последних капитальных и текущих ремонтов (месяц, год)		Условное обозначение ремонта												Годовой простоя оборудования в ремонте	Годовой фонд рабочего времени
		К	Т	К	Т	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Токарно-винторезный станок КС 63 ED	14569	77760/144	8640/20																
Вертикально-фрезерный станок 6М13П	58910	69120/144	8640/20																

Рисунок 3.4 – Запись значений периодичности ремонта и простоя при капитальном и текущем ремонтах оборудования в форму графика ППР

Шаг 3. Для заданного оборудования необходимо определиться с количеством и видом ремонтов в предстоящем году. Для этого нам необходимо определиться с датами последних ремонтов – капитального и текущего. Предположим, мы составляем график на 2023 год. Оборудование действующее, даты ремонтов нам известны. Станок мод. КС 63 ED проходил капитальный ремонт в феврале 2014 года, текущий – декабрь 2022 года. Станок мод. 6М13П проходил капитальный ремонт в сентябре 2016 года, текущий – в марте 2022 года, вносим эти данные в график (см. рисунок 3.5).

Наименование оборудования	Инвентарный №	Норматив ресурса между ремонтами (числитель) и простоя (знаменатель)		Даты последних капитальных и текущих ремонтов (месяц, год)		Условное обозначение ремонта (числитель) и время простоя в ремонте (знаменатель)												Годовой простоя оборудования в ремонте	Годовой фонд рабочего времени
		К	Т	К	Т	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Токарно-винторезный станок КС 63 ED	14569	77760/144	8640/20	02.2014	08.2022														
Вертикально-фрезерный станок 6М13П	58910	69120/144	8640/20	09.2015	03.2022														

Рисунок 3.5 – Запись последних дат капитального и текущего ремонта оборудования в форму графика ППР

Определяем когда и какие виды ремонта предстоят станку мод. КС 63 ED в 2023 году. Берем найденный норматив ресурса между капитальными ремонтами для станка мод. КС 63 ED – 77760 часов и делим его на количество часов в году (8640 часов). Производим вычисление $77760/8640 = 9$ лет. Таким образом, следующий капитальный ремонт должен проводиться через 9 лет после последнего капитального ремонта, а т.к. последний был в январе 2014 г., значит, следующий планируем на февраль 2023 года. По текущему ремонту найденный норматив ресурса между текущими ремонтами делим на количество часов в году $8640/8640 = 1$ год. Последний текущий ремонт производился в декабре 2022, т.е. следующий текущий ремонт планируем на ноябрь 2023 года. Для станка мод. 6М13П норматив ресурса между капитальными ремонтами – 69120 часов, делим его на количество

часов в году $69120/8640 = 8$ лет. Так как последний капитальный ремонт был в сентябре 2016 года, следующий планируем на сентябрь 2024 года. По текущему ремонту найденный норматив ресурса между текущими ремонтами делим на количество часов в году $8640/8640 = 1$ год. Последний текущий ремонт производился в марте 2022, т.е. следующий текущий ремонт планируем на март 2023 года. Полученные результаты заносим в график планово-предупредительного ремонта (см. рисунок 3.6).

Наименование оборудования	Инвентарный №	Норматив ресурса между ремонтами (числитель) и простоя (знаменатель)		Даты последних капитальных и текущих ремонтов (месяц, год)		Условное обозначение ремонта												Годовой простой оборудования в ремонте	Годовой фонд рабочего времени
		К	Т	К	Т	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2023																			
Токарно -винторезный станок КС 63 ED	14569	77760/144	8640/20	02.2014	12.2022		К									Т			
Вертикально-фрезерный станок 6М13П	58910	69120/144	8640/20	09.2016	03.2022			Т											
2024																			
Токарно -винторезный станок КС 63 ED	14569	77760/144	8640/20	02.2023	11.2023														
Вертикально-фрезерный станок 6М13П	58910	69120/144	8640/20	09.2016	03.2023									К					

Рисунок 3.6 – Запись сроков и видов ремонта в форму графика ППР

Шаг 4. Определяем годовые простои в ремонте. Для станка мод. КС 63 ED он будет равен 164 часам, т.к. в 2023 году запланирован один капитальный и один текущий ремонт. Для станка мод. 6М13П он будет равен 20 часам, т.к. в 2023 году запланирован один текущий ремонт. В графе годового фонда рабочего времени указываем количество часов, которое данное оборудование будет находиться в работе за вычетом простоев в ремонте. Для станка мод. КС 63 ED – $\Phi_0 = 8640 - 164 = 8446$ час., для станка мод. 6М13П – $\Phi_0 = 8640 - 20 = 8420$ час. Получаем окончательный вид нашего графика (см. рисунок 3.7).

Наименование оборудования	Инвентарный №	Норматив ресурса между ремонтами (числитель) и простоя (знаменатель)		Даты последних капитальных и текущих ремонтов (месяц, год)		Условное обозначение ремонта												Годовой простой оборудования в ремонте	Годовой фонд рабочего времени
		К	Т	К	Т	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2023																			
Токарно -винторезный станок КС 63 ED	14569	77760/144	8640/20	02.2014	12.2022		К									Т		164	8446
Вертикально-фрезерный станок 6М13П	58910	69120/144	8640/20	09.2016	03.2022			Т										20	8420
2024																			
Токарно -винторезный станок КС 63 ED	14569	77760/144	8640/20	02.2023	11.2023														
Вертикально-фрезерный станок 6М13П	58910	69120/144	8640/20	09.2016	03.2023									К					

Рисунок 3.7 – График ППР для оборудования рассматриваемого примера

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить вариант задания на практическую работу, изучить методическое пособие.

3.2. Выполнить анализ полученного варианта задания на практическую работу.

3.3. Записать марки оборудования и даты последних ремонтов в форму графика ППР.

3.4. Выбрать значения периодичности ремонта и простоя при капитальном и текущем ремонтах заданного металлообрабатывающего оборудования.

3.5. Определить когда и какие виды ремонта будут выполняться для заданного металлообрабатывающего оборудования. Рассчитать годовые простои в ремонте.

3.6. Заполнить бланк графика планово-предупредительного ремонта металлообрабатывающего оборудования.

3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Исходные данные для выполнения практической работы.

4.3. Разработанный график планово-предупредительного ремонта металлообрабатывающего оборудования.

4.4. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

5.1. Цель разработки графика планово-предупредительного ремонта металлообрабатывающего оборудования.

5.2. Как определяются значения периодичности ремонта и простоя при капитальном ремонте металлообрабатывающего оборудования?

5.3. Как определяются значения периодичности ремонта и простоя при текущем ремонте металлообрабатывающего оборудования?

5.4. Поясните термин «Текущий ремонт».

5.5. Поясните термин «Капитальный ремонт».

5.5. Какие работы выполняются при текущем ремонте металлорежущего оборудования?

5.6. Какие работы выполняются при капитальном ремонте металлорежущего оборудования?

5.7. Какие факторы определяют длительность межремонтного периода металлорежущего оборудования?

5.8. Какое подразделение предприятия разрабатывает графики планово-предупредительных ремонтов?

Практическая работа 4

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЦИКЛА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Цель работы

Получить практические навыки разработки структуры цикла технического обслуживания металлообрабатывающего оборудования

2. Теоретический раздел

Техническое обслуживание металлообрабатывающего оборудования – «комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании».

Системой технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) называется комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования с целью сохранения в течение обусловленного времени при заданных условиях эксплуатации производительности, точности и чистоты обработки, гарантированных в сопроводительной технической документации заводов-изготовителей. Техническое обслуживание оборудования начинается задолго до сдачи его после монтажа в эксплуатацию и продолжается вплоть до списания.

К техническому обслуживанию относятся работы по поддержанию работоспособности станков и машин при хранении, транспортировании, подготовке к использованию и эксплуатации. Техническое обслуживание также включает в себя также надзор за правильным оборудованием помещения, в котором станок будут эксплуатировать. Наряду с плановыми обязательными работами в техническое обслуживание входят работы, выполняемые при возникновении случайных отказов.

Различные виды работ по техническому обслуживанию механической, электрической и электронной частей станка производят слесари-ремонтники, электрики, электронщики, операторы, смазчики и наладчики металлообрабатывающего оборудования, которые должны уметь выполнять все виды работ по плановому и неплановому техническому обслуживанию.

Все виды работ по плановому техническому обслуживанию выполняются в определенной последовательности, образуя повторяющиеся циклы.

Цикл технического обслуживания (ТО) – «наименьший повторяющийся интервал времени или наработка изделия, в течение которых выполняются в определенной последовательности в соответствии с требованиями нормативно-технической или эксплуатационной документации все

установленные виды периодического технического обслуживания». Цикл технического обслуживания определяется длительностью и структурой.

Структура цикла технического обслуживания – виды ТО с коэффициентами, показывающими количество операций каждого вида в течении цикла.

Записывается структура цикла ТО в форме суммы входящих в него операций, например, структуру цикла ТО, включающего плановый осмотр, ежедневный осмотр, ежемесячный осмотр, четырехразовый частичный осмотр, шестиразовое наполнение смазки, одну замену смазки, четыре регулировки механической и электрической систем оборудования, трехразовую проверку точности и тестирование системы ЧПУ (раз в два месяца) записывают так:

$$\frac{O}{T_O} + \frac{O_e}{T_{Oe}} + \frac{O_m}{T_{Om}} + \frac{4O_{\text{ч}}}{T_{O\text{ч}}} + \frac{6H_c}{T_{Hc}} + \frac{3c}{T_{3c}} + \frac{4P_m}{T_{Pm}} + \frac{6P_r}{T_{Pr}} + \frac{4P_{\text{э}}}{T_{P\text{э}}} + \frac{3П_{\text{т}}}{T_{Пт}} + \frac{6T_{\text{ЧПУ}}}{T_T},$$

где T_i – периодичность выполнения в час.

Продолжительность цикла технического обслуживания $T_{\text{цo}}$ и продолжительность межремонтного периода $T_{\text{м.рем}}$ равны между собой, так как все операции планового технического обслуживания выполняются между двумя последовательными плановыми ремонтами.

Виды технического обслуживания:

➤ **Плановый осмотр (O)**. Выполняют для проверки состояния узлов и устройств оборудования, получения и накопления информации об износе деталей и изменения характера их сопряжений, необходимой для подготовки предстоящих ремонтов. Осуществляется через определенное число часов работы оборудования (производится 1 раз в 2...4 месяца в зависимости от класса точности оборудования, его возраста, сменности работы и условий эксплуатации), как правило, визуально без разборки узлов. При осмотре устраняют мелкие неисправности.

➤ **Ежедневный осмотр (O_e)**. При ежедневном осмотре производят наружный осмотр и проверку работоспособности (без разборки и вскрытия крышек) для выявления дефектов, состояния и работы отдельных узлов и станка в целом, выявляют изменения в наиболее ненадежных деталях и узлах и предотвращают отказы их в работе. Этот вид обслуживания выполняют без остановки оборудования.

➤ **Ежемесячный осмотр (O_m)**. При ежемесячном осмотре выполняют все операции ежедневного осмотра и кроме того: вскрытие крышек отдельных узлов для осмотра и проверки состояния механизмов, проверку натяжения пружин, плавности перемещения узлов, состояния системы охлаждения, зачистку забоин, царапин и пр. на направляющих и других трущихся поверхностях.

➤ **Периодический частичный осмотр (O_c)** осуществляют с той же целью, что и ежемесячный осмотр, но осматривают более широкий круг деталей и сопряжений (производится 1 раз в 3...6 месяцев в зависимости от класса точности оборудования, его возраста, сменности работы и условий эксплуатации).

➤ **Наполнение смазки (H_c)**. Во время эксплуатации оборудования смазка испаряется, стекает, загрязняется и начинает терять свои защитные свойства. Производится наполнение смазки через определенный период на всем оборудовании по специальному графику или по результатам ежедневного осмотра. При этом предусматривается ежесменное смазывание для создания нормальных условий работы оборудования.

➤ **Замена смазки ($З_c$)**. Замена смазки отработавшей срок службы производится через определенный период по специальному графику, предусматривающему совмещение этих работ с промывками. Промывку оборудования выполняют согласно инструкции завода-изготовителя с учетом условий эксплуатации.

➤ **Регулировка механических систем оборудования (P_m)**. Регулировку механизмов (фрикционов, тормозов, клиньев, прижимных планок, подшипников и пр.), замену быстроизнашивающихся деталей и подтяжку крепежа выполняют для поддержания первоначальной производительности, точности и безопасности условий работы на оборудовании, ухудшающихся по мере износа и деформации отдельных деталей и элементов, а также для предупреждения прогрессирующего износа, предотвращения поломок деталей и повреждения с ними сопряженных.

➤ **Регулировка гидравлических систем оборудования (P_g)**. Регулировку и обслуживание гидросистем (проверка уровня масла, регулировка давления, устранение утечек; проверка степени загрязнения фильтров, замена фильтров, регулировка клапанов, замена прокладок, и др.) выполняют для сохранения производительности гидросистем;

➤ **Регулировка электрооборудования станка (P_e)**. Регулировку элементов электрооборудования (крепление щеткодержателей и щеток, колец или коллектора, натяжение пружин и пр.), зачистку контактов и подтяжку крепежа, проверку заземления и предохранителей, очистку электронных и электрических компонентов от стружки, выполняют для поддержания первоначальной производительности и безопасности условий работы на оборудовании, выполняют, как правило, один раз в 2...3 месяца (в зависимости от условий работы машины).

➤ **Проверка точности (P_m)**. При проверке геометрической и технологической точности контролируют нормы точности оборудования, а также обработанные на нем детали.

➤ **Тестирование системы ЧПУ ($T_{чпу}$)**. Проверка системы ЧПУ производится при помощи специальных тест-программ (идут в комплекте с си-

стемой ЧПУ станка или хранятся в памяти микропроцессорных ЧПУ). Тест-программы позволяют выявить отказы (выход из строя отдельного элемента или модуля) и сбои (самовосстанавливающиеся отказы). Тестирование системы ЧПУ производится согласно паспорта оборудования или 1 раз в 1...2 месяца в зависимости от класса точности оборудования, его возраста, сменности работы и условий эксплуатации).

Выбор необходимых для выполнения конкретной операции технического обслуживания материалов, инструментов и приспособлений зависит от содержания операции технического обслуживания и конструкции обслуживаемого узла.

Периодичность выполнения операций технического обслуживания рассчитывают по формуле

$$T_{TO} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot T_B,$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий класс точности оборудования; k_2 – коэффициент, учитывающий наличие системы ЧПУ ($k_2=0,75$); k_3 – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации оборудования; k_4 – коэффициент, учитывающий весовую категорию станка; T_B – базовый цикл технического обслуживания. Значения длительности базовых циклов технического обслуживания (T_B) и коэффициентов (k_1, k_2, k_3, k_4) приведены в Приложении Г, таблица Г.1.

Перечень операций технического обслуживания оборудования оформляется в виде таблицы (см. таблицу 4.1).

Таблица 4.1 – Операции технического обслуживания металлообрабатывающего оборудования модели _____.

№ п/п	Наименование операции	Периодичность выполнения, час.
01		
02		
03		
...		
<i>n</i>		

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить задание на практическую работу (модель станка), изучить методическое пособие.

3.2. Выбрать необходимые для данной марки металлообрабатывающего оборудования операции технического обслуживания и дать их характеристику.

3.3. Рассчитать периодичность выполнения операций технического обслуживания и сформировать структуру цикла технического обслуживания.

3.4. Заполнить таблицу операций технического обслуживания металлообрабатывающего оборудования (таблица 4.1).

3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Изображение, техническая характеристика и условия эксплуатации заданного металлообрабатывающего оборудования.

4.3. Характеристика выбранных операций технического обслуживания.

4.4. Расчет периодичности выполнения операций технического обслуживания и сформированная структура цикла технического обслуживания.

4.5. Таблица операций технического обслуживания металлообрабатывающего оборудования.

4.6. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

5.1. Что включает в себя понятие «Техническое обслуживание металлообрабатывающего оборудования»?

5.2. Что включает в себя «Система технического обслуживания и ремонта»?

5.3. Какие виды работ относятся к техническому обслуживанию металлообрабатывающего оборудования?

5.4. Операции ТО металлообрабатывающего оборудования.

5.5. Что включает в себя понятие «Цикл технического обслуживания металлообрабатывающего оборудования»?

5.6. Как формируется «Структура цикла технического обслуживания»?

5.7. Порядок расчёта периодичности выполнения операций ТО.

5.8. Что определяет выбор необходимых для выполнения конкретной операции ТО материалов, инструментов и оснастки?

5.9. Что понимается под геометрической точностью металлообрабатывающего оборудования?

5.10. Что понимается под технологической точностью металлообрабатывающего оборудования?

Практическая работа 5

РАЗРАБОТКА КАРТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Цель работы

Получить практические навыки разработки карты технического обслуживания металлообрабатывающего оборудования.

2. Теоретический раздел

Техническое обслуживание металлообрабатывающего оборудования – это комплекс организационных и технологических операций по обслуживанию оборудования, направленных на поддержание работоспособности и сокращению его отказов.

К техническому обслуживанию относятся работы по поддержанию работоспособности станков и машин при хранении, транспортировании, подготовке к использованию и эксплуатации. Наряду с плановыми обязательными работами в техническое обслуживание входят работы, выполняемые при возникновении случайных отказов.

Целью разработки технологических карт является систематизация и повышение безопасности производственного процесса за счет упорядочивания действий персонала в процессах ремонта или технологического обслуживания оборудования. В результате внедрения технологических карт происходит решение задач по определению и оптимизации материально-технических затрат на единицу продукции или услуги.

Технологическая карта это стандартизированный документ, содержащий инструкции для персонала, перечень и последовательность отдельных работ, выполняемых при проведении осмотра, обслуживания или ремонта оборудования, с указанием необходимых материалов, оборудования, инструментов и комплектов средств индивидуальной защиты, инструкций по охране труда. В ней указаны последовательность, периодичность и правила выполнения операций, наименование и количество расходных материалов, нормы времени, материальные ресурсы, а также нормативная и методическая документация, необходимая для разработки регламента по видам работ и оценки качества.

Основой для разработки технологической карты является структура цикла технического обслуживания металлообрабатывающего оборудования, содержание технологических операций входящих в цикл технического обслуживания и периодичность их выполнения.

Описание содержания операций технического обслуживания оборудования, необходимые материалы, инструменты и оснастка оформляется в виде технологической карты технического обслуживания металлообрабатывающего оборудования (см. пример заполнения на рисунке 5.1).

Полный перечень работ, выполняемых при проведении технического обслуживания металлорежущего оборудования приведен в [1, 2], типовой перечень – в Приложении Д к практической работе.

Технологическая карта технического обслуживания оборудования мод. _____ (пример заполнения граф).				
Наименование операции	Периодичность выполнения, час.	Профессия и квалификация персонала	Перечень работ	Материалы, инструменты, приборы и оснастка
Плановый осмотр	442	Электрик 4 р.	Проверка исправности заземления	Визуально Измеритель сопротивления заземляющих устройств ИС-10 Ключ 7811-0027 ГОСТ 2839-80 Перчатки диэлектрические И26 ГОСТ 12.4.307-2016
Наполнение смазки	72	Смазчик 3 р.	Проверка уровня масла в масляных картерах и емкостях	визуально
			Доливка системы свежим маслом до уровня	Воронка для горюче-смазочных материалов SPARTA 537205. Канистра 2Л с маслом И-30А ГОСТ 20799-75. Ключ 7811-0023 ГОСТ 2839-80 Ветошь обтирочная ГОСТ 4643 75
			Пополнение смазки в пресс-масленках	Шприц смазочный ГОСТ 3643-75. ЦИАТИМ 201 ГОСТ 6267-74 Ветошь техническая ГОСТ 14253-83.

Рисунок 5.1 – Пример заполнения граф технологической карты технического обслуживания

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить задание на практическую работу (модель станка), изучить методическое пособие.

3.2. Согласно разработанной в практической работе 4 структуре цикла технического обслуживания заполнить в технологической карте ТО графы «Наименование операции» и «Периодичность выполнения».

3.3. Для каждой технологической операции назначить профессию работника и перечень производимых работ, заполнить в технологической карте ТО графы «Профессия и квалификация персонала» и «Перечень работ».

3.4. Для каждого вида производимых работ назначить необходимые материалы, оборудование, приборы, инструменты и средства индивидуальной защиты, заполнить в технологической карте ТО графу «Материалы, инструменты, приборы и оснастка».

3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Заполненная «Технологическая карта технического обслуживания оборудования»

4.3. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

5.1. Цель разработки технологической карты ТО.

5.2. Какие виды работ относятся к техническому обслуживанию металлообрабатывающего оборудования?

5.3. Какие работы должны производиться при проверке геометрической точности оборудования? Кто их должен выполнять?

5.4. Какие работы должны производиться при проверке технологической точности оборудования? Кто их должен выполнять?

5.5. Какие работы должны производиться при регулировке механических систем оборудования? Кто их должен выполнять?

5.6. Какие работы должны производиться при ежемесячном осмотре? Кто их должен выполнять?

5.7. Какие работы должны производиться при замене отработавшей срок службы смазки? Кто их должен выполнять?

5.8. Какие работы должны производиться при выполнении регулировки элементов электрооборудования? Кто их должен выполнять?

5.9. Какие работы должны производиться при выполнении операции планового осмотра? Кто их должен выполнять?

5.10. Какие работы и как должны производиться при проверке системы ЧПУ? Кто их должен выполнять?

**НАЗНАЧЕНИЕ МАРОК СМАЗКИ УЗЛОВ
МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ.
РАЗРАБОТКА КАРТЫ И СХЕМЫ СМАЗКИ**

1. Цель работы

Получить практические навыки назначения марок смазки и разработки схемы и карты смазки узлов металлообрабатывающего оборудования.

2. Теоретический раздел

Выбор смазочных материалов осуществляется на основе анализа конструкции узла трения и условий его работы. При этом решающее влияние оказывают вид трения, значение контактных нагрузок, относительная скорость перемещения трущихся поверхностей и качество их обработки, температура в узле трения и степень его защищенности от влияния окружающей среды.

Для смазки узлов трения с большими контактными нагрузками требуются более вязкие смазки, способные сохранять достаточную толщину разделяющего слоя. При трении скольжения смазка должна обладать хорошими противозадирными свойствами. Однако вязкие смазки снижают к.п.д. механизма, хуже отводят тепло и очищают поверхности от продуктов изнашивания. Поэтому необходимо стремиться к применению смазок минимально допустимой вязкости.

Требуемую вязкость смазки уменьшают с увеличением относительной скорости перемещения трущихся пар. В быстроходных системах, даже при сравнительно небольшой вязкости, масло легко вовлекается в зазор, создавая достаточное гидродинамическое усилие для надежного разделения трущихся поверхностей. Тихоходные, малооборотные механизмы для обеспечения жидкостного трения требуют масел повышенной вязкости.

В общем случае смазка механизмов жидкими маслами при условии непрерывной подачи их в зону трения предпочтительнее, чем пластичными смазками, которые не отводят теплоту, продукты износа, оказывают заметное сопротивление при работе механизмов. Поэтому быстроходные высоконагруженные узлы и механизмы смазываются жидкими смазками в результате естественной циркуляции в масляной ванне или принудительной подачи масла с помощью насосов, системы трубопроводов, смазочных отверстий и каналов.

Рекомендации по выбору смазочных материалов для различных узлов и отдельных деталей металлорежущего оборудования приведены в [1, 2, и др.]. Характеристики марок смазочных материалов и возможные области их применения приведены в Приложении Е, таблица Е.1.

В конструкциях металлообрабатывающего оборудования применяются следующие системы смазки:

➤ Ручная периодическая смазка производится наливом жидкой смазки на смазываемую поверхность из масленки (рисунок 6.1, а), нанесением жидкой смазки распылением (рисунок 6.1, б), нанесением пластичной смазки шпателем или кистью (рисунок 6.1, в), с помощью пресс-шприца (рисунок 6.1, г), подающего смазку под давлением через технологические отверстия в оборудовании, с установленными в них пресс-масленками (рисунок 6.1, д).

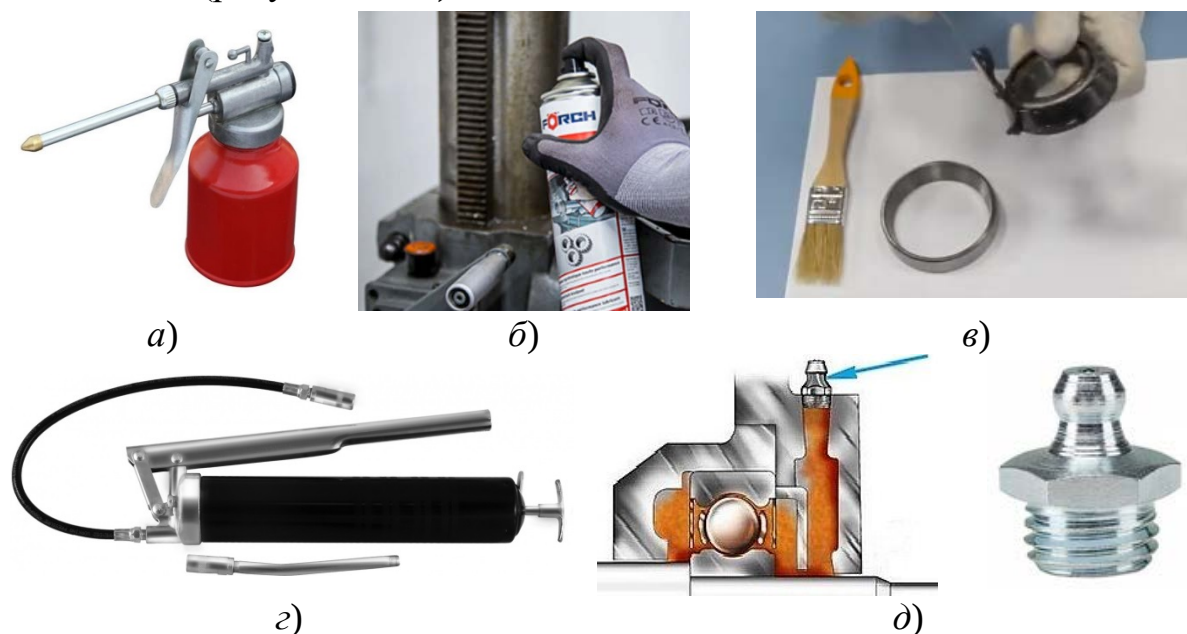


Рисунок 6.1 – Способы ручной периодической смазки

➤ Фитильная (рисунок 6.2, а) и капельная (рисунок 6.2, б) смазка производится при непрерывном поступлении масла к поверхностям. Предварительно происходит заполнение специальных емкостей смазкой, из которых оно поступает к месту назначения. Для этого применяются простые по конструкции фитильные и капельные масленки, ввернутые в смазочные каналы.

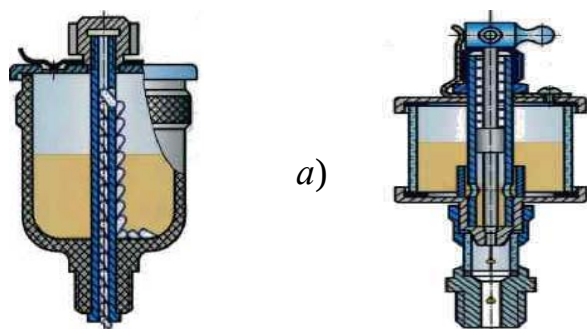


Рисунок 6.2 – Способы фитильной и капельной смазки

➤ Циркуляционная смазка – масло под давлением принудительно подается к трущимся деталям с помощью гидравлического насоса и стекает в поддон самотеком (см. рисунок 6.3, п.1).

➤ Картерная смазка или подача смазки разбрызгиванием применяется для механизмов, заключенных в отдельный корпус и имеющих емкость для масла. Крыльчатка или одна из шестерен, установленная на быстроходном валу механизма, захватывает жидкость и разбрасывает ее по внутреннему пространству (см. рисунок 6.3, п.2).

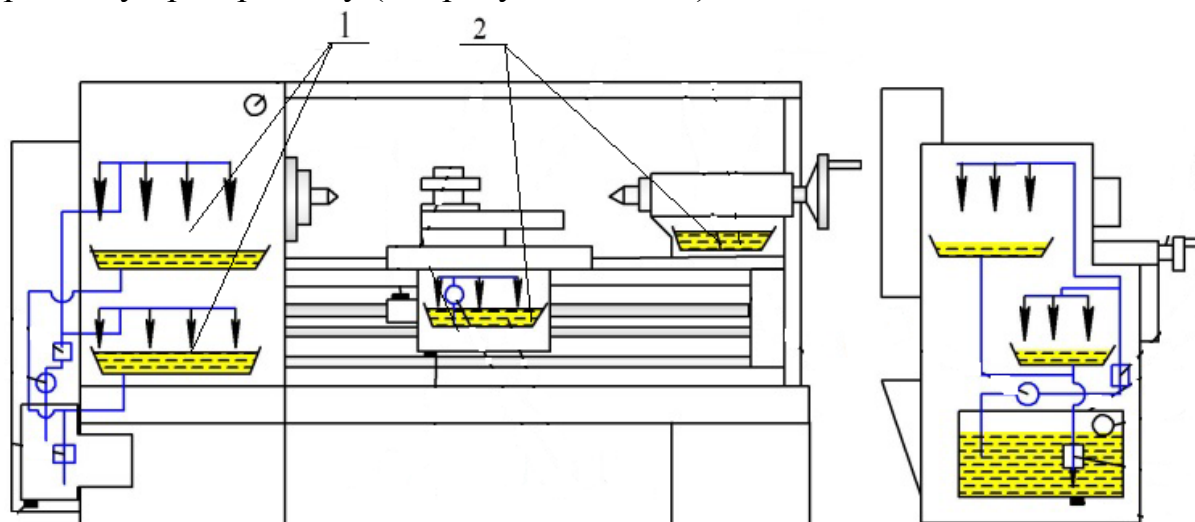


Рисунок 6.3 – Циркуляционная (1) и картерная смазка узлов станка

Схемы и карты смазки металлорежущего оборудования служат основными документами, регламентирующими выбор сортов смазочных материалов, периодичность смазки отдельных узлов и дозировку.

Карта смазки (см. пример заполнения на рисунке 6.4.) оформляется в соответствии со схемой смазки в виде таблицы с номерами точек смазки, наименованием узла оборудования, периодичности выполнения работ по смазке, способ смазки и кто выполняет работу (см. таблицу 6.1), марки смазочных материалов и количество заливаемого масла.

Таблица 6.1 – Разграничение обязанностей по смазке металлорежущего оборудования.

Станочник	Смазчик	Слесарь
Пусковая смазка станков в начале смены, регулирование в начале смены количества смазки, поступающего к различным узлам; Постоянное наблюдение за уровнями смазки в смотровых стеклах редукторов и резервуаров маслонасосов; Пополнение смазки с периодичностью один или несколько раз в смену.	Получение и доставка смазочных материалов Сбор и вывозка отработанного масла; Заправка смазочного инвентаря; Пополнение смазки в резервуарах и редукторах станков с периодичностью 1 раз в неделю. Смазка приспособлений, принадлежностей и устройств, используемых на станках;	Пополнение смазки с периодичностью в соответствии с указаниями в карте смазки; Замена смазки в резервуарах и редукторах станков с их промывкой.

При отсутствии карты смазки в технической документации на станок она разрабатывается отделом главного механика предприятия.

Схема смазки (см. пример на рисунке 6.5) содержит чертежи или схемы станка с указанием всех точек, куда подается смазка.

№ точки	Узел оборудования	Периодичность смазки или замена масла	Способ смазки / Кто выполняет	Марка смазочного материала	Количество заливаемого масла, д/гр.
1	Сменные шестерни	Еженедельно	Ручная / Слесарь	СОЛИДОЛ УС-1 ГОСТ 1033-79	0,045
2	Коробка подач	1 раз в 12 месяцев	Автоматическая централизованная	И-20А ГОСТ 20799-88	12,0
3	Коробка скоростей	1 раз в 8 месяцев	Автоматическая централизованная	И-20А ГОСТ 20799-88	17,0
....					
8	Фартук	1 раз в 12 месяцев	Автоматическая	И-20А ГОСТ 20799-88	8,0
....					
12	Задние опоры ходового винта и ходового вала	Еженедельно	Ручная / Слесарь	ЦИАТИМ - 201 ГОСТ 6267-74	0,060
....					
15	Продольные направляющие суппорта	Ежедневно	Ручная / Станочник	И-20А ГОСТ 20799-88	0,050
....					

Рисунок 6.4 – Пример оформления карты смазки токарного станка (фрагмент)

Сроки долива смазки, промывки узлов металлорежущего оборудования и замены смазки приводятся в паспорте оборудования. При его отсутствии ориентировочные сроки долива смазки, промывки узлов металлорежущего оборудования и замены смазки принимаются по таблицам Е.2...Е.4, Приложение Е.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить вариант задания на практическую работу, изучить методическое пособие.

3.2. Выполнить анализ технических характеристик, служебного назначения оборудования и условий его работы.

3.3. Для основных узлов металлорежущего оборудования определить системы смазки, назначить марки смазки и обосновать их применение.

- 3.4. Разработать схему смазки станка.
- 3.5. Разработать карту смазки станка.
- 3.6. Сформулировать выводы по работе.

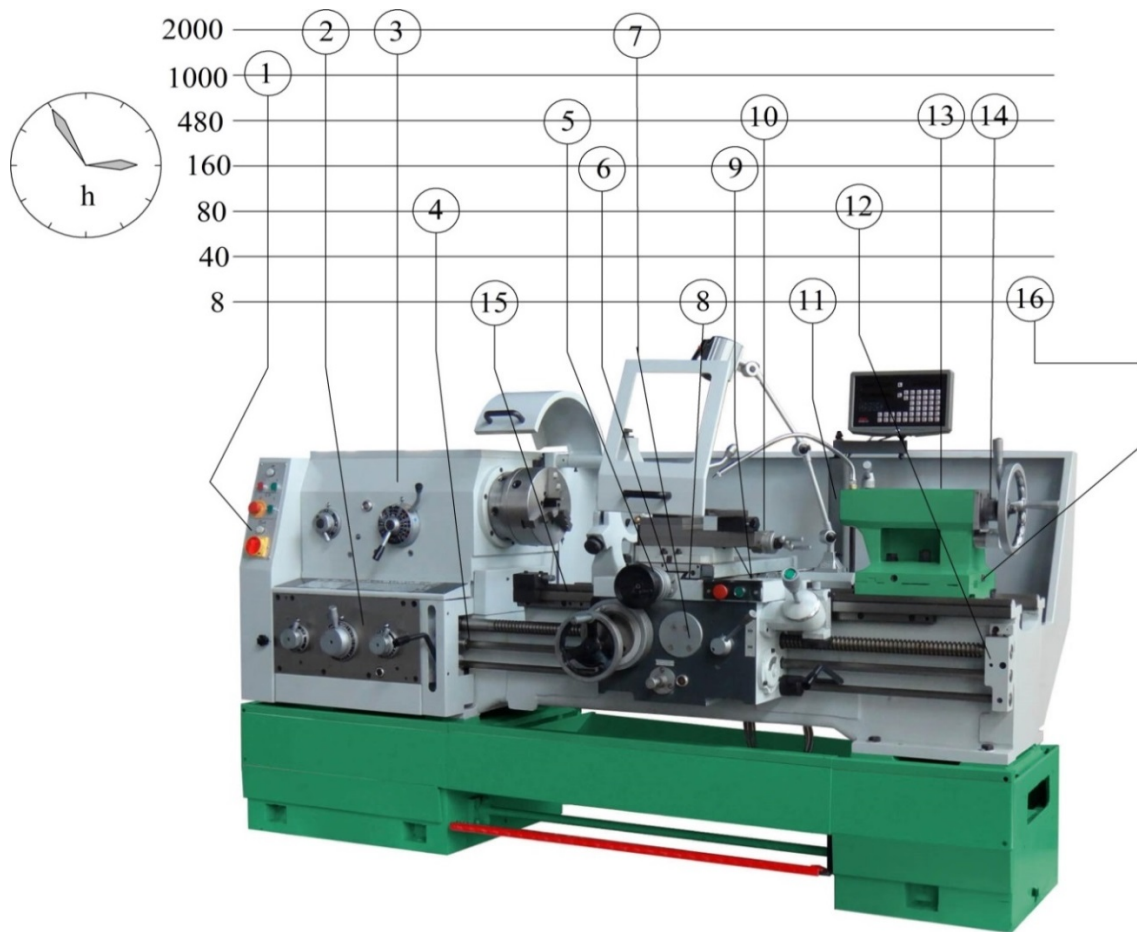


Рисунок 6.5 – Пример оформления схемы смазки токарного станка (фрагмент)

4. Содержание отчета

- 4.1. Наименование работы.
- 4.2. Цель работы.
- 4.3. Технические характеристики, служебное назначение и условия работы станка.
- 4.4. Обоснование применения выбранных марок смазки для точек смазки станка.
- 4.5. Схема смазки станка.
- 4.6. Карта смазки станка.
- 4.7. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

- 5.1. Приведите содержание паспорта смазки металлорежущего оборудования.

5.2. Какие операции технического обслуживания системы смазки станка входят в обязанности станочника?

5.3. Состав и содержание работ, выполняемых смазчиками при выполнении технического обслуживания системы смазки станка.

5.4. Основные правила подбора и хранения смазочных материалов, используемых для выполнения технического обслуживания системы смазки станков.

5.5. Основные задачи, решаемые при выполнении очистки и промывки системы смазки станка. Как определяется периодичность промывки?

5.6. Какие операции технического обслуживания системы смазки станка входят в обязанности слесаря-ремонтника?

5.7. В каких случаях для смазки узлов трения требуются более вязкие смазки?

5.8. Какие системы смазки применяются для металлообрабатывающего оборудования?

5.9. В каких узлах металлообрабатывающего оборудования применяется картерная смазка?

5.10. В каких узлах металлообрабатывающего оборудования применяется циркуляционная смазка?

НАЗНАЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНДАМЕНТА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ И ВЫБОР УСТРОЙСТВ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ

1. Цель работы

Получить практические навыки назначения характеристик фундамента металлообрабатывающего оборудования и выбора устройств его виброизоляции.

2. Теоретический раздел

Металлообрабатывающее оборудование массой до 8 тонн (исключая долбежные и поперечно-строгальные станки, а также станки, восприимчивые к вибрациям фундамента, например – оптико-шлифовальные станки), в зависимости от его конструкции, устанавливают непосредственно на бетонном полу толщиной $S=150...200$ мм, при этом толщина слоя бетона непосредственно под станиной должна быть $S>150...200$ мм (без учета толщины пола), либо на отдельных фундаментах.

При монтаже металлообрабатывающего оборудования непосредственно на бетонный пол цеха и удельного давления от оборудования более 5 т/м^2 пол рекомендуется армировать двойной стальной сеткой из стержней $\varnothing 10$ мм с размером ячейки 150×150 мм. Толщину бетонного пола принимают в этом случае не менее 200 мм.

Фундаменты под оборудование сооружаются сплошными под всей площадью подошвы станины и применяют для установки оборудования массой более 8 тонн, оборудования классов точности А, В и С и оборудования, при работе которого отдельные его узлы совершают резкие реверсивные перемещения (поперечно-строгальные, плоскошлифовальные и др.). Такие фундаменты изготавливают из бетона с заполнителем из твердого каменного щебня на портландцементе марок М100...М400 (для станков классов точности А, В и С и станков с ЧПУ не ниже М300).

Размеры фундаментных плит или блоков в плане назначают исходя из размеров опорной поверхности станины, а высоту – по зависимостям, приведенным в таблице 6.1, где L – длина фундамента и вида станка.

Высоту бетонных фундаментов для легких (массой до 4 т) токарных, сверлильных, фрезерных, зубообрабатывающих станков принимают 250 мм. Для многоцелевых станков и станков с ЧПУ высоту бетонных фундаментов следует увеличивать на 20...25 %.

Фундаменты для оборудования массой выше 12 тонн и оборудования, при работе которого на фундамент действуют повышенные динамические нагрузки (станки продольно- и поперечно-строгальные, долбежные и др.), выполняют из бетона М300 с армированием из сетки (стальная проволока $\varnothing 6...8$ мм) и размерами ячейки 150×150 мм, которая укладывается в бетон

на глубине 20...30 мм от поверхности фундамента. При длине фундамента $L > 5$ метров его армируют сеткой с размерами ячейки 150x150 мм у поверхности фундамента (стальной прокат Ø8...10 мм) и у его подошвы (стальной прокат Ø10...16 мм). Толщину бетонного подстилающего слоя пола принимают в этом случае не менее 200 мм.

Таблица 7.1 – Зависимости для расчета высоты фундаментов для металлообрабатывающего оборудования

Тип станка	Высота фундамента, м
Токарные, автоматы и полуавтоматы, горизонтально-протяжные	$0,2\sqrt{L}$
Зуборезные, карусельные, вертикальные автоматы и полуавтоматы, фрезерные горизонтальные и вертикальные, расточные	$0,6\sqrt{L}$
Шлифовальные	$0,4\sqrt{L}$
Продольно-строгальные, продольно-фрезерные	$0,3\sqrt{L}$
Поперечно-строгальные, радиально-сверлильные, долбежные	1,0 ... 2,0

Для прецизионных станков высота фундаментного блока должна быть не менее 1 метра, причем масса фундаментного блока в 2...3 раза и более должна превосходить массу станка.

При установке на фундамент металлорежущего оборудования имеющего значительную длину применяют первоначальную установку с подливкой цементным раствором и крепление к фундаменту одного его края (или середины) станины с последующей установкой и выверкой на регулировочных башмаках его остальной части.

Для крупных тяжелых станков, которые часто состоят из нескольких составных частей, соединенных по плоскостям стыка значительным числом болтов, шпонок, штифтов (такая конструкция не создает соединений равной прочности и жёсткости всех стыков) выполняются специальные фундаменты увеличенных размеров и повышенных прочности и жесткости для компенсации недостаточной жесткости станины.

Для вспомогательных устройств металлорежущего оборудования (например: магазины для загрузки прутка в токарных автоматах, манипуляторы, транспортно-загрузочные устройства и др.) фундаменты допускается выполнять отдельно от основного.

При монтаже на основание металлорежущее оборудование должно быть выставлено согласно требованиям технической документации (например, с использованием уровня электронного М-050 (рис. 7.1, а) или

уровня KRAFTOOL «INDUSTRIAL» (рис. 3.1, б)), при выверке применяют клинья (рисунок 7.1, в).



Рисунок 7.1 – Устройства для выверки оборудования

Прецизионное оборудование, в случае если его станина не имеет достаточной жесткости или имеет большие габариты в плане, монтируют с применением регулировочных клиньев или башмаков.

Прецизионное оборудование со станинами высокой жесткости монтируется с учетом того чтобы деформации фундамента оборудования возникающие под влиянием внешних факторов (неравномерная осадка фундамента в цехе, периодическое влияние грузоподъемного оборудования цеха и т. д) не передавались от фундамента к станине и не влияли на точность оборудования. Это оборудование монтируют на три опорные точки с применением установочных винтов или клиньев (между фундаментом и опорными поверхностями оборудования должен оставаться зазор 50...70 мм). Величина зазора зависит от ширины опорной площади станины. Чем она больше, тем больше должен быть зазор. После выверки станка монтажный зазор должен быть забетонирован (подливка станины). пластичным бетоном марки не менее 100.

Для крепления к фундаменту оборудования, которое при работе передает на фундамент динамические нагрузки (удары, толчки и пр.), применяются съемные анкерные болты, заделанные в бетон на глубину 15...20 диаметров (рисунок. 7.2) воспринимающие этот вид нагрузок. Диаметры болтов обычно находятся в пределах 20...60 мм. Для крепления небольших машин применяют болты меньшего диаметра. Наименьшее допустимое расстояние от оси болта b до края фундамента $b_{min} \approx 15d$. При выполнении этого условия край фундамента не будет оказывать влияния на несущую способность крепления.

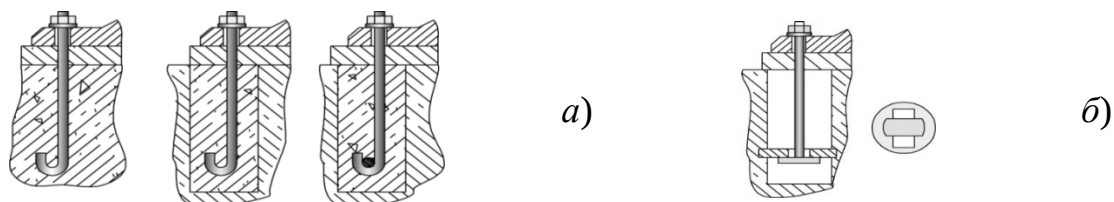


Рисунок 7.2 – Конструкции фундаментных болтов: а – закладываемых в фундамент наглухо; б – съемных фундаментных болтов

Вибрации, возникающие при эксплуатации станков и передающиеся через фундамент на соседнее оборудование, оказывают негативное влия-

ние на качество его работы. Уровень воздействия этого производственного фактора может быть значительно снижен при условии применения виброизоляции.

Наиболее часто в качестве виброизоляторов применяют резинометаллические и пружинные виброопоры (рисунок 7.3) изготовленные из резины с высокой маслостойкостью и хорошими динамическими характеристиками. Такой вид виброопор предназначен для установки станков весом до 15т с жесткими станинами (для которых отношение длины станины L к высоте сечения станины h составляет $L/h < (4...5)$).



Рисунок 7.3 – Резинометаллические и пружинные виброопоры

Виброизоляторы устанавливают непосредственно под станиной станка (рисунок 7.4) или под жестким фундаментом, на котором установлен изолируемый станок. Расположение виброизоляторов влияет на частоты собственных вращательных колебаний изолируемой машины (удаление виброизоляторов от центра тяжести, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении повышает, а приближение их понижает частоты собственных колебаний).



Рисунок 7.4 – Опорный вариант виброизоляции

Виброизоляция может быть осуществлена также в виде упругой подвески, когда изолируемый объект подвешивают на закрепленных выше подошвы фундамента виброизоляторах, работающих на сжатие (рисунок 7.5,а) или растяжение (рисунок 7.5, б). Располагать виброизоляторы следует с учетом удобства их монтажа и замены, а также наблюдения за их состоянием в процессе эксплуатации. При установке виброопор необходимо предусмотреть зазоры или проходы, обеспечивающие к ним доступ.

Резиновые виброковрики (рисунок 7.6, б) обладают значительной жесткостью в горизонтальном направлении и предназначены, в основном,

для установки под железобетонными фундаментными блоками (рисунок 7.6, а).

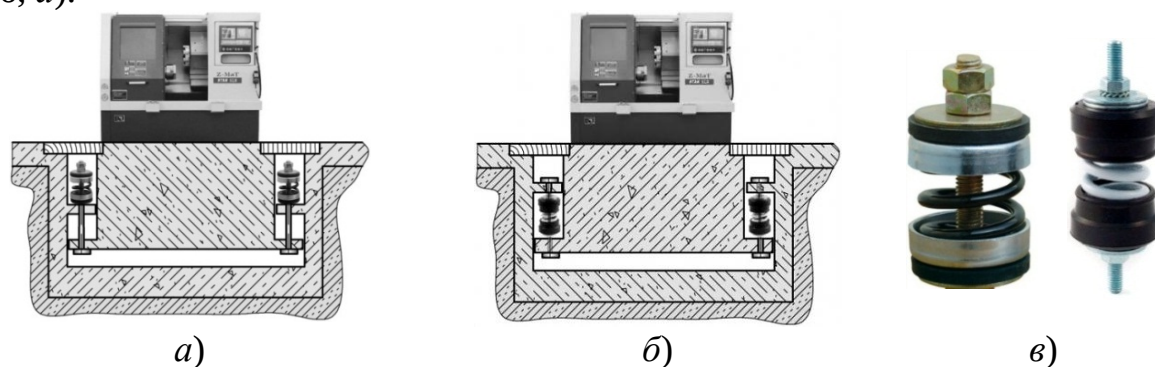


Рисунок 7.5 – Виброизоляция в виде упругой подвески: а – с подвесными стержнями и пружинами, работающими на сжатие; б – с пружинами, работающими на растяжение; в – конструкции подвески

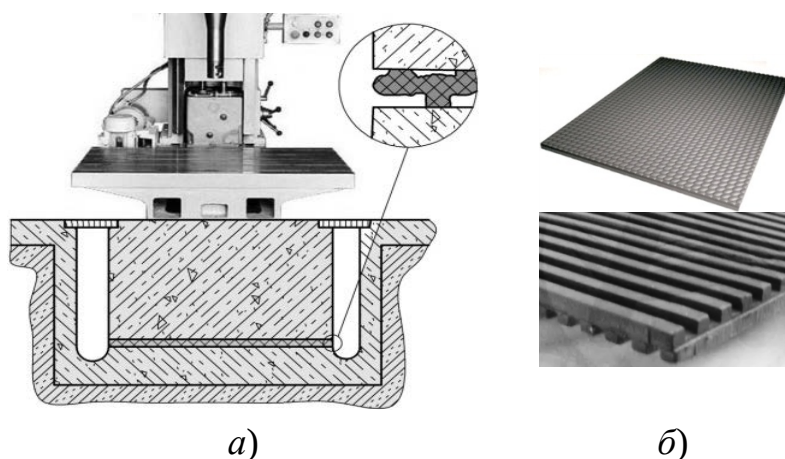


Рисунок 7.6 – Виброизоляция оборудования на резиновых ковриках:
а – схема виброизолированного фундамента;
б – виброковрик

На фундаменты с виброковриками устанавливают высокоточные станки и оборудование, в конструкцию которого входят узлы значительной массы, выполняющие при работе резкие возвратно-поступательные перемещения в горизонтальной плоскости (продольно-строгальные станки, плоскошлифовальные станки и др.).

Эффективное ослабление вибраций низкой частоты (ниже 25...30 Гц) осуществляют виброизоляторами из стальных пружин с амортизаторами (рисунок 7.7).

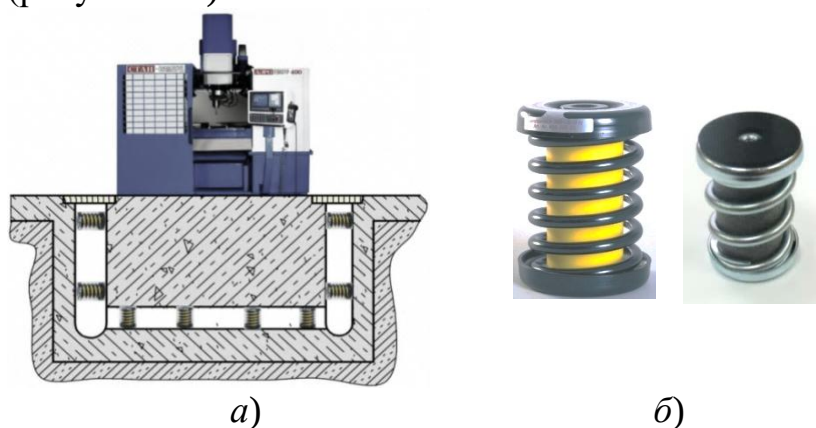


Рисунок 7.7 – Виброизоляция оборудования виброизоляторами с амортизаторами:
а – схема виброизолированного фундамента;
б – пружинный виброизолятор с амортизатором

Такие виброизоляторы применяют для снижения вибраций как низкой так и высокой частоты, долговечны, достаточно компактны. Их рекомендуется применять при монтаже оборудования с низкими частотами вибрации (прецизионные станки токарной, сверлильно-расточной, шлифовальной, зубообрабатывающей и фрезерной групп).

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить вариант задания на практическую работу, изучить методическое пособие.

3.2. Выполнить анализ характеристик и конструкции станины заданной модели металлообрабатывающего оборудования.

3.3. Назначить характеристики и определить размеры фундамента металлообрабатывающего оборудования.

3.4. Оценить необходимость крепления оборудования к фундаменту (если крепление необходимо – выбрать способ крепления).

3.5. Выбрать и обосновать способ виброизоляции металлообрабатывающего оборудования.

3.6. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Технические характеристики оборудования.

4.3. Обоснование выбранных характеристик фундамента под оборудования и расчет его размеров.

4.4. Обоснование необходимости (или отсутствия необходимости) крепления оборудования к фундаменту.

4.5. Выбранный способ виброизоляции металлообрабатывающего оборудования и обоснование его выбора.

4.6. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

5.1. Требования к конструкциям фундаментов под оборудование классов точности А, В и С.

5.2. Требования к конструкциям фундаментов под оборудование классов точности Н и П.

5.3. Требования к конструкциям фундаментов под оборудование массой выше 12 тонн и оборудовании, при работе которого на фундамент действуют повышенные динамические нагрузки.

5.4. Порядок выбора конструкции и размеров фундамента под оборудование.

5.5. Способы крепления металлообрабатывающего оборудования к фундаментам.

5.6. Требования к устройству фундаментов крупногабаритных станков

5.7. Виды виброизоляции металлообрабатывающего оборудования.

Практическая работа 8

ВЫБОР МЕТОДОВ ДЕФЕКТОВКИ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Цель работы

Получить практические навыки выбора способов дефектовки деталей металлообрабатывающего оборудования.

2. Теоретический раздел

Во время этой операции, выполняемой с целью оценки технического состояния детали, узла и машины в целом, выявляют дефекты и определяют возможности дальнейшего использования деталей, необходимость их ремонта или замены. При дефектовки устанавливают: износы рабочих поверхностей, т. е. изменение размеров и геометрической формы деталей; наличие выкрашиваний, трещин, сколов, пробоин, царапин, задиров и т. п.; остаточные деформации в виде изгиба, перекоса; изменение физико-механических свойств в результате воздействия температуры, влаги и др.. Дефектовку промытых и просушенных деталей производят после их комплектации по сборочным единицам, которую нужно выполнять аккуратно и внимательно. Каждую деталь сначала осматривают, затем соответствующим поверочным и измерительным инструментом контролируют ее форму и размеры. В отдельных случаях проверяют взаимодействие данной детали с другими, сопряженными с ней, чтобы установить, что целесообразнее: ее ремонт или замена новой.

В процессе дефектовки пользуются следующими способами для всестороннего обследования деталей и обнаружения различных:

- внешний осмотр позволяет определить значительную часть дефектов: пробоины, вмятины, явные трещины, сколы, значительные изгибы и перекосы, сорванные резьбы, нарушение сварных, паяных и клеевых соединений, выкрашивания в подшипниках и зубчатых колесах, коррозию и др.;

- при проверке на ощупь определяют износ и смятие резьбы, легкость проворачивания подшипников качения и цапф вала в подшипниках скольжения, легкость перемещения шестерен по шлицам, наличие и относительную величину зазоров сопряженных деталей, плотность неподвижных соединений и др.;

- легкое простукивание детали молотком из мягкого металла или рукояткой молотка производится с целью обнаружения трещин, о наличии которых свидетельствует дребезжащий звук;

- керосиновая проба проводится с целью обнаружения трещины и ее концов. Деталь либо погружают на 15...20 мин в керосин, либо керосином смазывают предполагаемое дефектное место, тщательно затем протирая и

покрывая мелом. Выступающий из трещины керосин увлажняет мел и четко проявляет границы трещины;

- измерения с помощью измерительных инструментов и средств позволяют определить величины износа и зазоров в сопряженных деталях, отклонения от заданных размеров, погрешности формы и расположения поверхностей;

- при проверке твердости поверхности детали обнаруживают изменения, возникшие в материале детали в процессе ее эксплуатации. Наиболее широко практикуются испытания твердости по Бринеллю, по Роквеллу, по Виккерсу и метод определения микротвердости. По Бринеллю определяют твердость относительно мягких материалов: цветных металлов и их сплавов, отоженной стали, чугунов (кроме белого). По Роквеллу чаще всего определяют твердость очень твердых материалов: закаленных сталей, твердых сплавов, керамики, твердых покрытий, в том числе наплавленных слоев достаточной глубины. Метод Виккерса используется для испытания твердости деталей малой толщины или тонких поверхностных слоев, имеющих высокую твердость. Реже этот метод применяется для измерения твердости твердых и мягких материалов. Методом микротвердости обычно измеряется твердость в пределах очень тонких слоев;

- гидравлическое (пневматическое) испытание служит для обнаружения трещин и раковин в корпусных деталях. С этой целью в корпусе заглушают все отверстия, кроме одного, через которое нагнетают жидкость под давлением 0,2...0,3 МПа (течь или запотевание стенок укажет на наличие трещины). Возможно также нагнетание воздуха в корпус, погруженный в воду (появление пузырьков воздуха свидетельствует о наличии неплотности);

- магнитопорошковый способ основан на изменении значения и направления магнитного потока, проходящего через деталь, в местах с дефектами. Это изменение определяется нанесением на испытываемую деталь сухого или взвешенного в керосине (трансформаторном масле) ферромагнитного порошка. Порошок оседает по кромке трещины. Способ используется для обнаружения скрытых трещин и раковин в стальных и чугунных деталях с помощью стационарных и переносных (для крупных деталей) магнитопорошковых дефектоскопов (рисунок 8.1).

- ультразвуковой способ основан на свойстве ультразвуковых волн отражаться от границы двух сред (металла и пустоты в виде трещины, раковины, непровара). Импульс, отраженный от дефектов типа нарушение сплошности и однородности материалов в полуфабрикатах, готовых изделиях и сварных соединениях, регистрируется на экране, определяя координаты дефекта и его размеры (рисунок 8.2).

- люминесцентный способ основан на свойстве некоторых веществ светиться в ультрафиолетовых лучах. На поверхность детали кисточкой

или погружением в ванну наносят флюоресцирующий раствор. В качестве флюоресцирующей жидкости применяют смеси:



Рисунок 8.1 – Магнитопорошковая дефектовка: *а* – магнитопорошковый дефектоскоп мод. МД-М; *б* – осадок магнитного порошка на трещинах

Рисунок 8.2 – Ультразвуковая дефектовка: *в* – ультразвуковой дефектоскоп мод. NOVOTEST УД-1; *г* – сигнал на экране в виде А- и В-сканов

- керосин (82 %), авиационное масло (15 %) и эмульгатор;
- керосин (50 %), бензин (25%), трансформаторное масло или вазелиновое масло (25 %), зелено-золотистый дефекталь (0,02...0,03 %);
- керосин (50 %), нориоль (50 %).

В качестве проявляющего порошка используют окись магния (дает наиболее яркое свечение), тальк, углекислый магний, маршалит и др. Через 10...15 мин поверхность протирают, просушивают сжатым воздухом и наносят на нее тонкий слой порошка (углекислого магния, талька, силикагеля), впитывающего жидкость из трещин или пор. После этого деталь осматривают в затемненном помещении в ультрафиолетовых лучах. Свечение люминофора укажет расположение трещины (рисунок 8.3). Используются стационарные и переносные дефектоскопы. Способ применяется в основном для деталей из цветных металлов и неметаллических материалов, так как их контроль другим способом невозможен



Рисунок 8.3 – Результат контроля вала люминесцентным способом

На наиболее ответственные детали оборудования оформляются карты дефектовки, технологический процесс ремонта и технологические наладки.

Сведения о деталях, подлежащих ремонту и замене, заносят в дефектовочную ведомость на ремонт оборудования (см. рисунок 8.4), которая является исходным техническим и финансовым документом для ремонта. Этот документ обычно составляет технолог по ремонту оборудования с участием бригадира ремонтной бригады, мастера ремонтного цеха и представителей ОТК и используется как для проверки качества последнего ремонта так и для определения объема предстоящего ремонта. В ней указываются:

- фактическое состояние оборудования;

- краткая техническая характеристика дефектных деталей (материал, вид термической обработки, твердость, нормальные размеры, отклонение формы и взаимного расположения поверхностей);
- способы устранения возможных дефектов;
- методы контроля дефектных деталей.

ФОРМА №2		
ДЕФЕКТОВОЧНАЯ ВЕДОМОСТЬ		
узла	станка мод.	
Наименование детали, №	Выявленные дефекты	
I. Внешний осмотр		
II. Результаты проверки «на ошупь»		
III. Результаты проверки корпусных деталей		
IV. Контроль размеров деталей		
	Номинальное значение, мм	Результаты измерений, мм
V. Контроль твердости материала деталей		
	Номинальное значение	Результаты измерений, мм
VI. Гидравлическое (пневматическое) испытание		

Рисунок 8.4 – Дефектовочная ведомость на ремонт оборудования

При дефектовке детали маркируются порядковым номером ведомости дефектов, а также инвентарным номером машины или станка, что облегчает контроль выполнения дальнейших ремонтных операций. Маркировку выполняют клеймами, краской, бирками, электрографом или кислотой. Клеймением наносят обозначения на нерабочих поверхностях незакаленных деталей (остальными способами маркируют как закаленные, так и незакаленные детали). Незакаленные детали маркируют, смачивая резиновый штамп раствором из 40 % азотной кислоты, 20 % уксусной кислоты и 40 % воды, а закаленные – раствором из 10 % азотной кислоты, 30 % уксусной кислоты, 5 % спирта и 55 % воды. Детали, которые подлежат замене, хранят до окончания ремонта механизма, так как они могут понадобиться для составления чертежей или изготовления образцов новых деталей.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить задание (модель металлообрабатывающего оборудования, чертеж узла и перечень деталей) на выполнение практической работы, изучить методическое пособие.

3.2. Выполнить анализ служебного назначения и условий работы деталей.

3.3. Разработать перечень возможных дефектов заданных деталей возникающих при их эксплуатации.

3.4. Назначить методы дефектовки деталей узла.

3.5. Выполнить обоснование применения выбранных методов дефектовки деталей.

3.6. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Задание на практическую работу.

4.3. Перечень дефектов заданных деталей возникающих при их эксплуатации (таблица 1).

4.4. Перечень выбранных методов дефектовки деталей с обоснованием их выбора.

4.5. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

5.1. Задачи, решаемые при дефектовке деталей металлообрабатывающего оборудования.

5.2. Основные способы выявления внешних дефектов деталей металлообрабатывающего оборудования

5.3. Основные способы выявления скрытых дефектов деталей металлообрабатывающего оборудования.

5.4. Какие методы применяются при проверке твердости материала или поверхностного слоя деталей металлообрабатывающего оборудования?

5.5. Как выполняется выявление скрытых дефектов металлообрабатывающего оборудования магнитопорошковым способом?

5.6. Как выполняется выявление скрытых дефектов деталей металлообрабатывающего оборудования ультразвуковым способом?

5.7. В каких случаях при проверке деталей металлообрабатывающего оборудования используется гидравлические (пневматические) испытания и как они выполняются?

5.8. Как выполняется выявление скрытых дефектов деталей металлообрабатывающего оборудования люминесцентным способом.

5.9. Как документально оформляются результаты выполнения дефектовки деталей металлообрабатывающего оборудования?

5.10. Способы маркировки деталей ремонтируемого металлообрабатывающего оборудования.

5.11. Какая информация вносится в дефектовочную ведомость?

Практическая работа 9

ВЫБОР МЕТОДОВ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Цель работы

Получить практические навыки выбора методов ремонта деталей металлообрабатывающего оборудования.

2. Теоретический раздел

Ремонт направляющих. Направляющие ремонтируют разными способами, зависящими от характера и величины износа их поверхностей, а также от того, насколько предприятие оснащено специальным ремонтным оборудованием и приспособлениями. Широко применяемыми способами ремонта направляющих станины являются шабрение (рисунок 9.1, а), строгание (рисунок 9.2, б), фрезерование (рисунок 9.1, в), шлифование (рисунок 9.1, г).

Ремонт направляющих шабрением применяют при незначительном износе (до 0,05 мм) отличается большими трудоемкостью и стоимостью.

Ремонт шлифованием обеспечивает высокую точность и малую шероховатость (высокую чистоту) поверхностей направляющих; этот способ незаменим при ремонте закаленных направляющих станин. Производительность труда при шлифовании в несколько раз выше по сравнению с шабрением. Однако при ремонте незакаленных направляющих предпочтительно финишное строгание, при котором достигаются высокие производительность и точность, а также шероховатость поверхностей $Ra\ 0,32$.

Строганием резцами с широким доведенным лезвием можно восстановить направляющие при условии, что габаритные размеры станины не превышают размеров стола продольно-строгального станка.



Ремонт продольных направляющих каретки можно выполнять с применением компенсационных наделок (изготавливают из чугуна, бронзы, текстолита) или восстанавливать полимерными композициями (рисунок 9.1, д).

Из перечисленных способов ремонта наиболее трудоемким является шабрение, а наиболее рациональным - восстановление всех поверхностей механической обработкой поверхностей с применением в качестве компенсаторов износа полимерных композиций или наделок.

Ремонт валов и шпинделей. Валы и шпиндели ремонтируют, выбирая наиболее рациональный метод ремонта по результатам его дефектовки. К наиболее часто используемым способам их ремонта можно отнести: механическая обработка (обработка под ремонтный размер), наплавка, ремонт с применением компенсационных наделок, нанесение гальванического покрытия и др.

При незначительной величине износа (0,02...0,1 мм) подшипниковых шеек шпинделей их размер может восстанавливаться способом твёрдого пористого хромирования.

При величине износа шеек в пределах 0,01... 0,02 мм выполняется их доводка изготовленными по размеру шейки притирами (из чугуна, меди или бронзы) с применением специального приспособления – «жимок».

Уменьшение диаметра вследствие проточки или изнашивания до 0,5 мм на сторону компенсируется одним из способов электролитического наращивания, металлизации или полимерным покрытием.

Шейки валов, имеющие большой износ, протачивают на токарных станках для удаления поверхностных дефектов и исправления формы с последующей шлифовкой в ремонтный размер. В зависимости от вида и величины нагрузок на валу, диаметр может быть уменьшен на 5...10 %.

При достижении износов более 1 мм на сторону, наличии овальности или конусности валы, оси и шпиндели восстанавливаются проточкой с последующей наплавкой по образующей, располагая валики диаметрально (рисунок 9.2, а) или плотной непрерывной спиралью, начиная от свободного конца вала (рисунок 9.2, б). После наплавки обязательно производится отжиг.



Рисунок 9.2 – Наплавка валов: а – по образующей; б – спиралью

Компенсационная наделка – это втулка из материала, такого же, как материал ремонтируемого шпинделя или с улучшенными эксплуатационными характеристиками (например, из цементуемых сталей 20Х, 12ХН3А и др.). Поверхность шпинделя, предназначенную для установки компенсационной наделки, протачивают под размер отверстия втулки-компенсатора. Соединяемые поверхности втулки и шпинделя обезжириваются, на них наносится тонкий слой клея и втулка устанавливается на шейку или в отверстие шпинделя (см. рисунок 9.3). Окончательная обработка рабочей поверхности втулки-компенсатора производится шлифованием, при хорошем охлаждении, и не ранее чем через 24 часа.

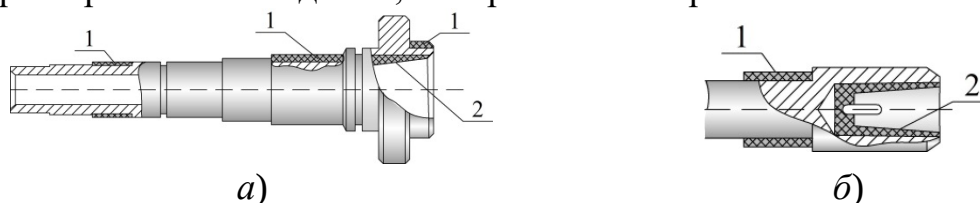


Рисунок 9.3 – Схемы ремонта шпинделей: *а* – токарного станка (шейки под подшипники, посадочная поверхность под патрон, коническое отверстие); *б* – сверлильного станка (шейки под подшипники, коническое отверстие под инструментальную оснастку или инструмент). 1 – компенсационные наделки; 2 – компенсационные вставки

Восстановление номинальной посадки в неответственных узлах можно достигнуть накаткой рабочих поверхностей валов и осей зубчатыми роликами, а также напрессовкой или установкой на эпоксидном клее ремонтных втулок, которые затем обрабатывают точением или шлифованием.

Изогнутые ходовые винты правят, рихтуют с помощью хомутиков, стяжек, рычагов и другими способами. Неисправные центровые гнезда винта восстанавливают на токарных станках, подрезая его торцы.

Изношенную трапецеидальную резьбу ходовых винтов ремонтируют, если ее износ не превышает 10% первоначальной толщины витка. Ремонт выполняют, выверяя и протачивая или шлифуя винт по наружному диаметру резьбы так, чтобы ширина нитка после углубления канавки (и устранения износа) была нормальной. Изношенные шейки винта ремонтируют шлифованием, а сопряженные с ними втулки заменяют новыми. Гайки ходовых винтов с изношенной резьбой заменяют новыми.

Ремонт деталей зубчатых, цепных и ременных передач. Восстановление толщины изношенных зубьев чаще всего выполняется наплавкой, пластическим деформированием или корригированием. Применяется электродуговая наплавка или наплавка кислородно-ацетиленовым пламенем с присадочным прутком того же химического состава, что и металл шестерни. Для снижения опасности коробления шестерен перед наплавкой их рекомендуют подогреть до температуры 200...250 °С.

Шестерни с зубьями небольшого модуля восстанавливают сплошной заправкой впадин с последующим отжигом и фрезерованием новых зубьев. При модуле большем 10 наплавляют боковые поверхности каждого отдельного зуба. Поочередно наплавляют диаметрально противоположные зубья или с пропуском 6...10 зубьев. При большом износе поверхность наплавляют несколькими слоями толщиной не менее 1,5...2 мм.

Обработка наплавленных зубьев достаточно сложна. Для ее облегчения зубья колес с большим модулем наплавляют с помощью двух шаблонов из меди (рисунок 9.4) с профилем боковых поверхностей зубьев. Чаще наплавка выполняется с предварительной установкой шпилек (рисунок 9.5).

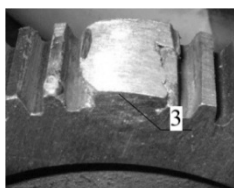
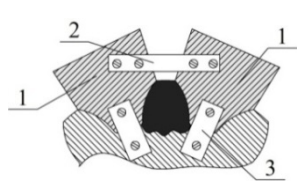


Рисунок 9.4 – Ремонт зубчатых колес наплавкой зуба по медным шаблонам: 1 – медные шаблоны; 2, 3 – планки; 4 – наплавленный зуб

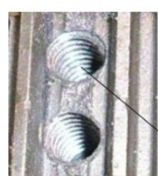
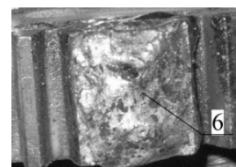
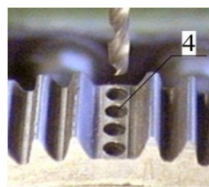
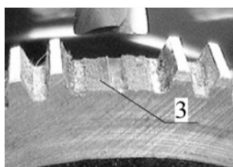
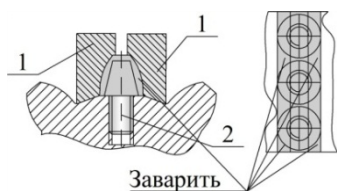


Рисунок 9.5 – Ремонт зубчатых колес наплавкой с установкой шпилек: 1 – медные шаблоны; 2 – шпильки; 3 – фрезерование поломанного зуба; 4 – сверление отверстий под резьбу; 5 – нарезание резьбы и вкручивание шпилек; 6 – заварка шпилек

В менее ответственных тихоходных передачах поврежденные зубья колес можно ремонтировать установкой зубчатых вкладышей, которые закрепляют винтами либо сваркой (рисунок 9.6). При необходимости вставка изготавливается на 2 ... 3 зуба.

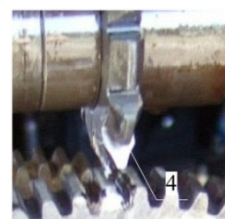
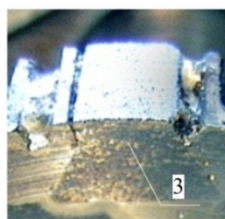
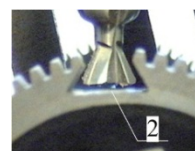
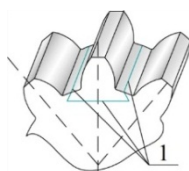
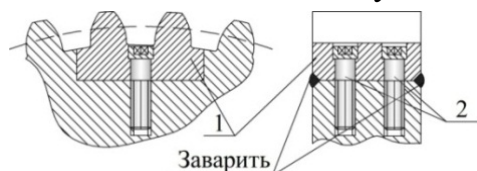


Рисунок 9.6 – Ремонт зубчатых колес вставкой зуба: 1 – сварные швы; 2 – фрезерование паза; 3 – вставка и обварка вкладки; 4 – нарезание зуба

Трещины в малонагруженных зубчатых колесах неответственного назначения заваривают подобно трещинам в валах.

В результате износа и деформации деталей в цепных передачах, цепь растягивается, увеличивается расстояние между осями, при работе передачи возникает резкий металлический стук и шум, случаются поломки осей и пластинок цепи. Дефектные звездочки и цепи при ремонте заменяются новыми. Изношенные зубья звездочек диаметром 120...150 мм и более, восстанавливают наплавкой с применением медных шаблонов, форма которых соответствует первоначальному профилю впадин между зубьями.

У шкивов под клиновидные ремни основной износ происходит по поверхностям канавок, что приводит к тому, что ремень постепенно опускается на дно канавки. При ремонте таких шкивов, токарной обработкой понижают дно канавки, а на боковых стенках канавок устраняют следы износа. Трещины на ободе или спицах шкивов заваривают с предварительной разделкой места заварки. При износе у шкива посадочного отверстия, ступицу растачивают и запрессовывают втулку, которую надежно стопорят винтами или устанавливают на клей. Затем отверстие вновь растачивают, обеспечивая необходимую посадку на валу.

Ремонт шпоночных и шлицевых соединений. При незначительных повреждениях шпоночные пазы восстанавливают слесарной обработкой или фрезерованием под шпонку большего размера, но увеличение ширины паза не должно превышать 15% номинального значения. Возможна наплавка стенок паза с последующей обработкой до номинальной его ширины (рисунок 9.7, *а*). Допускается установка ступенчатых шпонок (рисунок 9.7, *б*); в которых ширина нижней части соответствует ремонтному размеру паза вала, а верхней части – размеру паза ступицы. При большом повреждении шпоночного паза, когда на чертеже нет указаний о его фиксированном положении, допускают изготовление его заново на другом месте (не более одного на сечение). Новый паз изготавливается со смещением по кругу на 90 или 120°. Поврежденный паз заплавляют с последующей механической обработкой для сохранения формы вала.

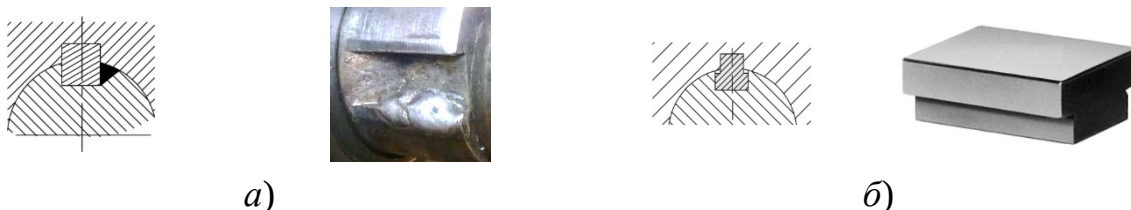


Рисунок 9.7 – Ремонт шпоночных пазов: *а* – наваркой грани; *б* – установкой ступенчатой шпонки

Шлицевые поверхности у валов небольших габаритов, как правило, не восстанавливают, а валы с изношенными шлицевыми поверхностями заменяются на новые.

Небольшие износы шлицев и шпоночных пазов крупногабаритных или сложных в обработке шлицевых валов устраняют электроискровым наращиванием. При большом износе боковые поверхности шлицевых выступов наплавляются под слоем флюса, в среде углекислого газа, вибродуговой или ручной дуговой наплавкой. Наплавляется одна сторона каждого выступа (рисунок 9.8, *а*), поочередно наплавляются диаметрально противоположные шлицы (1, 2, 3, 4). Износы шлицев до 0,5 ... 0,8 мм при диаметрах валов до 80 мм можно устранить методом раздачи (рисунок 9.8, *б*).



Рисунок 9.8 – Способы восстановления шлицев: *а* – наплавкой; *б* – раздачей

Применение сварки при ремонте корпусных деталей. Ремонт с применением сварки включает в себя операции по выявлению дефектов, подготовку дефектных мест под заварку и сам процесс сварки. При наличии трещин детали подготавливают к заварке. После очистки поверхности на концах трещины сверлят отверстия $\varnothing 3...3,5$ мм, чтобы трещина не распространялась дальше (рисунок 9.9, *а*). По всей длине трещины выполняют разделку трещины (рисунок 9.9, *б*). Заваривают трещину с помощью дуговой или газовой сварки. Мелкие трещины на неответственных местах устраняют короткими поперечными сварными швами, которые, охлаждаясь, стягивают трещину. Трещины на деталях из алюминиевых сплавов разделяют до получения канавки глубиной и толщиной до 3 мм (трещины на деталях толщиной до 10 мм не разделяют). При ремонте деталей приваркой накладок поверхность вокруг трещины зачищают на 25...30 мм.



Рисунок 9.9 – Схема подготовки деталей к заварке трещин: *а* – сверление отверстий на концах трещины; *б* – снятие фасок с одной и двух сторон

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить задание (модель металлообрабатывающего оборудования и перечень деталей) на выполнение практической работы, изучить методическое пособие.

3.2. Выполнить анализ служебного назначения, конструкции и повреждений деталей.

3.3. Назначить методы ремонта повреждений деталей.

3.4. Выполнить обоснование применения выбранных методов ремонта повреждений деталей.

3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Задание на практическую работу.

4.3. Перечень выбранных методов ремонта деталей с обоснованием их выбора.

4.4. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

5.1. Методы ремонта направляющих металлообрабатывающего оборудования.

5.2. Методы ремонта валов и шпинделей металлообрабатывающего оборудования.

5.3. Методы ремонта зубчатых колес металлообрабатывающего оборудования.

5.4. Методы ремонта шкивов металлообрабатывающего оборудования.

5.5. Технология ремонта направляющих с применением наделок.

5.6. Технология ремонта направляющих полимерными композициями.

5.7. Технология ремонта направляющих механической обработкой.

5.8. Технология ремонта направляющих шабрением.

5.9. Технология ремонта крупномодульных зубчатых колес.

5.10. Технология ремонта зубчатых колес установкой зубчатых вкладышей.

5.11. Методы ремонта шлицевых валов металлообрабатывающего оборудования.

5.12. Методы подготовки дефектных мест на корпусных деталях под заварку.

5.13. Виды полимерных композиций применяемых для ремонта направляющих металлообрабатывающего оборудования.

5.14. Виды клеев применяемых при ремонте деталей металлообрабатывающего оборудования.

5.15. Технология ремонта узлов металлообрабатывающего оборудования с подшипниками качения.

5.16. Технология ремонта узлов металлообрабатывающего оборудования с подшипниками скольжения.

РАСЧЕТ РЕЖИМОВ НАПЛАВКИ ПРОВОЛОЧНЫХ И ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ

1. Цель работы

Получить практические навыки расчета режимов наплавки проволочных и порошковых материалов при ремонте деталей.

2. Теоретический раздел

Наплавка покрытий – это нанесение расплавленного металла на разогретую до температуры плавления поверхность восстанавливаемой детали.

Наплавленные покрытия являются беспористыми, они обладают высокими значениями прочности при растяжении и модуля упругости. Прочность соединения этих покрытий с основой соизмерима с прочностью материала заготовки.

Наплавка покрытий необходима для последующих работ по восстановлению расположения, формы, размеров, шероховатости и износостойкости изношенных элементов. Состав и структура материалов покрытий обеспечивают также получение новых свойств, таких, как износо-, коррозионно-, эрозионно-, кавитационно- и жаростойкость поверхностей.

Наибольшее распространение получили различные виды электродуговой наплавки (под слоем флюса, в среде защитных газов, вибродуговая, самозащитной проволокой) и плазменная.

Диаметр электродной проволоки при наплавке $d_э$ назначают в зависимости от толщины покрытия. При восстановлении деталей чаще принимают $d_э = 1,6...2,5$ мм. Принимают плотность тока j (А/мм²): при ручной дуговой наплавке – 10...30, при наплавке под слоем флюса – 100...200, а в среде защитного газа – около 200.

Сила сварочного тока I равна

$$I = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot j, \text{ А.}$$

Напряжение дуги U зависит от силы сварочного тока. При наплавке под слоем флюса, например, напряжение дуги равно

$$U = 21 + 0.04I, \text{ В.}$$

Масса наплавленного металла m за один час равна

$$m_ч = \alpha_n \cdot I, \text{ г/ч.}$$

где α_n – коэффициент наплавки, определяющий массу наплавленного металла за 1 ч при силе тока 1А, г/А·ч.

Коэффициент наплавки (г/А·ч) на постоянном токе при ручной наплавке тонкообмазанными электродами равен 7,8...8,5, толстообмазанными электродами – 10...14, вибродуговой наплавке – 8...10, в среде диоксида углерода – 12...14, проволоки под слоем флюса – 14...16, ленты под

слоем флюса – 15...20, при электрошлаковой наплавке – 20...25. В среднем на наплавку 1 кг металла при ручной дуговой наплавке на переменном токе затрачивают 3,5...4,5 кВт·ч электроэнергии, а на постоянном токе 7...8 кВт·ч.

Масса подаваемой проволоки в зону наплавки в единицу времени равна массе наплавленного металла

$$m_q = \alpha_n \cdot \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \cdot \gamma \cdot v_{np}, \text{ г/ч}$$

где γ – плотность металла проволоки, г/см³; v_{np} – скорость подачи электродной проволоки, м/ч.

Скорость подачи электродной проволоки

$$v_{np} = \frac{4\alpha_n \cdot I}{\pi \cdot d_n^2 \cdot \gamma}, \text{ м/ч.}$$

Площадь сечения наплавки F_n равна

$$F_n = \frac{\alpha_n \cdot I}{\gamma \cdot v_n}, \text{ см}^2.$$

Скорость наплавки определяют по формуле

$$v_n = \frac{\alpha_n \cdot I}{\gamma \cdot F_n} = \frac{\alpha_n \cdot I}{B \cdot h \cdot k \cdot \gamma}, \text{ см}^3/\text{ч.}$$

где B и h – ширина и высота валика (см. рисунок 9.1), см; k – коэффициент площади валика (0,5...0,7).

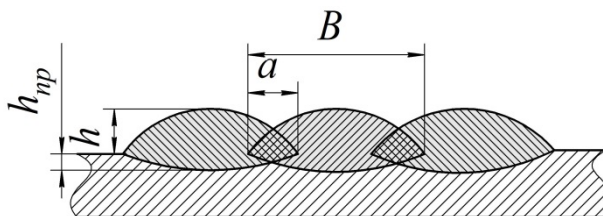


Рисунок 10.1 – Сечение наплавленных валиков

Частота вращения заготовки n при наплавке

$$n = \frac{60v_n}{\pi \cdot d_d} = 6000 \cdot \frac{\alpha_n \cdot I}{\pi \cdot d_d \cdot B \cdot h \cdot k \cdot \gamma}, \text{ мин}^{-1}.$$

где d_d – диаметр заготовки, мм.

Основное время наплавки t_o равно

$$t_o = \frac{l}{S_H \cdot n}, \text{ мин.}$$

где l – длина наплавляемой шейки, мм; S_H – шаг наплавки, мм/об.

Расход материала Q_{np} на одну восстанавливаемую деталь

$$Q_{np} = \frac{10^{-5} \cdot \pi \cdot d_n^2}{2,4} \cdot t_o \cdot v_{np} \cdot \gamma, \text{ кг/деталь.}$$

Глубина проплавления основного металла и производительность процесса зависят от сварочного тока, угла наклона электрода и скорости наплавки. Глубину проплавления h_{np}

$$h_{np} = (0,0061 \dots 0,0085) \cdot \sqrt{\frac{\eta_u \cdot I \cdot U}{v_n}}, \text{ мм.}$$

где η_u – коэффициент использования тепла при наплавке, равный отношению тепла, затраченного на плавление металла, к теплу, выделенному электрической дугой (зависит от рода и полярности тока, при наплавке под слоем флюса равен $0,8 \dots 0,9$).

Шаг наплавки определяется шириной наплавленного валика B . Обычно его устанавливают с таким расчетом, чтобы перекрытие a составляло $0,33 \dots 0,5$ ширины валика. Ширина валика примерно в $2 \dots 3$ раза больше его высоты.

Режимы наплавки покрытий уточняют после расчета величины погонной энергии сварочной дуги W . Эта величина равна количеству тепла, введенного в единицу длины шва, т.е.

$$W = \frac{360 \cdot I \cdot U \cdot \eta_u}{v_n}, \text{ кДж/м.}$$

Для получения качественных покрытий значение W ограничивают в пределах $630 \dots 1590$ кДж/м. Чем больше диаметр электродной проволоки и размеры заготовки, тем больше значение W .

Для плазменно-порошковой наплавки технологические расчеты выполняют в следующей последовательности.

Устанавливают диаметры (мм) заготовки до наплавки D_o , после нее D_n и длину (мм) наплавленной шейки l .

Толщина покрытия S_n равна

$$S_n = \frac{D_n - D_o}{2}, \text{ мм.}$$

Число наплавленных слоев покрытия при $S_n \leq 2,5$ мм принимают равным одному, при $2,5 \leq S_n \leq 5$ мм – двум и при $5 \leq S_n \leq 7,5$ – трем.

Назначают расход Q_{np} наносимого порошка в зависимости от диаметра восстанавливаемой детали из отрезка значений $0,3 \dots 3,0$ кг/ч. Меньшее значение расхода порошка соответствует наплавке заготовки, диаметр которой 10 мм. Большее значение применяют для заготовок, диаметр которых превышает 50 мм.

Устанавливают силу плазмообразующего тока по зависимости

$$I = (80 \dots 100) \cdot Q_n, \text{ А.}$$

Марку плазменной горелки выбирают исходя из силы тока.

Для определения скорости наплавки необходимо провести некоторые промежуточные расчеты.

Масса m_b одного валика равна

$$m_{\text{с}} = \frac{\pi \cdot (D_{\text{н}}^2 - D_{\text{о}}^2)}{4 \cdot 10^9} \cdot S_{\text{н}} \cdot \rho, \text{ кг.}$$

где $S_{\text{н}}$ – подача плазменной горелки, мм/об; ρ – плотность наплавленного металла, кг/м³.

Угловую частоту вращения заготовки n , равную числу валиков металла, наносимых в одну минуту, определяют по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot v_{\text{н}}}{\pi \cdot D_{\text{о}}}, \text{ мин}^{-1}.$$

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

Масса металла, наплавленного в одну минуту, равна

$$\frac{Q_{\text{н}}}{60k_{\text{у}}} = m_{\text{с}} \cdot n = \frac{(D_{\text{н}}^2 - D_{\text{о}}^2)}{4 \cdot 10^6 \cdot D_{\text{о}}} \cdot S_{\text{н}} \cdot \rho \cdot v_{\text{н}}, \text{ кг/мин.}$$

где $k_{\text{у}}$ – коэффициент использования порошка.

Скорость наплавки равна

$$v_{\text{н}} = \frac{10^6 \cdot Q_{\text{н}} \cdot D_{\text{о}}}{15 \cdot k_{\text{у}} \cdot (D_{\text{н}}^2 - D_{\text{о}}^2) \cdot S_{\text{н}} \cdot \rho}, \text{ м/мин.}$$

Основное время наплавки $t_{\text{о}}$ равно

$$t_{\text{о}} = \frac{l}{S_{\text{н}} \cdot n}, \text{ мин.}$$

Расход порошка $m_{\text{д}}$ на одну восстанавливаемую деталь

$$m_{\text{д}} = \frac{Q_{\text{н}} \cdot t_{\text{о}}}{60 \cdot k_{\text{у}}}, \text{ кг/деталь.}$$

3. Порядок выполнения работы

3.1. Изучить методическое пособие, Получить вариант задания на практическую работу (таблица 10.1).

Таблица 10.1 – Задания для технологических расчетов

№ вар.	Материал покрытия		Флюс	Защитный газ	Размеры элемента детали, мм		Толщина покрытия, мм
	Проволока	Порошок			Ø	Длина	
1	Св-30ХГСА	–	ОФ-6	–	50	60	2,5
2	Нп-40Х3Г2МФ	–	АН-70	–	55	45	3,0
3	Св-08	–	АН-60	–	68	55	4,0
4	Св-12ГС	–	ФЦ-18	–	72	80	2,5
5	Нп-65	–	АН-60	–	90	40	5,0
6	Нп-40Х13	–	АН-22	–	48	80	3,5
7	Св-15ГСТЮЦА	–	–	CO ₂	65	65	3,5
8	Св-10Х17Т	–	АН-70	–	74	40	3,0

№ вар.	Материал покрытия		Флюс	Защитный газ	Размеры элемента де- тали, мм		Толщина покрытия, мм
	Проволока	Порошок			Ø	Длина	
9	Св-08Г2С	–	–	СО ₂	80	40	4,0
10	Св-18ХГС	–	ОФ-10	–	64	65	4,5
11	–	ПП-ТН250	–	–	70	70	3,0
12	–	ПП-АН122	–	–	100	85	5,0
13	–	ВЕЛТЕК Н620	–	–	55	72	2,5
14	–	ПП-АН170	–	–	60	64	4,0
15	–	ПП-АН121	–	–	67	85	5,0
16	–	ВЕЛТЕК Н480С	–	–	80	40	4,5
17	–	ПП-Нп-200ХГР	–	–	65	55	3,5
18	–	ВЕЛТЕК-Н220У	–	–	85	90	3,0
19	–	ПГ-С27	–	–	72	67	2,5
20	–	ПГ-10Р6М5	–	–	45	60	4,0

3.2. Выполнить расчет технологических режимов наплавки при ремонте детали.

3.3. Назначить модель установки для выполнения технологической операции.

3.4. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Расчет технологических режимов наплавки для ремонта детали.

4.3. Характеристики установки для выполнения операций наплавки.

4.4. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

5.1. Назначение и основные виды наплавки.

5.2. Особенности и область применения наплавки под слоем флюса?

5.3. Как выбирают материал электродной проволоки при наплавке в среде диоксида углерода?

5.4. Особенности и область применения вибродуговой наплавки.

5.5. В каких случаях применяют плазменную наплавку?

5.6. Особенности и область применения электрошлаковой наплавки.

5.7. Как выбирают материал флюса при наплавке?

5.8. Особенности и область применения керамических флюсов.

5.9. Классификация флюсов по составу и способу приготовления.

5.10. Классификация видов электродуговой наплавки.

Практическая работа 11

РАСЧЕТ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ПРИ РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ

1. Цель работы

Получить практические навыки расчета режимов нанесения электрохимических покрытий при ремонте деталей металлообрабатывающего оборудования.

2. Теоретический раздел

В ремонтном производстве при восстановлении деталей нашли широкое применение гальванические процессы.

Гальванические способы обработки применяются для восстановления изношенных поверхностей (компенсации износа рабочих поверхностей) деталей (железнение, хромирование, никелирование); защиты деталей от коррозии (цинкование, меднение, кадмирование); защитно-декоративных целей (хромирование, никелирование, цинкование, и др.); придания поверхностям деталей специальных свойств, обеспечивающих хорошую обрабатываемость (меднение, лужение, свинцование и др.).

Электролитические покрытия предпочтительнее наплавки, так как:

- процесс гальванического осаждения металла не вызывает структурных изменений в деталях;
- позволяют устранять незначительные износы;
- можно получать равномерные по толщине покрытия с широким диапазоном твердости (1000...12000 МПа), что позволяет восстанавливать большую номенклатуру деталей, значительно отличающихся конструктивно-технологическими характеристиками и условиями эксплуатации;
- одновременно можно восстанавливать значительное количество деталей;
- применяемые электролиты можно использовать многократно.

К недостаткам метода следует отнести:

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

При ремонте оборудования для восстановления размеров деталей наиболее широко применяются процессы железнения (осталивание) и хромирования.

Технологический процесс нанесения гальванических покрытий (таблица 11.1) состоит из трех основных этапов:

- ❖ подготовки деталей гальваническому нанесению покрытий;
- ❖ процесс гальваническое нанесение покрытия;
- ❖ обработка детали после гальванического нанесения покрытия.

Таблица 11.1 – Типовой технологический процесс восстановления деталей гальванопокрытиями

Этап	Наименование операции	Вып.
Подготовки деталей к нанесению покрытия	Очистка деталей от грязи и масла	+
	Механическая обработка (удаляют погрешности формы поверхности и поврежденный поверхностный слой: задиры, цвета побежалости и др., шероховатость поверхности под покрытие – 0,63...1,25 мкм).	+
	Промывка органическим растворителем (уайт-спирит, ацетон и др.).	+/-
	Зачистка покрываемых поверхностей	+/-
	Изоляция поверхностей, не подлежащих покрытию (применяют различные колпаки, футляры, втулки и чехлы из эбонита, текстолита и винипласта, а также наносят кислотостойкие токонепроводящие лаки и синтетические материалы: полихлорвиниловый пластик, цапон-лак и пр.).	+
	Монтаж деталей в подвесные приспособления	+
	Обезжиривание деталей (электрохимически в горячем щелочном растворе, где детали являются катодом)	+
	Промывка в горячей, а затем в холодной воде	+/-
	Травление (анодной обработкой удаляют окисную пленку, препятствующую прочному сцеплению покрытия с деталью).	+
	Промывка в холодной, а затем в горячей воде.	+/-
Процесс нанесения покрытия	Нанесение покрытия (выполняется в гальванических ваннах, имеющих кислотоупорное покрытие, оборудованных водяными рубашками и вытяжной вентиляцией).	+
Обработка детали после нанесения покрытия.	Промывка горячей водой	+
	Нейтрализация (в растворе кальцинированной соды с последующей промывкой горячей водой).	+
	Демонтаж деталей с подвесок и снятие изоляции	+
	Пассивирование (в горячем 10 %-ном растворе каустической соды с последующей промывкой горячей водой).	+/-
	Термическая обработка	+/-
	Механическая обработка (выполняют, как правило, шлифованием при сильном охлаждении и окружной скорости круга 30-35 м/с.)	+/-
	Консервация деталей	+/-

Примечание: «+» – операция выполняется обязательно; «+/-» – операция может выполняться или не выполняться в зависимости от конкретных условий.

Железнение (осталивание) применяют при восстановлении поверхностей различных деталей, изношенных более чем на 0,2 мм (можно нанести слой толщиной до 3 мм). Восстанавливают шейки валов и осей, входящие в подвижные и неподвижные соединения, поверхности отверстий под втулки и обоймы подшипников в стаканах и корпусных деталях и другие элементы. Для процесса характерны высокая производительность наращивания (скорость осаждения металла 0,2...0,5 мм/ч), толстые осадки (до 3 мм и более), высокие физико-механические свойства, недорогие и недефицитные материалы, себестоимость восстановления – 30...50% от стоимости новой детали при одинаковой износостойкости. Шероховатость поверхности под железнение должна быть 0,63... 1,25 мкм

В зависимости от состава электролита и режима железнения получают мягкие покрытия с твердостью, соответствующей углеродистой незакаленной стали (НВ 120...220), и твердые покрытия с твердостью, соответствующей закаленной стали (НВ 250...600). Детали после железнения можно подвергать термической и термодиффузионной обработке.

Прочность сцепления на отрыв покрытия со сталью, медью и чугуном достигает 150 МПа, благодаря чему восстановленная деталь надежно работает при больших нагрузках. Снижение усталостной прочности деталей после железнения меньше, чем при хромировании. Процесс железнения характеризуется достаточно высоким выходом по току ($\alpha = 0,85-0,95$).

Для изготовления анодов используют прутки или полосы из стали марок: Ст 2, Ст 3, 10, 20. 08А, 10А. Для электролитического железнения при ремонте в основном применяют хлористые электролиты на основе солей железа. При использовании хлористых электролитов применяют растворимые аноды, изготовленные из малоуглеродистой стали или железа Армко. В зависимости от содержания хлористого железа хлористые электролиты разделяют на три типа: высококонцентрированные, среднеконцентрированные и малоконцентрированные (таблица 11.2).

Таблица 11.2 – Составы электролитов и режимы для железнения

Компоненты и показатели процесса	Содержание компонентов (в г/л) в зависимости от типа электролита		
	Высококонцентрированный	Среднеконцентрированный	Малоконцентрированный
Хлористое железо	680	450...500	200
Хлористый натрий	–	100	100
Хлористый марганец	–	10	10
Соляная кислота	0,8...1,5	0,5...0,8	0,5...0,8
Плотность тока, А/дм ²	10...20	40...50	20...40
Температура электролита, °С	95...100	60...80	60...80
Толщина слоя, мм	3...5	2...3	До 1,5
Твердость покрытия, НВ	120...150	500...550	600...650

Скорость осаждения железа (0,15...0,3 мм/ч) зависит от плотности тока и выхода по току (таблица 11.3). Чем больше плотность тока, тем выше скорость осаждения железа.

Таблица 11.3 – Зависимость скорости осаждения железа от плотности тока и выхода по току

Плотность тока, А/дм ²	Выход по току, %		
	90	95	98
1	11,5	12,4	13,0
5	56,5	62,0	64,0
10	115,0	124,0	130,0
20	230,	250,0	260,0

Хромирование применяют для восстановления деталей с небольшими износами (при износостойком покрытии толщина покрытия составляет 0,03...0,35 мм на сторону, в отдельных случаях ее увеличивают до 1,0 мм), поверхность которых должна обладать высокой твердостью, износо- и термостойкостью, например плунжерные пары, шейки валов, золотники, штоки и др. Покрытия могут быть защитно-декоративными и износостойкими (твердыми), которые подразделяются на гладкие и пористые.

Гладкие хромовые покрытия имеют низкую смачиваемость поверхности деталей, что снижает их износостойкость, поэтому они применяются только для восстановления деталей с неподвижными посадками.

Пористые хромовые покрытия хорошо удерживают масляную пленку и даже при ограниченной смазке обладают высокой износостойкостью. Пористое хромирование применяется для восстановления поверхностей с подвижными посадками, работающих при высоких нагрузках (гильзы цилиндров, поршневые кольца и др.). Для его получения после нанесения покрытия деталь подвергается анодной обработке.

Электролитический хром по внешнему виду бывает блестящим, молочным или матовым. Блестящий хром имеет высокие твердость (6...9 ГПа), износостойкость, хрупкость и внутренние напряжения. На его поверхности видны под микроскопом мелкие пересекающиеся трещины. Молочный хром имеет повышенную износостойкость, большую вязкость и пониженную твердость (4...6 ГПа). Сетка трещин на нем отсутствует. Матовый хром очень твердый (9...12 ГПа) и хрупкий металл, имеющий из-за хрупкости пониженную износостойкость. При восстановлении деталей используют блестящие и молочные осадки.

Хромовые покрытия обладают высокой твердостью, жаростойкостью, износостойкостью и низким коэффициентом трения, повышенной хрупкостью и плохой прирабатываемостью. В тоже время процесс хромирования чувствителен к изменениям температуры электролита и плотности тока, электролит нестабилен по составу и требует корректировки в процессе электролиза.

Электролит для хромирования представляет собой смесь из хромового ангидрида и серной кислоты. Составы электролитов хромирования и режима электролиза приведены в таблице 11.4.

➤ Электролит «Универсальный» применяется для твердого хромирования изделий простой формы. Истощение электролита происходит с высокой скоростью. Осадки имеют большую толщину с наростами на краях.

➤ Электролит «Саморегулирующий горячий» применяется для широкого интервала блестящих покрытий, применяется для декоративного, твердого и пористого хромирования стали, никеля, меди и других металлов.

➤ Электролит «Саморегулирующий холодный» применяется для декоративного покрытия меди и никеля с низкой скоростью истощения.

Таблица 11.4 – Состав электролитов и режимы хромирования

Компоненты раствора и режимы электролита	Электролит		
	Универсальный	Саморегулирующий горячий	Саморегулирующий холодный
Хромовый ангидрид, г/л	250	250	400
Серная кислота, г/л	2,5	–	–
Сернокислый стронций, г/л	–	6	–
Калий кремнефтористый, г/л	–	20	–
Кальций углекислый, г/л	–	–	60
Сернокислый кобальт, г/л	–	–	20
Напряжение, В	12	12	12
Температура раствора, °С	50...60	40...70	18...25
Плотность тока, А/дм ²	40...100	50...120	50...200
Выход по току, А	12...16	18...22	33...40

Скорость осаждения хрома зависит от плотности тока и выхода по току (таблица 11.5).

Таблица 11.5 – Зависимость скорости осаждения хрома от плотности тока и выхода по току

Плотность тока, А/дм ²	Выход по току, %	
	13	15
10	6,1	7
15	9,1	10,5
20	12,2	14
30	18,3	21
50	30,5	35
80	48,8	56
100	61	70

В соответствии с законом Фарадея толщина h , мм, осаждаемого металлического покрытия

$$h = \frac{D_k \cdot C \cdot \eta_I \cdot t}{1000 \cdot \gamma}, \text{ мм.}$$

где D_k – рекомендованная для данного электролита и его температуры катодная плотность тока, А/дм²; C – электрохимический эквивалент металла, г/А·ч; η_I – выход по току, %, t – продолжительность электролиза, ч; γ – плотность металла, г/см³.

Силу тока при нанесении покрытий определяют по формуле:

$$I = D_k \cdot F_K, \text{ А.}$$

где F_K – площадь покрываемой поверхности, дм².

Площадь анода определяется по формуле:

$$F = 2F_K, \text{ дм}^2.$$

Основное время необходимое для осаждения покрытия заданной толщины h определяется по формуле:

$$T_o = \frac{1000 \cdot h \cdot \gamma}{D_k \cdot C \cdot \eta_I}, \text{ час.}$$

где h – толщина наращиваемого слоя металла, мм; γ – плотность металла, г/см³, (железнение $\gamma=7,8$; хромирование $\gamma=6,9$) C – электрохимический эквивалент металла, г/А·ч (железнение $C=1,042$; хромирование $C=0,323$); η_I – выход металла по току, % (железнение – 90%; хромирование – 15%).

Норма времени на выполнения технологической операции $T_{ум}$ определяется по формуле:

$$T_{ум} = \frac{(T_o + T_{\epsilon}) \cdot K_{нз}}{n_d \cdot \eta_B}, \text{ час.}$$

где T_{ϵ} – время на подвеску, загрузку и выгрузку деталей ($T_{\epsilon} \approx 0,15 \dots 0,25$ час.); $K_{нз}$ – коэффициент подготовительно-заключительного времени ($K_{нз} \approx 1,15 \dots 1,23$); n_d – число деталей, одновременно наращиваемых в ванне; η_B – коэффициент использования ванны ($\eta_B \approx 0,77 \dots 0,83$).

3. Порядок выполнения работы

3.1. Изучить методическое пособие, Получить вариант задания на практическую работу (таблица 11.6).

3.2. Определить толщину наносимого покрытия, исходя из значения износа и припуска на обработку.

3.3. Выбрать состав электролита и плотность катодного тока.

3.4. Рассчитать силу тока и необходимую площадь анода при нанесении покрытия.

3.5. Рассчитать основное время необходимое для осаждения покрытия и норму времени на выполнения технологической операции.

3.6. Сформулировать выводы по работе.

Таблица 11.6 – Варианты заданий к практической работе 11

Вариант	Восстанавливаемая поверхность детали	Номинальные размеры поверхности, мм	Размеры дефектной поверхности после механообаб., мм	Припуск под финишную обраб. мм	Способ восстановления
1.	Шейка вала	Ø65x35	Ø64,61x35	0,13	хромирование
	Вилка п/передач	2x18x35 Н=80	Н=77,55	0,2	железнение
2.	Плунжер	Ø15x70	Ø14,27x70	0,14	хромирование
	Клин	38x65 Н=47	Н=42,33	0,22	железнение
3.	Отв. з/колеса	Ø35x35	Ø35,5x35	0,22	хромирование
	Шейка вала	Ø45x35	Ø42,84x35	0,3	железнение
4.	Канавки шкива х3	Ø100xØ80 Н=14	Ø100xØ80 Н=14,6	0,17	хромирование
	Шейка оси	Ø50x60	Ø44,64x60	0,2	железнение
5.	Шейка вала	Ø50x60	Ø48,5x60	0,18	хромирование
	Вилка п/передач	2x22x32 Н=90	Н=92,22	0,15	железнение
6.	Отв. корп. подш.	Ø150x20	Ø150,3x20	0,15	хромирование
	Отв. корпуса	Ø110x25	Ø111,65x25	0,25	железнение
7.	Отв. втулки			0,14	хромирование
	Торец муфты	Ø120xØ70 Н=8	Ø120xØ70 Н=7,1	0,12	железнение
8.	Отв. шатуна	Ø30x22	Ø30,33x22	0,22	хромирование
	Шкив плоский	Ø200x75	Ø194,32x75	0,3	железнение
9.	Отв. стакана	Ø55x74	Ø55,63x74	0,17	хромирование
	Канавки шкива х4	Ø120xØ90 Н=17	Ø120xØ80 Н=18,4	0,2	железнение
10.	Гильза г/цилиндр	Ø32x65	Ø32,56x65	0,18	хромирование
	Шейка оси	Ø35x45	Ø32,14x45	0,15	железнение
11.	Шейка шпинд.	Ø90x55	Ø89,65x55	0,18	хромирование
	Корп. подшип.	Ø130x60	Ø126,3x60	0,23	железнение
12.	Клин	13x85 Н=12	Н=11,73	0,13	хромирование
	Шейка вала			0,12	железнение
13.	Шейка оси	Ø40x28	Ø39,71x28	0,22	хромирование
	Кулачки муфты	6x15x22 Н=20	6x15x22 Н=23,6	0,3	железнение
14.	Канавки шкива х4	Ø120xØ90 Н=17	Ø120xØ90 Н=17,5	0,17	хромирование
	Вилка п/передач	2x30x12 Н=80	Н=83,36	0,17	железнение
15.	Вилка п/передач	2x22x13 Н=45	Н=45,45	0,18	хромирование
	Клин	20x165 Н=22	20x165 Н=18,63	0,22	железнение
16.	Шейка ход.винта	2xØ25x20	2 xØ24,81x20	0,16	хромирование
	Толкатель	20x18 Н=35	20x18 Н=32,3	0,21	железнение
17.	Шейка шпинд.	Ø85x45	Ø84,46x45	0,21	хромирование
	Шкив плоский	Ø160x70	Ø154,76x70	0,12	железнение
18.	Гильза пн/цилиндр	Ø100x150	Ø100,56x150	0,22	хромирование
	Торец муфты	Ø115xØ65 Н=7	Ø115xØ65 Н=5,2	0,3	железнение
19.	Шейка вала	Ø35x55	Ø34,56x55	0,17	хромирование
	Вилка п/передач	4x18x20 Н=60	Н=63,45	0,22	железнение
20.	Плунжер	Ø18x100	Ø18,67x100	0,18	хромирование
	Кулачки муфты	8x20x18 Н=25	8x20x18 Н=27,3	0,15	железнение

4. Содержание отчета

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Расчет толщины наносимого покрытия.
- 4.3. Обоснование выбранного состава электролита и величины плотности катодного тока.
- 4.4. Расчет силы тока и необходимой площади анода при нанесении покрытия.
- 4.5. Расчет основного времени осаждения покрытия и нормы времени на выполнения технологической операции.
- 4.6. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

- 5.1. Для каких деталей применяется нанесение гальванических покрытий?
- 5.2. Назовите преимущества и недостатки железнения.
- 5.3. Какое оборудование применяется для нанесения гальванических покрытий?
- 5.4. Назовите преимущества и недостатки хромирования.
- 5.5. Каким образом обеспечивается требуемая твердость покрытия?
- 5.6. Какие материалы используются для нанесения покрытий?
- 5.7. От каких параметров зависит толщина покрытия?
- 5.8. Изложить основное содержание технологии электролитического наращивания металлов
- 5.9. Дать сравнительную характеристику основным видам хромовых покрытий: матовый хром, блестящий хром, белый хром.
- 5.10. Назовите преимущества и недостатки никелирования.
- 5.11. Основные этапы технологического процесса электролитического наращивания металла.

Практическая работа 12

РАЗРАБОТКА СХЕМ ПРОВЕРКИ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ УЗЛОВ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Цель работы

Получить практические навыки разработки схем контроля геометрической точности металлообрабатывающего оборудования.

2. Теоретический раздел

После обкатки станка на холостом ходу и испытания под нагрузкой должно быть проверено соответствие его нормам точности, установленным действующими стандартами.

В объем испытания на точность станка входят: измерение геометрической точности самого станка и точности изделий, обрабатываемых на станке.

Испытание на точность станков производят в соответствии с требованиями ГОСТ 8-82 «Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность» по нормам, установленным в стандартах на отдельные группы станков. Перед испытанием на точность станок должен быть установлен на фундаменте, стенде или на другом жестком, надежном основании на башмаках или клиньях (без затяжки фундаментных болтов) и выверен по уровню в продольном и поперечном направлениях. Если точность выверки станка по уровню в соответствующем стандарте не указана, то определяемое по уровню отклонение не должно превышать 0,04/1000. Особо ответственные проверки необходимо проводить дважды, используя для второй проверки другой инструмент и другой метод. Проверку следует производить в перчатках. Применяемые средства измерения и тестовые оправки (см. рисунок 12.1) должны быть в установленном порядке аттестованы и иметь соответствующий паспорт.

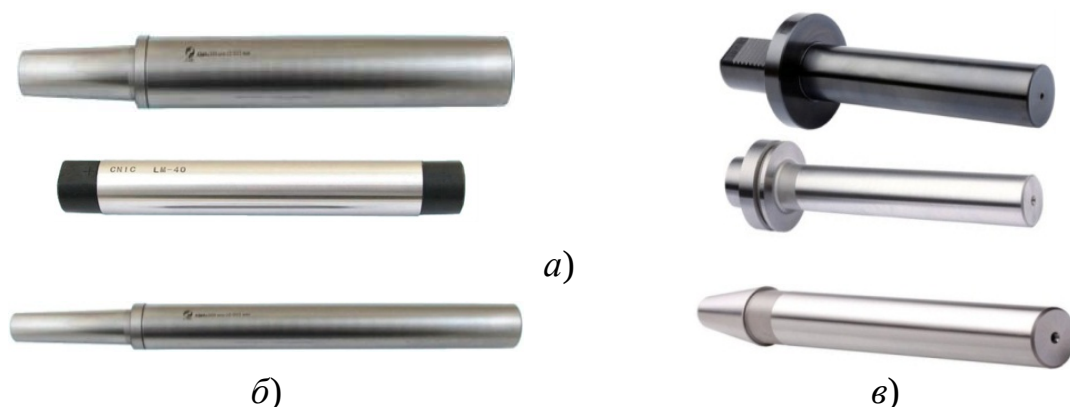


Рисунок 12.1 – Тестовые оправки: а – для токарных станков; б – для сверлильных станков; в – для фрезерных станков

При установлении результатов измерений необходимо вносить поправки, исключая погрешности применяемых средств измерения в соответствии с данными паспортов или маркировок. В процессе испытания на точность не допускается разборка или регулировка станка.

Если при испытании мелких токарных, револьверных, фрезерных и других станков не представляется возможным отнести допуск к длине указанной в нормах точности, допуски, приведенные в таблицах, подлежат пересчету на фактические длины, вошедшие в обмер, однако допуск не следует брать менее 0,01 мм. На рисунках 12.2...12.5 показаны примеры контроля геометрической точности металлообрабатывающих станков.

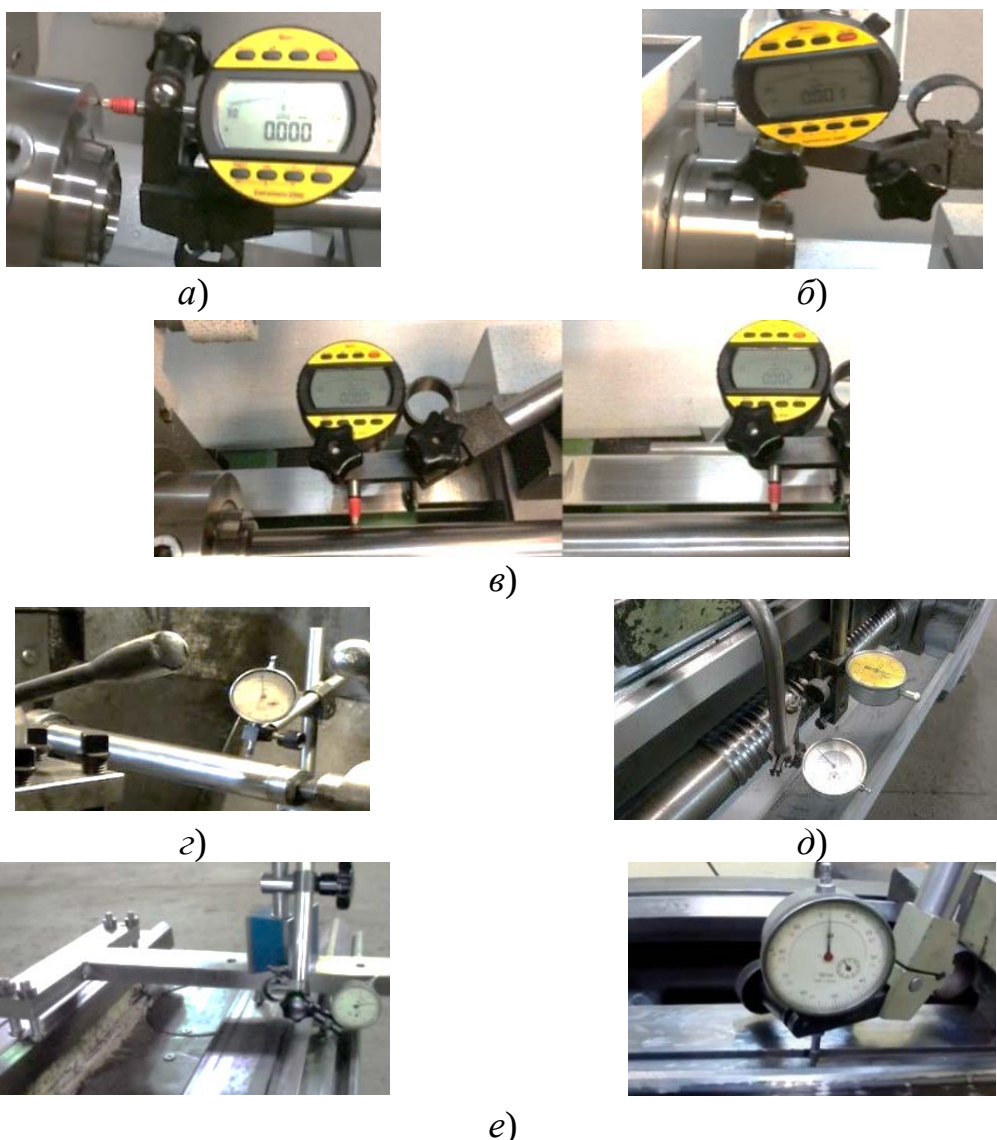
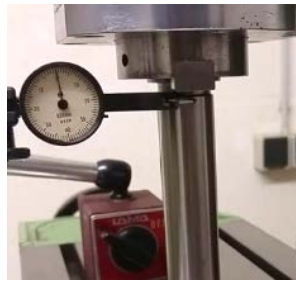


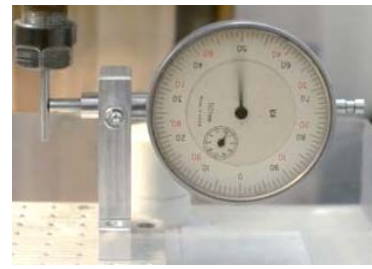
Рисунок 12.2 – Контроль геометрической точности токарного станка: *а* – биение торца патрона; *б* – радиальное биение патрона; *в* – радиальное биение оси шпинделя; *г* – соосность оси шпинделя и задней бабки; *д* – ходового винта; *е* – направляющих



a)



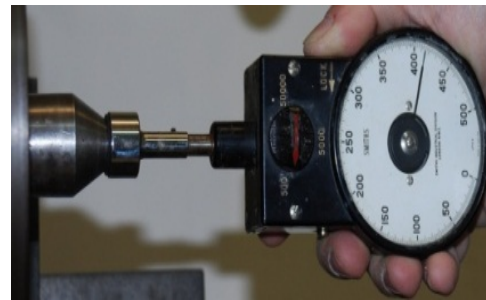
б)



в)



г)



д)



е)



Рисунок 12.3 – Контроль геометрической точности: а – радиальное биение шпинделя фрезерного станка; б – проверка точности ходовых винтов станка с ЧПУ; в – проверка перпендикулярности шпинделя фрезерного станка; г – числа оборотов шпинделя токарного станка тахометром; д – проверка осей станка с ЧПУ; е – проверка столов расточного и шлифовального станков

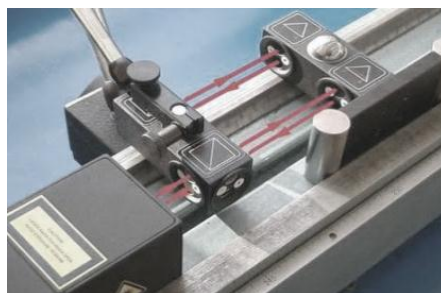
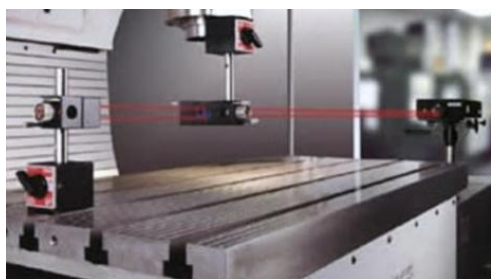
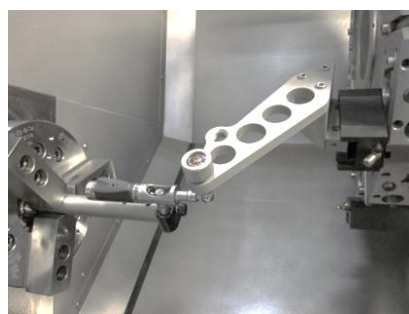


Рисунок 12.4 – Контроль геометрической точности станков с использованием лазерной измерительной системы BALTECH IN-9000



а)



б)

Рисунок 12.5 – Контроль точности круговой интерполяции пары линейных осей использованием измерительной системы Renishaw QC20-W ballbar: *а* – фрезерных станков; *б* – токарных станков

Точность станков с ЧПУ выявляется дополнительно следующими специфическими проверками: точностью линейного позиционирования рабочих органов; величиной зоны нечувствительности, т. е. отставанием в смещении рабочих органов при смене направления движения; точностью возврата рабочих органов в исходное положение; стабильностью выхода рабочих органов в заданную точку; точностью отработки круга в режиме круговой интерполяции; стабильностью положения инструментов после автоматической смены.

Проверка отработки прямолинейной траектории под углом к осям координат предусмотрена для станков с контурными системами ЧПУ. Проверка точности отработки системой привода подач станка единичного импульса программы проводится следующим образом. Узлу сообщают движение единичными импульсами сначала в прямом, а потом в обратном направлении. Число импульсов не менее 20. С помощью многооборотного стрелочного индикатора или какого-либо другого датчика перемещения фиксируют отклонения фактического перемещения узла от номинального значения импульса (дискреты). Наибольшая величина этого отклонения является оценкой точности отработки системой привода подач единичного импульса.

Точность перемещения узлов станка характеризуют следующие статистические показатели:

а) накопленная погрешность A позиционирования, равная алгебраической разности наибольшего и наименьшего (на аттестуемой длине l) среднеарифметических значений погрешностей позиционирования (отклонений фактического положения узла от заданного программой;

б) среднеквадратичное отклонение S_j погрешности позиционирования в j -й контрольной точке при многократных подходах подвижного узла к запрограммированному положению ($n = 5 \dots 10$).

Первый из показателей характеризует систематическую погрешность позиционирования на аттестуемой длине l перемещения, второй – случайную погрешность, которая в данном случае является функцией положения позиционируемого узла.

Статистические показатели определяют на основании результатов измерений погрешностей δ_y ; позиционирования в m контрольных точках на аттестуемой длине l перемещения узла. Число точек, в которых выполняют измерения, обычно равно 10...20. Проверку осуществляют на скорости быстрого перемещения с запрограммированными остановками в контрольных точках.

Проверка времени смены инструмента проводится на холостом ходу секундомером с помощью имеющегося на станке манипулятора. Проверка функционирования осуществляется при обработке по специальной программе типичной детали в течение 2 ч для серийных станков и 4 ч – для опытных образцов.

При проверках выявляют как точность, так и стабильность, т. е. многократную повторяемость прихода рабочих органов в одно и то же положение, причем зачастую стабильность важнее для достижения точности обработки на станках с ЧПУ, чем сама точность.

Результаты испытания на точность заносят в акт технического испытания точности металлообрабатывающего оборудования.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить вариант задания на практическую работу, изучить методическое пособие.

3.2. С использованием сети ИНТЕРНЕТ найти фотографию (или рисунок) и техническую характеристику контролируемого металлообрабатывающего оборудования.

3.3. Разработать схемы контроля геометрической точности металлообрабатывающего оборудования.

3.4. Описать последовательность действий при выполнении контроля точности металлообрабатывающего оборудования.

3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Изображение и техническая характеристика контролируемого металлообрабатывающего оборудования.
- 4.3. Разработанные схемы контроля геометрической точности металлообрабатывающего оборудования с описанием последовательность действий при их выполнении.
- 4.4. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

- 5.1. Основные этапы проведения испытаний на точность металлообрабатывающего оборудования
- 5.2. Основные требования к применяемым средствам измерения и оправкам при оценке точности металлообрабатывающего оборудования.
- 5.3. Какие действия станочника или оператора ЧПУ не допускаются в процессе испытания металлообрабатывающего оборудования на точность?
- 5.4. В каких случаях допуски, приведенные в таблицах, подлежат пересчету на фактические длины?
- 5.5. Какие дополнительные проверки проводятся при оценке точности металлообрабатывающего оборудования с ЧПУ
- 5.6. Что понимается под величиной зоны нечувствительности?
- 5.7. Какие статистические показатели характеризуют точность перемещения узлов металлообрабатывающего оборудования?
- 5.8. Как определяют статистические показатели точности перемещения узлов металлообрабатывающего оборудования?
- 5.9. Каким документом оформляются результаты испытания на точность металлообрабатывающего оборудования?

Практическая работа 13

ВЫБОР СХЕМЫ ПРОВЕРКИ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

1. Цель работы

Получить практические навыки выбора схема проверки точности технологической оснастки.

2. Теоретический раздел

Под точностью технологической оснастки понимают совокупность точностных параметров, обеспечивающих изготовление заготовки в соответствии с техническими требованиями. Эта точность обеспечивается соответствием органов управления и зажимных устройств техническим требованиям к технологической оснастке; отсутствием дефектов на базовых, фиксирующих, установочных поверхностях приспособлений и наличием элементов правильной ориентации и крепления технологической оснастки на станке.

Организация эксплуатации технологической оснастки включает в себя межремонтное обслуживание, периодический контроль точности технологической оснастки, изготовление и хранение запасных деталей к ней.

Межремонтному обслуживанию подлежит технологическая оснастка, не подвергаемая периодической проверке, а также паспортизованная технологическая оснастка в период между проверками. Межремонтное обслуживание включает эксплуатационный уход, в состав которого входят наружный осмотр, выявление неисправностей, смазывание и т.п., технический надзор за эксплуатацией и хранением технологической оснастки.

Нормы точности технологической оснастки назначают на основе анализа допусков на обработку наиболее точных размеров детали. При установлении этих норм следует исходить из того, что нормы точности должны предусматривать определенный запас точности, гарантирующий предупреждение появления брака деталей и период между плановыми контролями. Погрешности, возникающие при механической обработке, складываются из погрешностей, зависящих от станка, технологической оснастки и инструмента, поэтому допуск на обработку должен быть определен в соответствии с учетом степени их влияния.

Периодичность контроля точности технологической оснастки определяют по рассчитывают по формуле

$$\tau_n = 12k_1 \frac{N}{N_1}$$

где $k_1=0,8...0,85$ – коэффициент, учитывающий нестабильность процесса изнашивания; N – допустимое число установок деталей на технологическую оснастку; N_1 – заданная годовая программа выпуска деталей.

Допустимое число установок определяют по формуле

$$N = C_{\phi} U_{\max}$$

где C_{ϕ} – фактическая износостойкость, установок/мкм; $U_{\max}$ – максимально допустимый износ установочных элементов, мкм.

Износостойкость определяют по формуле

$$C_{\phi} = \frac{C}{k}$$

где C – износостойкость, установок/мкм (см. Приложение Ж, таблица Ж.1); k – коэффициент, зависящий от условий эксплуатации.

Исходными параметрами при определении износостойкости являются: K_m – относительная износостойкость опорных элементов (см. Приложение Ж, таблица Ж.2); $q=P/F$, где P – суммарная сила действующая на опорные элементы технологической оснастки; $P=P_z+Q+G$; где P_z – сила резания, Q – сила закрепления; G – масса заготовки; F – номинальная площадь контакта опорного элемента и заготовки (см. Приложение Ж, таблица Ж.3); K_a – истирающая способность заготовки (см. Приложение Ж, таблица Ж.4); T – операционное время обработки, мин.

Технологическую оснастку, подлежащую проверке, подразделяют по точности на оснастку повышенной точности (П) – для деталей, обрабатываемых по 5...7-му квалитетам и нормальной точности (Н) – для деталей, обрабатываемых по 8...13-му квалитетам. Периоды между проверками для технологической оснастки категории Н устанавливают вдвое большими по сравнению с периодами проверок категории П. Схемы проверки точности технологической оснастки и методики проведения контроля приведены в Приложении Ж, таблица Ж.5.

По результатам всех испытаний и проверок, предусмотренных техническими условиями, комиссия в составе представителей заказчика и подразделения предприятия, производившего проверку точности технологической оснастки, вносит в акт приемки технологической оснастки заключение о пригодности её к эксплуатации.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Получить вариант задания на практическую работу, изучить методическое пособие.

3.2. Выполнить анализ и описать служебное назначение, конструкцию и условия работы технологической оснастки.

3.3. Назначить схемы контроля геометрической точности технологической оснастки и обосновать их выбор.

3.4. Рассчитать периодичность контроля точности технологической оснастки.

3.5. Описать последовательность действий при выполнении контроля точности технологической оснастки.

3.6. Сформулировать выводы по работе.

4. Содержание отчета

4.1. Цель работы.

4.2. Изображение, техническая характеристика и описание служебного назначения, конструкции и условий работы контролируемой технологической оснастки.

4.3. Схемы контроля геометрической точности технологической оснастки с описанием последовательности действий при их выполнении.

4.4. Расчет периодичности выполнения контроля точности технологической оснастки.

4.4. Выводы по работе.

5. Контрольные вопросы

5.1. Перечислите основную последовательность приемочных испытаний технологической оснастки после ремонтов.

5.2. Как устанавливаются нормы точности технологической оснастки?

5.3. Какие факторы определяют периодичность контроля точности технологической оснастки?

5.4. Какие основные данные вносятся в документы, оформляемые при приемке технологической оснастки из ремонта?

5.5. Какие средства измерения применяются при проверке точности технологической оснастки?

5.6. Содержание работ, выполняемых при проверке точности технологической оснастки.

5.7. Факторы, определяющие периодичность контроля точности технологической оснастки.

5.8. Классы точности технологической оснастки.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Богуцкий, В.Б. Эксплуатация, обслуживание и диагностика технологических машин: Учебное пособие. Серия Бакалавриат / В.Б. Богуцкий, Л.Б. Шрон; Э.Э. Ягьяев. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 356 с.
2. Богуцкий, В.Б. Эксплуатация и обслуживание технологических машин: металлообрабатывающее оборудование: Учебное пособие для вузов / В.Б. Богуцкий, Д.Е. Сидоров, Л.Б. Шрон, Э.С. Гордеева. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 120 с.
3. Яшура А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования. Справочник/ А.И. Яшура. – М: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 359 с.
4. Воронкин Ю.Н. Методы профилактики и ремонта промышленного оборудования. Учебник. / Ю.Н. Воронкин, Н.В. Поздняков.– М.: Академия, 2005. – 240 с.
5. Жуйков В.А. Эксплуатация и ремонт оборудования: учебное пособие. / В.А. Жуйков. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2008. – 127 с.
6. ГОСТ Р ИСО 230-1-2010 Испытания станков. Часть 1. Методы измерения геометрических параметров.
7. ГОСТ 27843-2006. Испытания станков. Определение точности и повторяемости позиционирования осей с числовым программным управлением.
8. Зубарев, Ю.М. Технологическое обеспечение надежности эксплуатации машин: учебное пособие / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 320 с.
9. Иванов В.П. Технология и оборудование восстановления деталей машин: Учебник. – Мн.: ЗАО “Техноперспектива”, 2006. – 453 с.
10. 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Справочные материалы к практическому занятию 1.
Таблица А.1. Типовые неисправности металлорежущего оборудования.

Характер неисправности	Причины возникновения	Методы устранения
<i>Неисправности характерные для всех типов металлорежущих станков</i>		
Станок не запускается.	Срабатывают блокировочные устройства.	Проверить надежность закрытия дверцы шкафа, кожуха коробки передач.
	Падение или отсутствие напряжения в сети.	Проверить наличие и величину напряжения в сети.
Электродвигатели привода шпинделя и подачи отключаются в процессе обработки.	Срабатывание теплового реле от перегрузки двигателя.	Уменьшить скорость резания или подачу.
	Перепады напряжения.	Зачистить, проверить контакты. Заменить реле
Не поступает масло в систему смазки.	Забит фильтр.	Промыть систему, заменить фильтры, проверить качество масла.
	Трещины в трубке гидроподвода	Заварка или замена трубки
	Нет масла в системе.	Залить масло.
Насос охлаждения не работает.	Засорился фильтр.	Очистить фильтр.
	Недостаток жидкости.	Долить СОТС.
	Перегорели предохранители.	Заменить предохранители.
При пуске станка включается только электродвигатель главного привода	Неисправность электроаппаратуры станка или подводы к ней.	Проверить исправность электроаппаратуры и подводы к ней.
Крутящий момент шпинделя меньше указанного в руководстве.	Недостаточное натяжение ремней.	Увеличить натяжение ремней.
	Слабо затянута фрикционная муфта.	Увеличить затяжку муфты.
Снижение частоты вращения шпинделя под нагрузкой.	Малое натяжение ремня. Износ ремня.	Увеличить натяжение ремня. Проверить износ ремня, заменить ремень.
Чрезмерный нагрев подшипников шпинделя.	Недостаток, несоответствие или загрязненность масла.	Проверить наличие и качество масла. Промыть систему, заменить фитили.
Станок вибрирует.	Неправильная установка станка на фундаменте по уровню	Выверить станок.
	Износ направляющих.	Подтянуть прижимные планки и клинья.
	Неправильно выбраны режимы резания или заточен инструмент.	Изменить скорость резания, подачу, заточку инструмента.

Характер неисправности	Причины возникновения	Методы устранения
Не включаются полностью зубчатые колеса или не фиксируются в не включенном положении.	Изношены сухари вилки включения.	Заменить сухари.
	Изношен паз под вилку включения.	Обработать под больший размер.
	Изменилась длина тяги переключения зубчатых колес.	Отрегулировать длину тяги перемещения.
В зафиксированном положении блоки перемещаются на валу.	Срезаны цапфы сухарей.	Заменить.
	Переключающий элемент вышел из зацепления с вилкой.	Установить переключающий элемент на место.
<i>Неисправности характерные для токарных станков</i>		
Торможение происходит слишком медленно.	Слабое натяжение тормозной ленты.	Увеличить натяжение тормозной ленты.
Усилие подачи суппорта меньше указанного в руководстве.	Недостаточно затянута пружина перегрузочного устройства.	Подтянуть пружину.
Получение дробленной поверхности на детали.	Неравномерное вращение обрабатываемой заготовки.	Подтянуть клиноременную передачу главного привода
При обработке деталь в центре задней бабке не вращается.	Недостаточная глубина зацентровки на торцах заготовки.	Проверить глубину зацентровки на торцах заготовки.
Вращение шпинделя после остановке станка.	Ослабили гайки на тяге, поддерживающей ленту тормоза, или износилась фрикционная накладка тормоза	Подтянуть гайки на тяге или заменить фрикционную накладку, прикрепленную к стальной ленте тормоза.
При обработке детали периодически «пропадает» подача суппортов.	Ослабла пружина предохранительной муфты в приводе подачи суппортов.	Подтянуть гайку для дополнительного сжатия пружины предохранительной муфты.
Овальность и конусообразность обработанных поверхностей детали.	Наличие зазоров в подшипниках вращающегося центра задней бабки или в подшипнике передней опоры шпинделя.	Проверить затяжку подшипников вращающегося центра задней бабки, подтянуть винты на торце фланца пиноли. Подтянуть внутреннее кольцо подшипника передней опоры шпинделя.
Поворот планшайбы становится непрерывным.	Нет предварительной команды от блокирующего выключателя, выключатель привода стола не дает команду.	Проверить исправность и правильность установки выключателя.
Отклонение размеров детали по диаметру при наружной обточке и расточке отверстий.	Неправильная фиксация шпиндельного блока станка.	Проверить механизм фиксации, отрегулировать усилие пружины.

Характер неисправности	Причины возникновения	Методы устранения
Отклонение размеров по длине обрабатываемых деталей.	Нежесткое крепление патрона на шпинделе	Подтянуть крепёжные винты патрона.
	Наличие осевых зазоров в опорах шпинделей.	Отрегулировать и установить допустимую величину осевых зазоров в опорах рабочих шпинделей.
	Наличие осевого зазора в опорах шпиндельного блока.	Подтянуть и перешагрить упорные планки шпиндельного блока.
	Отскок или перебег прутка при подаче до упора.	Отрегулировать механизм подачи прутка, а если необходимо, заменить подающую цангу.
	Недостаточный зажим прутка в цанге.	Отрегулировать необходимое усилие зажима прутка или заменить зажимную цангу.
	Слабая подающая цанга.	Заменить подающую цангу.
Тяжело или невозможно вручную повернуть планшайбу.	Планшайба не расфиксированна.	Расфиксировать планшайбу вручную
	Планшайба прижата к корпусу стола.	Вывести кнопку управления в положение наладки.
	Плохо отрегулировано давление разгрузки планшайбы.	Увеличить давление разгрузки планшайбы.
Не произошла разгрузка планшайбы.	Плохо отрегулировано давление разгрузки планшайбы.	Отрегулировать давление разгрузки планшайбы.
	Произошло заклинивание в рычажной системе разгрузки планшайбы.	Проверить работу рычажной системы, устранить неполадки.
	Вышло из строя уплотнение в цилиндре.	Заменить уплотнение.
В зафиксированном положении планшайба не прижата к корпусу.	Не отрегулировано исходное положение стола и его привода.	Отрегулировать исходное положение стола и привода стола.
	Не поступает воздух в полость зажима пневмоцилиндра.	Проверить работу распределительного механизма.
	Произошло заклинивание в рычажной системе прижима планшайбы.	Проверить работу рычажной системы, устранить неполадки.
Радиальное биение одной поверхности обработанной детали относительно другой.	Неправильное положение граней продольного суппорта к осям рабочих шпинделей.	Отрегулировать положение каретки продольного суппорта на направляющей гильзе.
Конусообразность по наружному или внутреннему диаметру обработки.	Продольный суппорт движется не параллельно оси шпинделя.	Отрегулировать перемещение продольного суппорта или отремонтировать суппорт.

Характер неисправности	Причины возникновения	Методы устранения
По циклу работы станка не включаются электромагнитные муфты.	Неправильно выставлены командные кулачки на барабане командоаппарата или испорчены конечные выключатели в нем.	Проверить установку командных кулачков и исправность конечных выключателей.
При переходе с ускоренного вращения распределительного вала на медленное (рабочее) вращение наблюдаются перебеги в его вращении.	Неисправна или загрязнилась электромагнитная муфта кинематической цепи привода рабочего вращения распределительного вала, неисправности в электро-схеме управления.	Проверить и устранить неисправность в обмотках трансформатора управления, в реле времени. Разобрать и промыть электромагнитную муфту.
Происходит отрыв планшайбы от корпуса стола.	Плохо отрегулировано давление разгрузки планшайбы.	Уменьшить давление разгрузки планшайбы.
После нажатия кнопки «Подача» включается электродвигатель стола, но поворот планшайбы не происходит.	Отсутствует питание электромагнита стола. Электромагнит не в состоянии преодолеть усилие трения, которое создается между сухарем кольца редуктора и рычагом электромагнита.	Проверить цепь питания стола. При помощи шлицевого вала кольцо с сухарем повернуть в противоположную сторону вращения так, чтобы инерционные силы электродвигателя стола не могли создать большие усилия между сухарем и рычагом электромагнита.
<i>Неисправности характерные для сверлильных станков</i>		
Самопроизвольное выключение двигателя.	Ослаблена пружина фиксатора переключения числа оборотов или подачи, изношено гнездо фиксатора.	Заменить пружину Обработать гнездо на больший размер, штифт и шарик заменить.
Не выключается (включается) механическая подача.	Заклинивание подшипников вала.	Добавить смазку (при необходимости заменить подшипники).
	Износ фрикционной муфты.	Заменить муфту.
Вибрирует шпиндель.	Инструмент не сбалансирован.	Проверить и заменить инструмент. Остаточный дисбаланс не более 10...20 г/мм.
	Неправильно закреплен инструмент или оправка.	Проверить качество посадочных поверхностей, заменить оправку.
	Износ подшипников шпинделя.	Отрегулировать подшипники, при необходимости заменить.
Поломка свёрл во время сверления.	Отсутствие соосности между шпинделем и кондукторной втулкой.	Проверить шпиндель на биение, проверить соосность кондукторной втулки и шпинделя.
	Плотное сопряжение кондукторной втулки и сверла.	Выдержать сопряжение сверла и втулки.

Характер неисправности	Причины возникновения	Методы устранения
Траверса не равномерно движется по колонне.	Увеличенный износ пары колонна-траверса.	Проверить величину износа, восстановить направляющие траверсы.
	Износ пары винт-гайка.	Заменить пару винт – гайка.
	Отсутствует смазка в паре винт-гайка.	Добавить смазку.
	Происходит вращение гайки с ходовым винтом.	Заменить шпонку, отрегулировать механизм траверсы.
Траверса не движется по колонне.	Произошло заклинивание подшипников в ходовом винте.	Заменить подшипники.
Не работает зажимное устройство траверсы.	Не отрегулировано рычажно-зажимное устройство траверсы.	Произвести регулировку, при необходимости заменить вилок рычага.
Не происходит зажима колонны.	Вышла из строя пара винт-гайка.	Заменить изношенные механизмы пары.
	Произошел износ зубьев червячной пары.	Заменить изношенные механизмы червячной пары.
<i>Неисправности характерные для фрезерных станков</i>		
Самопроизвольное выключение двигателей.	Изношено гнездо фиксатора.	Обработать гнездо на больший размер, штифт и шарик заменить.
	Ослаблена пружина фиксатора переключения числа оборотов или подачи.	Заменить пружину.
Вибрирует шпиндель.	Инструмент не сбалансирован.	Проверить и заменить инструмент. Остаточный дисбаланс не более 30...40 г/мм.
	Неправильно закреплен инструмент или оправка.	Проверить качество посадочных поверхностей, заменить оправку.
	Износ подшипников шпинделя.	Отрегулировать подшипники, при необходимости заменить.
Перемещение стола происходит рывками.	Значительный износ направляющих стола.	Ремонтировать направляющие.
	Недостаточная смазка направляющих.	Промыть систему, проверить наличие масла.
	Потеря давления в системе гидрозажима стола.	Отрегулировать давление в системе.
Не выдерживается точность перемещения стола.	Увеличен зазор в передаче винт-гайка.	Отрегулировать зазор, при значительном износе отремонтировать передачу.
Не работает быстрое перемещение стола.	Заклинивание муфты.	Разблокировать муфту.

Характер неисправности	Причины возникновения	Методы устранения
<i>Неисправности характерные для шлифовальных станков</i>		
<i>Круглошлифовальные станки</i>		
Волнистость обрабатываемой поверхности.	Вибрации от электродвигателя, гидросистемы или ременной передачи.	Выявить и отрегулировать источник вибраций.
	Чрезмерно затянуто уплотнение в приводе вращения передней бабки.	Отрегулировать или заменить уплотнение.
Отклонение от круглости шлифованной поверхности.	Дефекты формы и повреждения центров станка.	Проверить состояние центров, перешлифовать центра или заменить.
	Пониженная жесткость центров станка.	Проверить жесткость крепления центров.
Отклонение от соосности последовательно шлифуемых поверхностей.	Несоосность центров станка.	Отрегулировать положение центров.
	Ослаблена жесткость крепления передней и задней бабок или механизма поворота стола.	Отрегулировать зажим подвижных и регулируемых элементов.
Огранка обрабатываемой поверхности.	Вибрации станка.	Отрегулировать зазор в подшипниках шпинделя круга.
		Выполнить балансировку круга
		Проверить установку станка на фундаменте и состояние фундамента.
		Сбалансировать подвижные элементы станка.
Значительный разброс размеров обрабатываемых деталей, на обрабатываемой поверхности имеются неравномерно расположенные риски.	Ослаблена жесткость крепления передней и задней бабок или механизма поворота стола.	Отрегулировать зажим подвижных и регулируемых элементов.
	Неравномерная продольная или поперечная подача.	Отрегулировать величину подачи, выполнить ТО гидросистемы станка.
	Износ центров.	Перешлифовать центра.
На обрабатываемой поверхности имеются равномерно расположенные риски.	Чрезмерное натяжении ремней, ремни неэластичны.	Отрегулировать натяжение ремней или заменить ремни
	Износ подшипников привода круга.	Заменить подшипники.
На обрабатываемой поверхности имеются равномерно расположенные риски.	Не отрегулированы упорные подшипники.	Отрегулировать упорные подшипники. Дефектные подшипники заменить.

Характер неисправности	Причины возникновения	Методы устранения
<i>Бесцентровошлифовальные станки</i>		
Значительный разброс размеров обрабатываемых деталей.	Увеличенные зазоры шпинделя ведущего или шлифовального кругов.	Отрегулировать подшипники шпинделя.
	Слабая затяжка или износ клиньев салазок бабки ведущего круга.	Подтянуть клинья салазок бабки ведущего круга, при значительном износе – заменить клинья.
	Проскальзывание ремней привода круга.	Отрегулировать натяжение ремней.
Вогнутость обрабатываемой поверхности.	Неправильная установка опорного ножа.	Выставить опорный нож.
Конусность обрабатываемой поверхности.	Выработка или непрямолинейность опорного ножа	Сменить опорный нож.
	Отжим устройства для правки круга.	Подтянуть клинья салазок устройства для правки круга.
Огранка обрабатываемой поверхности.	Чрезмерная затяжка или заклинивание подшипников шпинделя шлифовального круга.	Отрегулировать подшипники шпинделя шлифовального круга, при необходимости заменить.
	Неплотная посадка планшайбы с кругом на конусе шпинделя.	Проверить прилегание посадочного отверстия к конусу шпинделя, при необходимости перешлифовать отверстие планшайбы.
Прижоги.	Недостаточное охлаждение.	Отрегулировать подачу, проверить состояние и очистить фильтры, долить СОТС.
<i>Плоскошлифовальные станки</i>		
Занижение размера.	Наличие зазора в гайке механизма вертикального перемещения.	Отрегулировать зазор в механизме подачи, при невозможности регулировки заменить передачу.
	Недостаточная величина или слишком жесткая подвеска противовеса.	Отрегулировать систему противовеса.
	Затянуты планки и клинья в направляющих вертикального перемещения.	Отрегулировать планки и клинья, при необходимости заменить на новые.
Отклонение от плоскостности шлифуемых поверхностей.	Изношенность направляющих станины прямоугольного стола.	Пришабрить или перешлифовать направляющие.
Отклонение от параллельности и плоскостности шлифуемых поверхностей.	Износ направляющих горизонтальной шлифовальной бабки.	Если прямолинейность не нарушилась – перешлифовать зеркало стола, в противном случае пришабрить или перешлифовать направляющие.

Характер неисправности	Причины возникновения	Методы устранения
	Износ подшипников шпинделя.	Заменить изношенные подшипники.
	Изношенность направляющих вертикальной шлифовальной бабки, отклонение от параллельности осей стола и шлифовальной бабки.	Перешабрить или перешлифовать направляющие.

Таблица А.2. Неисправности гидросистем станков и способы их устранения

Неисправности	Причины возникновения	Способ устранения
Прерывистое перемещение исполнительных органов станка	Наличие в системе воздуха, (попадает при сборке и разборке станка, смене масла, из-за ослабления соединений трубопроводов на линии всасывания, через изношенные или поврежденные сальники насоса, вследствие слива масла в резервуар через трубопровод, конец которого расположен выше уровня масла).	Проверить затяжку соединений, заменить изношенные сальники и уплотнения. Произвести несколько полных холостых ходов станка на максимальной скорости – воздух попадает вместе с маслом в резервуар, а из него уходит в атмосферу. После этого включают малую подачу и проверяют плавность движения сборочных единиц станка.
	Неустойчивая работа сливного клапана вследствие его засорения или повреждения седла, что вызывает кратковременные сбросы давления.	Промывка клапана, фильтрация или замена масла, а в необходимых случаях - притирка седла или замена клапана.
Утечка масла в шариковых клапанах	Деформация шарика вследствие длительной работы или повреждения его седла	Замена шарика. Новый шарик, помещенный в незакаленное седло, обстукивают молотком через выколотку из меди или латуни. В результате шарик плотно контактирует с седлом.
Работа насоса с резким шумом	Засорение фильтра, установленного на линии всасывания, износа деталей насоса	Чистка фильтра, закрепление соединений трубопроводов, замена уплотнения вала насоса, разборка и ремонт насоса.
Гидромотор стучит при вращении в одном направлении.	Недостаточный подпор в сливной магистрали.	Отрегулировать подпорный клапан.
Нарушение последовательности перемещения рабочих органов гидропривода	Неправильная работа золотников, уменьшение необходимого усилия его перемещения, возрастание сопротивления золотника перемещению	Промывка гидросистемы чистым маслом с керосином, замена золотников

Неисправности	Причины возникновения	Способ устранения
Уменьшение скорости подачи рабочих органов станка	Сильная затяжка направляющих исполнительного органа	Проверить и отрегулировать затяжку направляющих
	Схватывание трущихся поверхностей сборочных единиц из-за недостаточной смазки	Проверить наличие смазки, работу смазочной системы, марку смазочного материала.
	Износ штока, поршня и рабочего цилиндра	Замена уплотнений поршня с цилиндром
	Засорения фильтра перед дросселем, или самого дросселя	Промывка фильтра и всей гидросистемы чистым маслом с керосином при открытом дросселе на максимальную подачу
Насос не нагнетает масло в гидросистему.	Низкий уровень масла в баке.	Долить масло до отметки
	Засорение всасывающей трубы или фильтра.	Прочистить засорившиеся элементы.
	Подсос воздуха во всасывающей трубе.	Герметизировать линию, заменить трубу.
Отсутствует требуемое давление в системе нагнетания.	Поломка насоса.	Заменить насос.
	Большая вязкость масла.	Заменить масло.
	Износ насоса (большие внутренние утечки, в корпусе насоса раковины, и т.д.) и как следствие снижение КПД.	Проверить подачу насоса на холостом ходе и под нагрузкой; устранить дефекты; в случае необходимости заменить насос.
	Большие утечки в трубопроводе или узлах гидросистемы.	Устранить утечки.
Повышение давления в цилиндре	Засорение фильтра нагнетающей магистрали, рост сил трения на направляющих	Промывка фильтра, а также зачисткой и смазыванием направляющих.
Гидромотор не вращается при подаче к нему масла.	Ротор гидромотора отжимается вследствие износа (задиры) распределительных поверхностей, тугой посадки ротора или подшипников.	Заменить или отремонтировать ротор.
Повышенное давление в нагнетательной системе при холостом ходе.	Повышенные потери в гидроприводе в результате сплющивания труб или шлангов.	Заменить трубы или шланги.
	Перетянуты клинья или планки направляющих, недостаточная смазка, задиры.	Регулировать клинья или планки направляющих, проверить смазку, устранить задиры.
Повышенный нагрев масла в гидросистеме.	Повышенные потери давления в гидросистеме.	Проверить монтаж гидроустройств, заменить поврежденные устройства, трубы.
	Неисправность системы охлаждения.	Проверить систему охлаждения, отрегулировать терморегулятор.
	Насос не разгружается в период пауз.	Проверить работу разгрузочных устройств, устранить неисправности.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Справочные материалы к практическому занятию 2

Таблица Б.1. Удельное время на единицу ремонтной сложности

Вид работы	Время $T_R \left(\frac{\text{час}}{R} \right)$
Промывка	0,35
Осмотр плановый	0,85
Осмотр перед капремонтом	1,1
Проверка на точность	0,4
Малый ремонт	6,1
Средний ремонт	23,5
Капитальный ремонт	35,0

Таблица Б.2. Трудоемкость ремонта и полного планового осмотра.

Виды работ		Наименование работ	Капитальный ремонт	Текущий ремонт	Осмотр	Осмотр перед КР
			Норма времени на R, ч			
При ремонте механической части	Станочные	На изготовление заменяемых деталей	10,7	2,0	0,1	0,1
		На восстановление деталей	3,0	-	-	-
		На пригонку при сборке	0,3	-	-	-
	Слесарные	На изготовление заменяемых деталей	1,1	0,2	-	-
		На восстановление деталей	0,8	-	-	-
		На разборку, сборку, пригонку при сборке и др.	34,1	3,8	0,75	1,0
	Итого	На изготовление заменяемых деталей	11,8			
		На восстановление деталей	3,8			
		На разборку, сборку, пригонку при сборке и др.	34,4	3,8	0,75	1,0
		Итого.....	50,0	6,0	0,85	1,0
При ремонте электрической части	Станочные	На изготовление заменяемых деталей	2,5	0,3		
	Слесарные	На изготовление заменяемых деталей	0,2			
		На разборку, сборку, пригонку при сборке и др.	9,8	1,2	0,2	0,25
	Итого	На изготовление заменяемых деталей	2,7	0,3		
		На разборку, сборку, пригонку при сборке и др.	9,8	1,2	0,2	0,25
		Итого.....	12,5	1,5	0,2	0,25

Нормами приведенными в табл. Б.2 предусмотрено: 1) изготовление всех заменяемых деталей заводом, эксплуатирующим оборудование (при приобретении части деталей на стороне нормы на изготовление деталей должны быть уменьшены пропорционально проценту по массе запасных частей, поступающих со стороны); 2) упрочнение направляющих поверхностей базовых деталей газопламенной закалкой или наклеиванием стальных закаленных накладок; 3) восстановление рабочих поверхностей базовых деталей шлифованием (при вынужденной замене шлифования шабрением норма станочных работ должна быть уменьшена на 1 час., а слесарных - увеличена на 4 час.).

Таблица Б.3. Средние величины периодичности ремонтного цикла и межремонтных периодов металлообрабатывающего оборудования

Вид станков	Периодичность ремонтного цикла в годах				Межремонтные периоды в месяцах			
	при работе				в отработанных станочасах	при работе		
	в станко-часах	в смену				в смену		
		в 1 смену	в 2 смены	в 3 смены		в 1 смену	в 2 смены	в 3 смены
для легких и средних металлорежущих станков нормальной точности								
при работе на чугуне и сплавах цветных металлов								
Работающих металлическим инструментом	21100	10,5	5,5	3,5	2350	14	7	5
	27500	13,5	7,0	4,5	3050	18	9	6
Работающих абразивным инструментом	19200	9,5	5,0	3,5	2150	13	6	4
	25000	12,5	6,5	4,5	2800	16	8	5
при работе на конструкционных сталях								
Работающих металлическим инструментом	26400	13,0	6,5	4,5	2950	17	9	6
	34200	17,0	8,5	6,0	3800	23	11	8
Работающих абразивным инструментом	21600	11,0	5,5	3,5	2400	14	7	5
	28100	14,0	7,0	5,0	3100	18	9	6
для крупных и тяжелых металлорежущих станков нормальной точности								
при работе на чугуне и сплавах цветных металлов								
Работающих металлическим инструментом	28485	10,7	5,8	3,7	3170	14,4	7,4	5,5
	37125	13,4	7,2	4,6	4120	18,2	9,1	6,2
Работающих абразивным инструментом	29900	9,8	5,1	3,7	2900	13,2	6,3	4,1
	33700	12,7	6,4	4,5	3780	16,3	8,2	5,3
при работе на конструкционных сталях								
Работающих металлическим инструментом	35650	13,2	6,55	4,7	3980	14,6	7,6	5,7
	46100	17,5	8,7	6,2	5100	18,5	9,3	6,3
Работающих абразивным инструментом	29200	11,3	5,6	3,6	3250	13,3	6,7	4,5
	37900	14,4	7,3	5,3	4200	16,4	8,6	5,4

Таблица Б.4. Коэффициенты для расчета длительности межремонтного цикла

Коэффициент $\beta_{\text{п}}$	Тип производства	Массовое	1,25
		Серийное	1,30
		Мелкосерийное	1,40
		Единичное	1,80
Коэффициент $\beta_{\text{м}}$	Вид обрабатываемого материала	Цветные сплавы	1,20
		Сталь конструкционная	0,90
		Сталь высокопрочная	0,70
		Чугун	1,0
Коэффициент $\beta_{\text{у}}$	Условия эксплуатации оборудования	Легкие	0,8
		Нормальные	1,0
		Сложные	1,1
		Тяжелые	1,2
Коэффициент $\beta_{\text{т}}$	Весовая категория станка	До 3 тонн	0,85
		От 3 до 5 тонн	1,0
		От 5 до 10 тонн	1,15
		От 10 до 50 тонн	1,22
		Свыше 50 тонн	1,35
Номинальный цикл ремонта А, ст.-час	Возраст станка	До 5 лет	29000
		От 5 до 10 лет	24000
		От 10 до 20 лет	17500
		Свыше 20 лет	16000

Таблица Б.5. Категории ремонтной сложности металлорежущего оборудования

Наименование станка	Модель	Категории ремонтной сложности	
		R_m	$R_э / R_{эл}$
Станки токарной группы			
Токарный одношпиндельный автомат	1А12П	12	4
Токарно-револьверный полуавтомат	1Н318	11	7
Токарно-револьверный полуавтомат	1341	15	11
Токарно-винторезный	16А16	9	6
Токарно-винторезный с ЧПУ	16К20Т1	11	14/17
Токарно-винторезный с ЧПУ	16К20Ф3	11	12/16,3
Токарно-карусельный	1525	45	23
Токарно- карусельный с ЧПУ	1512Ф3	18	5/22,6
Токарный шестишпиндельный полуавтомат	1А290-6	53	14,5
Лоботокарный	1М692	16	20
Токарный многорезцовый полуавтомат	1720	8	7,5
Токарный с ЧПУ	1713Ф3	17	18/16,3
Станки сверлильной группы			
Вертикально-сверлильный	2Н118	5,5	5,5
Вертикально-сверлильный	2Н135	8	5,5

Наименование станка	Модель	Категории ремонтной сложности	
		R_m	$R_z / R_{эл}$
Вертикально-сверлильный с ЧПУ	2Н135Ф2	8	12/18,4
Радиально-сверлильный	2Н50	13,5	17,5
Координатно-расточной	2421А	18	13
Горизонтально-расточной	2614	16	4,5
Горизонтально-расточной	2Е656Р	40	46
Отделочно-расточной полуавтомат	2712С	15	12
Горизонтально-расточной с ЧПУ	2А620Ф2	24	47/18,8
Координатно-расточной с ЧПУ	2455АФ2	30	18/18,8
Сверлильно-фрезерно-расточной с ЧПУ	ИР500	11	12/22,6
Центровально – подрезной	2А912	5	3
<i>Станки шлифовальной группы</i>			
Круглошлифовальный	3Б151П	16	20
Круглошлифовальный с ЧПУ	3М151Ф2	8	20/18,8
Внутришлифовальный	3А227	8,5	16
Бесцентрово-шлифовальный полуавтомат	3М184	12,5	19
Бесцентрово-шлифовальный	3Д180	8,5	15
Плоскошлифовальный	3701	8,5	8
Плоскошлифовальный с ЧПУ	3Е721ВФ1	24	16/7,2
Хонинговальный полуавтомат	3Г833	12	5
Резьбошлифовальный полуавтомат	5822М	15	22,5
Полировальный полуавтомат	3А852	2	4
Заточной полуавтомат (для заточки фрез)	3690	4	5,5
<i>Станки зубообрабатывающей группы</i>			
Полуавтомат зубофрезерный	5303П	7	3
Полуавтомат зубодолбежный	5140	11	7
Полуавтомат зуборезный	5П23А	9	8
Полуавтомат зубострогальный	5П23ПБ	9,5	10
Полуавтомат зубошлифовальный	5В832	17	11,5
Полуавтомат зубошлифовальный	5851	17	10
Полуавтомат зубохонинговальный	5В913	9	3
<i>Станки фрезерной группы</i>			
Вертикально-фрезерный	6Р13	15	8
Вертикально-фрезерный с ЧПУ	6Р11Ф3	9,5	8/16,3
Вертикально-фрезерный с ЧПУ	6Р13Ф3	15	7,5/17
Широкоуниверсальный фрезерный	6Р83Ш	18	14
Широкоуниверсальный фрезерный	676П	14	5,5
Горизонтально-фрезерный	6Т80	11	10
Горизонтально-фрезерный	6Р82Ш	12	11
Продольно-фрезерный	6308	15	4
Продольно-фрезерный	6605	14	11
Продольно-фрезерный с ЧПУ	6Б443ГФ3	26	20/22,6
Продольно-фрезерный с ЧПУ	6М610Ф3	26	12/22,6
Фрезерно-сверлильно-расточной с ЧПУ	6902ПМФ2	10	8/7,2
Фрезерно-сверлильно-расточной с ЧПУ	6906ВМФ2	12	10/7,2

Наименование станка	Модель	Категории ремонтной сложности	
		R_m	$R_{\text{э}}/R_{\text{эл}}$
Фрезерно-сверлильно-расточной с ЧПУ	СФ30Ф3	14	12/16,3
Фрезерно-сверлильно-расточной с ЧПУ	6М140Ф3	14	12,5/16
<i>Станки строгальной и долбежной группы</i>			
Продольно-строгальный	7110	27	66
Поперечно-строгальный	7Д36	10	6
Долбежный с механическим приводом	7А412	5	2,5
Долбежный с гидравлическим приводом	7М430	8	9
<i>Станки отрезные и опилочные</i>			
Абразивно-отрезной	8232	8	3
Отрезной	872М	5,5	5
Ленточно - пильный	8А531	7	3
Фрезерно - отрезной	8А641	6	3
Абразивно-отрезной	8232	8	3
<i>Станки для электрофизических методов обработки</i>			
Электроэрозионный прошивочный	4Д721	11	19
Ультразвуковой прошивочный	4779	9	3,5
Электроискровой	4531	12	6
Электроэрозионный с ЧПУ	4Д722АФ1	7	8/7,1
Электроэрозионный с ЧПУ	4531Ф3	7	12/18,8

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Справочные материалы к практическому занятию 3

Таблица В.1.1. Нормативы периодичности, продолжительности и трудоемкости
ремонта металлорежущего оборудования.

Оборудование, краткая характеристика	Периодичность ремонта (числитель) и продолжи- тельность простоя (знаменатель), ч		Трудоем- кость одного ремонта чел.-ч	
	Т	К	Т	К
Станки металлообрабатывающие				
Токарно-винторезные станки нормальной и повышенной точности ($D_{\max}$ обрабатываемого изделия $\times L$ между центрами, мм): до $270 \times$ до 500 до $320 \times (710 - 900)$ до 350×1000 до $400 \times (700 - 1500)$ до $500 \times (1000 - 2000)$ до $630 \times (1400 - 2800)$ до 800×3000 до 1000×3000 до 1000×5000	8640/10	69120/64	30	215
	8640/12	69120/78	36	240
	8640/13	69120/80	39	250
	8640/14	69120/96	42	305
	8640/16	77760/104	48	330
	8640/20	77760/144	60	440
	8640/24	77760/160	72	505
	8640/26	77760/184	84	575
	8640/30	86400/192	90	595
	Токарно-карусельные станки (D планшайбы, мм): 845—1030 1120 1400 2100 2250	8640/19	69120/120	60
8640/33		69120/208	100	670
8640/40		69120/256	120	800
8640/54		86400/344	180	1090
8640/05		86400/416	195	1310
Токарные, многорезцовые горизонтальные полуавтоматы (H центров над станиной $\times L$ между центрами, мм): 150×300 200×500 250×800	8640/11	69120/72	33	235
	8640/14	69120/88	42	275
	8640/23	69120/144	69	460
Токарно-револьверные одно- шпиндельные автоматы ($D_{\max}$ обрабатываемого прутка, мм): 12—18 25—36	8640/15	69120/90	45	290
	8640/21	69120/136	63	430
Токарно-револьверные станки ($D_{\max}$ обрабатываемого изделия из прутка, мм): 18 25—36 40—65 85 500 (в патроне)	8640/11	69120/64	33	220
	8640/14	69120/89	42	280
	8640/19	69120/120	57	375
	8640/22	69120/144	66	440
	8640/26	77760/170	78	520

Оборудование, краткая характеристика	Периодичность ремонта (числитель) и продолжи- тельность простоя (знаменатель), ч		Трудоем- кость одного ремонта чел.-ч	
	Т	К	Т	К
Вертикально-сверлильные одношпиндельные станки ($D_{\max}$ сверления, мм): 18 25 35 50 75 100 Координатно-расточные станки (рабочая поверхность стола — $B \times L$, мм): 280×560 400×800 630×1100 Горизонтально-расточные станки (D выдвинутого шпинде- ля $\times$ наибольшее вертикальное перемещение шпиндельной бабки, мм): до 80× до 750 (90—110)×1000 175×2600 Кругло шлифовальные станки ($D_{\max}$ обрабатываемой детали, мм): до 140 200 250—300 400 550 Бесцентрово-шлифовальные станки для наружного шлифо- вания ($D_{\max}$ шлифуемого изделия, мм): 4 25 75 150	8640/11 8640/11 8640/11 8640/13 8640/16 8640/25	69120/64 69120/56 69120/62 69120/81 77760/98 77760/193	33 34 35 38 48 75	120 175 205 255 320 600
	8640/27 8640/29 8640/45	69120/182 69120/183 77760/296	80 87 115	570 583 910
	8640/17 8640/45 8640/62	69120/106 69120/296 69120/405	51 135 186	345 910 1270
	8640/10 8640/14 8640/17 8640/22 8640/30	69120/60 69120/88 69120/105 69120/137 69120/194	30 42 51 66 90	195 275 340 435 615
	8640/10 8640/12 8640/17 8640/20	69120/64 69120/80 69120/104 69120/128	30 39 51 60	215 250 335 400

Продолжение таблицы В.1. Нормативы периодичности, продолжительности и трудоемкости
ремонта металлооборудования

Оборудование, краткая характеристика	Периодичность ремонта (числитель) и продолжительность простоя (знаменатель), ч			Трудоем- кость одного ремонта чел.-ч	
	Т	К	К	Т	К
Зубофрезерные полуавтоматы для обработки цилиндрических зубчатых колес ($D_{\max}$ обрабатываемого изделия, мм): 500 750—800 1250 1600	8640/15	69120/105		45	340
	8640/16	69120/112		48	350
	8640/18	77760/118		54	370
	8640/23	77760/158		69	495
Зубодолбежные станки для обработки цилиндрических зубчатых колес ($D_{\max}$ обрабатываемого изделия, мм): 200—220 500 800	8640/10	69120/74		30	230
	8640/14	69120/91		42	285
	8640/15	77760/95		45	300
Зубострогальные полуавтоматы двухрезцовые для обработки цилиндрических зубчатых колес ($D_{\max}$ обрабатываемого изделия, мм): 125 500	8640/10	69120/64		30	220
	8640/18	69120/128		54	400
Зубошлифовальные станки для обработки цилиндрических зубчатых колес ($D_{\max}$ обрабаты- ваемого изделия, мм): 120 600	8640/10	69120/62		30	205
	8640/16	69120/112		48	350
Полуавтоматы, работающие методом обкатки, для нареза- ния спиральных зубьев кони- ческих зубчатых колес ($D_{\max}$ обрабатываемого изделия, мм): 450	8640/18	69120/118		54	370
Резьбофрезерные станки ($D_{\max}$ обрабатываемой детали, мм): 60	8640/12	69120/86		36	270

Продолжение таблицы В.1. Нормативы периодичности, продолжительности и трудоемкости
ремонта металлообрабатывающего оборудования

Оборудование, краткая характеристика	Периодичность ремонта (числитель) и продолжи- тельность простоя (знаменатель), ч		Трудоем- кость одного ремонта чел.-ч							
	Т	К	Т	К						
Шлифрезерные полуавтома- ты ($D_{\max}$ обрабатываемой детали, мм): 150 Резьбонакатные автоматы с плоскими плашками (пределы D обрабатываемой резьбы, мм): 4–6 8–12 Болторезные станки (пределы D нарезаемой резьбы, мм): 19–40 Гайконарезные полуавтоматы (пределы D обрабатываемой резьбы, мм): 6–18 39 Вертикально-фрезерные станки (рабочая поверхность стола – $L \times B$, мм): до 800× до 225 1000×250 1250× (250–320) 1600×400 1600×630 2500×750 Горизонтально-фрезерные станки (рабочая поверхность стола – $L \times B$, мм): до 800× до 250 1250×320 1600×400 Универсально-фрезерные станки (рабочая поверхность стола – $L \times B$, мм): до 500× до 200 630×200 800×250 1000×250 1250×320 1600×400	8640/16 8640/4 8640/8 8640/6 8640/10 8640/10 8640/8 8640/14 8640/16 8640/20 8640/34 8640/35 8640/10 8640/16 8640/20 8640/10 8640/11 8640/12 8640/14 8640/16 8640/18	69120/115 69120/32 69120/59 69120/45 69120/60 69120/74 69120/58 69120/89 69120/136 69120/144 69120/232 77760/236 69120/74 69120/115 69120/133 69120/62 69120/70 69120/86 69120/89 77760/112 77760/128	48 12 24 18 30 30 24 42 48 60 102 105 30 48 60 30 33 36 42 48 54	360 100 190 140 195 230 185 280 355 425 725 740 230 360 415 205 225 270 280 350 400						
Оборудование, краткая характеристика	Периодичность ремонта (числитель) и продолжи- тельность простоя (знаменатель), ч		Трудоем- кость одного ремонта чел.-ч							
	Т	К	Т	К						
Копировально-фрезерные станки (рабочая поверхность стола – $L \times B$, мм): 300×200 1250×(250–320) 1600×400 1200×630 1620×1250 2800×1750 Продольно-фрезерные станки двухшпиндельные одно- стоечные (рабочая поверхность стола – $L \times B$, мм): 4000×1250 Продольно-строгальные станки двухшпиндельные одностоеч- ные (рабочая поверхность стола – $L \times B$, мм): 2000×600 2000×830 3000×900 4000×(1120–1300) Поперечно-строгальные станки (наибольший ход ползуна, мм): 450 500–650 700 900–1000 Долбежные станки (ход долбяка, мм) 100 160 200 320 380 500 Протяжные горизонтальные станки для внутреннего протягивания с гидравлической подачей (наибольшее тяговое усиление ползуна, т): 10 20	Т	К	Т	К						
	8640/4 8640/7 8640/23 8640/40 8640/96 8640/124		69120/12 69120/126 69120/158 69120/275 69120/662 69120/848		12 51 69 120 288 372		85 395 495 860 2070 2650			
	8640/64		69120/432		192		1350			
	8640/12 8640/22 8640/60 8640/68		69120/86 69120/157 86400/384 86400/467		36 66 180 204		270 490 1200 1460			
	8640/8 8640/10 8640/12 8640/14		69120/48 69120/61 69120/80 69120/99		24 30 36 42		150 200 250 310			
	8640/6 8640/10 8640/10 8640/12 8640/13 8640/14		69120/46 69120/64 69120/62 77760/80 77760/84 77760/94		20 30 30 36 39 42		220 145 205 215 250 295			
	8640/10 8640/16		69120/84 69120/112		30 48		220 350			

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Справочные данные к практическому занятию 4

Таблица Г.1 Значения длительности базовых циклов технического обслуживания и поправочных коэффициентов

Операции технического обслуживания	T_B	k_1				k_3				k_4			
		С	А, В	П	Н	Легкие	Нормальные	Сложные	Тяжелые	До 3 тонн	3 ... 5 тонн	5 ... 10 тонн	10 ... 50 тонн
Периодический частичный осмотр	600	0,38	0,45	0,87	0,9	1,2	1,1	0,9	0,81	1,1	1,0	0,92	0,86
Периодическая смазка и пополнение смазочных и гидравлических емкостей	50	0,5	0,8	1,0	1,25	1,25	1,0	0,85	0,8	1,1	1,05	0,8	0,9
Профилактическая обтяжка и замена крепежа (при необходимости)	250	0,7	0,85	1,0	1,3	1,1	1,0	0,85	0,74	1,05	1,0	0,95	0,9
Промывка узлов станка, в том числе смазочных и гидравлических систем с заменой смазки	550	0,78	0,9	1,05	1,25	1,15	1,0	0,8	0,75	1,1	1,0	1,25	1,4
Профилактическая замена быстроизнашивающихся деталей	1000	0,72	0,82	0,96	1,1	1,2	1,0	0,89	0,82	1,15	1,05	0,85	0,81
Профилактическая регулировка механизмов, устройств и соединений станка	400	0,65	0,77	0,89	1,0	1,25	1,0	0,88	0,75	1,1	1,15	1,2	1,2
Профилактическая регулировка электрооборудования	450	0,85	0,9	1,0	1,0	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Профилактическая протирка и очистка электрооборудования, устранение выявленных неисправностей	500	0,8	0,85	1,0	1,0	1,1	1,0	0,95	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
Проверка геометрической и технологической точности станка	1000	0,5	0,64	0,9	1,0	1,15	1,0	0,88	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
Проверка комплекса «система ЧПУ – станок» путем обработки тест-детали	250	0,7	0,78	0,9	1,0	1,1	1,0	0,9	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Справочные данные к практическому занятию 5
 Таблица Д.1 Типовой перечень, работ, выполняемых при проведении технического обслуживания металлорежущего оборудования

Операция ТО	Выполняемые работы
Плановый, ежедневный и ежемесячный осмотры.	1. Работы проводимые слесарем: ➤ Визуальная проверка отсутствия вибраций отдельных узлов станка; ➤ Проверка нагрева подшипников шпинделя; ➤ Проверка уровня шума механизмов станка; ➤ Проверка давления в пневмо- и гидросистеме; ➤ Проверка работы смазочной системы по маслоуказателям; ➤ Проверка плавности перемещения узлов и отсутствия рывков при их реверсировании; ➤ Проверка отсутствия утечек масла; ➤ Проверка наличия и исправности защитных устройств, предохранительных щитков и кожуха; ➤ Проверка надежности устройств зажима заготовки. 2. Работы проводимые электриком: ➤ Проверка температуры подшипников и обмоток эл. двигателей; ➤ Визуальная проверка состояния изоляции выводов и эл. проводки; ➤ Проверка исправности пусковой аппаратуры и заземления. 3. Работы проводимые инженером — электронщиком устройств ЧПУ: ➤ Проверка исправности индикации и сигнализации устройств с ЧПУ и выполнения без перебоев рабочей программы.
Наполнение смазки	1. Работы проводимые слесарем: ➤ проверка уровня масла в масляных картерах и емкостях; ➤ проверка наличия смазки в пресс-масленках; ➤ доливка системы свежим маслом до уровня; ➤ пополнение смазки в пресс-масленках.
Замена смазки	1. Работы проводимые слесарем: ➤ слив отработки; ➤ очистка и промывка масляных картеров, емкостей от примесей, осадка и грязи; ➤ 10 минутная промывка системы щелочным раствором; ➤ промывка системы маслом в течении 15 минут; ➤ заправка системы свежим маслом; ➤ запуск оборудования на 3-5 минут; ➤ доливка системы свежим маслом до уровня.
Регулировка	1. Работы проводимые слесарем: ➤ Выборка люфтов в винтовых парах; ➤ Регулировка плавности движения подвижных частей станка; ➤ Регулировка подшипников шпинделя; ➤ Регулировка фрикционных и эл.магнитных муфт; ➤ Зачистка забоин, царапин, задиров на направляющих; ➤ Подтяжка и замена крепежа; ➤ Чистка, натяжение или замена цепей, ремней, лент;

Операция ТО	Выполняемые работы
	➤ Промывка картеров и замена масла в них; ➤ Ревизия и промывка или замена фетровых уплотнений; 2. Работы проводимые электриком: ➤ Проверка состояния рабочей поверхности коллектора, износа щеток, регулирование щеточного механизма двигателя постоянного тока; ➤ Проверка креплений электрических машин и пуско-регулирующей аппаратуры ➤ Проверка заземления элементов приводов, шкафа электрооборудования и пульта программного управления; 3. Работы проводимые инженером — электронщиком устройств с ЧПУ: ➤ Проведение специальных проверок и измерений на пульте программного управления, тиристорных преобразователей в электроприводах, указанных в инструкциях по эксплуатации станков с программным управлением заводов изготовителей; ➤ Проверка напряжений на входе функциональных групп схемы; ➤ Проверка по тест- программе технологической работы станка (при потере работоспособности станка выявляются и устраняются причины потери); ➤ Замена резисторов, конденсаторов, диодов, транзисторов, тумблеров, микровыключателей и других элементов системы управления станка по результатам проверок и измерений;
Проверка точности	Работы проводимые инженером ОГМ ➤ проверка геометрической точности взаимного расположения узлов станка; ➤ проверка геометрической точности перемещения рабочих органов станка относительно баз (направляющие, станина); ➤ проверка жесткости узлов станка. Для станков с ЧПУ дополнительно проверяется: ➤ Точность линейного позиционирования рабочих органов; ➤ Величина зоны нечувствительности; \ ➤ Точность возврата рабочих органов в исходное положение; ➤ Стабильность выхода рабочих органов в заданную точку; ➤ Точность отработки круга в режиме круговой интерполяции; ➤ Стабильность положения инструментов после автоматической смены.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица Е.1. Области применения смазочных материалов для металлорежущего оборудования

Марка	ГОСТ, ТУ	Область применения
МАСЛА ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ		
И-8А	ГОСТ 20799-88	Для смазывания легконагруженных, высокоскоростных узлов механизмов.
И-12А	ГОСТ 20799-88	Шпиндели металлорежущих станков, работающих частотой вращения до 5 000 мин ⁻¹ , направляющие бабок полировочных станков, подшипники маломощных электромашин с кольцевой системой смазки. Рабочая жидкость в объемных гидроприводах
И-20А	ГОСТ 20799-88	Мало и средненагруженные зубчатые передачи, направляющие качения и скольжения станков, где не требуются специальные масла. Гидросистемы промышленного оборудования, автоматических линий. Работоспособно в температурном интервале от минус 5 до 70С при длительном режиме эксплуатации
И-30А	ГОСТ 20799-88	Рабочая жидкость гидравлических систем станочного оборудования, автоматических линий, прессов, узлов трения промышленного оборудования и строительно-дорожных машин, где не требуется специальные масла.
И-40А	ГОСТ 20799-88	Рабочая жидкость гидравлических систем станочного оборудования, автоматических линий прессов, смазывание узлов трения промышленного, где не требуется применение специальных масел.
И-50А	ГОСТ 20799-88	Рабочая жидкость гидравлических систем станочного оборудования, прессов и автоматических линий. Смазывание мало- и средненагруженных редукторов, направляющих скольжения.
ВНИИ НП-401	16,5	Направляющие скольжения станков при требовании равномерности медленных движений и точности установленных перемещений суппортов и других узлов, вертикальные направляющие тяжелых станков
Цилиндровое 11 Цилиндровое 24	9-13 20-28	Паровые механизмы, тяжело нагруженные, работающие с малыми скоростями зубчатые и червячные передачи, вертикальные направляющие кузнечно-прессового оборудования при скорости до 0,5 м/с
ИГП-72	ТУ 38.101413-78	Рабочая жидкость гидросистем тяжелого прессового оборудования, смазывание средненагруженных редукторов и червячных передач, циркуляционные системы промышленного оборудования.

Марка	ГОСТ, ТУ	Область применения
ИГП-18, ИГП-30	ТУ 38.101413-78	Рабочие жидкости станков, прессов, автоматических линий, смазывание высокоскоростных коробок передач, мало- и средненагруженных редукторов и червячных передач, электромагнитных и зубчатых муфт, вариаторов, подшипников, направляющих и других механизмов на заводах, где требуются масла с улучшенными антиокислительными и противоизносными свойствами
ИГП-38 ИГП-49	ТУ 38.101413-78	Рабочая жидкость в гидросистемах станков прессов, автоматических линий, смазывание высокоскоростных коробок передач, мало- и средненагруженных редукторов и червячных передач, вариаторов, подшипников, направляющих и других механизмов на автозаводах, где требуется масло с улучшенными антиокислительными и противоизносными свойствами.
ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ		
СОЛИДОЛ синтетический (пресс)	ГОСТ 4366-76	Предназначено для смазывания относительно грубых узлов трения механизмов и машин, ручного и другого инструмента, шарниров, винтовых и цепных передач, тихоходных шестеренчатых редукторов и др. Работоспособна в мощных механизмах в режиме от минус 30 °С до плюс 65 °С
СОЛИДОЛ жировой (УС-1,УС-2)	ГОСТ 1033-79	Универсальные среднеплавкие влагостойкие смазки. Предназначены для узлов станочного оборудования, открытых зубчатых и цепных передач, ручного инструмента. Работоспособны в режиме от минус 40 °С до плюс 70 °С.
1-13 жировая	ГОСТ 1631-61	Открытые шестерни, подшипники электродвигателя при невысоких скоростях. Работоспособна в режиме от минус 40 °С до плюс 80 °С.
УСсА графитная	ГОСТ 3333-80	Домкраты, открытые шестерни, тяжело нагруженные узлы при невысоких скоростях скольжения. Работоспособна в режиме от минус 40 °С до плюс 70 °С.
ЦИАТИМ - 201	ГОСТ 6267-74	Универсальная неводостойкая смазка. Подшипники качения и скольжения, шарниры. Направляющие. Приборы и точные механизмы. Работоспособна в режиме от минус 5 °С до плюс 120 °С.
ЦИАТИМ - 221	ГОСТ 9433-80	Узлы трения и сопряженные поверхности металла с металлом или резиной, работающие в агрессивных средах, водостойкая Малонагруженные редукторы, резиновые уплотнительные кольца пневмоцилиндров и др. Работоспособна в режиме от минус 60 °С до плюс 150 °С.
ЛИТОЛ-24	ГОСТ 21150-87	Предназначено для смазывания всех видов подшипников качения и скольжения, шарниров, зубчатых и иных передач, трущихся поверхностей.

Марка	ГОСТ, ТУ	Область применения
		Работоспособна в мощных механизмах в режиме от минус 40 °С до плюс 120 °С.
Фиол-2	ГОСТ 23258-78.	Разнообразные узлы промышленных механизмов, работающие при малых и средних нагрузках Работоспособна в режиме от минус 40 °С до плюс 130 °С.
ВНИИ НП-207	ГОСТ 19774-74	Подшипники качения с широким диапазоном скоростей и нагрузок Работоспособна в режиме от минус 40 °С до плюс 200 °С.
МАСЛО ТРАНСМИССИОННОЕ		
ТЭП-15	ГОСТ 23652-79	Прямозубые и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях до 1500 МПа и температуре масла в объеме до 100 °С.
ТАП-15В	ГОСТ 23652-79	Прямозубые, спирально-конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2000 МПа и температуре масла в объеме до 130 °С.
КОМПРЕССОРНЫЕ		
К-19	ГОСТ 1861-73	Одно и многоступенчатые компрессоры среднего и высокого давления (свыше 1МПа).
К-3-10	ТУ 38.1011207 -89	Поршневые компрессоры с давлением нагнетания до 1 МПа, при температуре до 200 °С
МАСЛА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ		
ГИДРО Р	ТУ 38.1011282-89	Гидроусилители и гидрообъемные передачи.
МГЕ-46В	ТУ 38.00134 - 83	В гидросистемах при давлении до 35 МПа.
АМГ-10	ГОСТ 6794-75	В гидроприводах, стендовом оборудовании и других механизмах. При температуре 70 °С...90 °С, кратковременно до 100 °С.

Таблица Е.2. Периодичность замены и долива масла в редукторы оборудования

Вместимость масляной ванны, кг.	Периодичность замены масла (сут.) при условиях эксплуатации		Периодичность долива масла (сут.) при состоянии уплотнения в условиях эксплуатации			
			хорошее		удовлетворит	
	нормально	тяжелое	Норм.	Тяжел.	Норм.	Тяжел.
До 5	90	60	15	10	7	5
5...10	90	60	18	10	8	6
10...15	90	60	20	12	9	7
15...20	120	90	25	15	10	8
20...30	120	90	25	15	11	9
30...50	120	90	30	20	12	10
50... 75	180	120	30	20	14	11
75...100	180	120	40	25	17	14
100...500	180	120	50	30	20	16
500... 1000	180	120	60	40	30	20
Более 1000	240	180	80	60	40	30

Таблица Е.3. Предельные сроки замены смазки и промывки различных узлов металлорежущего оборудования

Узлы станков	Класс точности оборудования	Вид смазки	Группа станков		
			Работающие металлическим инструментом	Резьбошлифовальные	Зубо и круглошлифовальные
			Замена смазки (не реже) в месяцах		
Внешние сопряжения узлов	С	Жидкая	3	3	3
	А,В		4		
	Н,П		6	4	4
	С	Консистентная	3	3	3
	А,В		8		
	Н,П		12-18	6	6
Редукторы, коробки передач и корпуса передач	С	Жидкая	6-8	3-6	4-8
	А,В		12-18		
	Н,П		18-24	-	-
	С	Консистентная	12-16	8-12	8-12
	А,В		18-24		
	Н,П		24-36	-	-
Редукторы, коробки передач, подшипники	С	Жидкая	6-8	6-8	6-8
	А,В		12-18		
	Н,П		18-24	-	-
Корпуса подшипников качения	С	Жидкая	6-10	8-16	8-16
	А,В		8-12		
	Н,П		18-24	-	-
	С	Консистентная	18	16	16
	А,В		24		
	Н,П		36	-	-
Направляющие	С	Жидкая	2	1...1,5	1...1,5
	А,В		3	1,5-2	1,5-2
	Н,П		12-18	-	-

Таблица Е.4. Периодичность замены и долива масла в емкостных системах оборудования

Вместимость масляной системы, кг.	Периодичность долива масла, сут.	Периодичность полной смены масла при условиях эксплуатации, мес.	
		Нормальные условия	При повышенной температуре или в пыльной среде
До 50	5	6...12	3
50...250	5	6... 12	3
250... 1000	10	6...12	3
1000...3000	15	12...36	6
Свыше 3000	30	12...36	9

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Справочные данные к практической работе 13

Таблица Ж.1. Зависимости для расчета износостойкости установочных элементов технологической оснастки

Установка	Зависимость для расчета C , установок/мкм
На сферические опоры	$C = 1759,06 + 5930K_M - 7,27q + 8,28HV + 1133,3T - 6314K_a - 9,22K_M HV - 820,9K_M T$
На плоские круглые опоры	$C = 4577,5 + 6143,5K_M - 351,1q + 10,12HV + 1663,5T - 1164,8K_a - 9,67K_M HV - 1109,4K_M T$
На плоские пластины	$C = 31740,7K_M - 2189,4 - 2889,2q + 41,1HV + 4810,3T - 2254,4K_a - 49K_M HV - 3317,6K_M T$
На призмы	$C = 2968,1K_M - 624 - 8,34q + 3,796HV + 1173,5T - 1296K_a - 4,63K_M HV - 676,5K_M T$
На отверстие	$C_\phi = 1250$
На два пальца	$C_\phi = 1000$

Таблица Ж.2. Относительная износостойкость опорных элементов K_M

Материал опоры	Материал заготовок		
	Сталь закаленная, шлифованная	Чугун	Сталь незакаленная
50 (закалка)	0,98	0,96	0,96
20 (цементация и закалка)	1,00	1,00	1,00
40X (закалка)	0,96	0,92	0,92
У10А (закалка)	0,80	0,82	0,80
45 (хромированная)	0,44	0,46	0,44
12ХН3А (цементация и закалка)	0,86	0,88	0,86
18ХГТ (цементация и закалка)	0,82	0,84	0,82
ВК8	0,12	0,19	0,10

Таблица Ж.3. Площадь контакта опорного элемента и заготовки, мм²

Постоянные опоры со сферической головкой			Призмы опорные			Пластины опорные		
Диаметр, мм	F		Ø вала, мм	F		Размер, мм	F	
	Сталь	Чугун		Сталь	Чугун		Сталь	Чугун
6	1,76	1,31	10-15	7,9	4	16x60	640	480
12	2,78	2,06	15-20	11,6	6	16x90	960	720
16	3,36	2,50	20-25	15	7,1	20x80	1066	800
20	3,90	2,90	25-35	21,2	11,0	20x120	1600	1200
25	4,52	3,35	35-45	28,5	14,8	25x100	1660	1250
30	5,18	3,76	45-60	35,1	18,7	25x150	2500	1875

* При силе прижима заготовки к опоре 1000кН. При другом значении силы P площадь касания

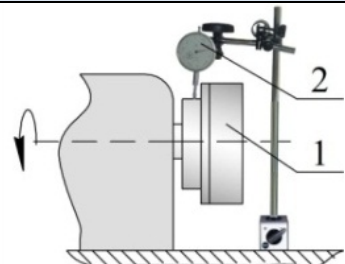
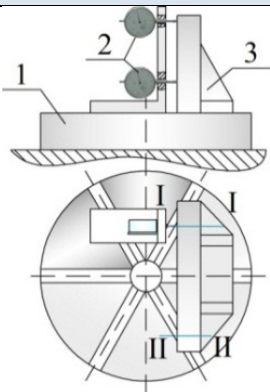
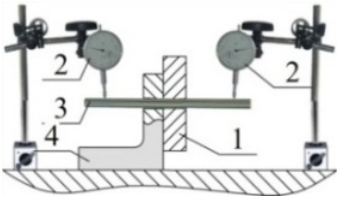
$$F = 0,01\sqrt[3]{F_{табл}}$$

Таблица Ж.4. Истирающая способность заготовки K_a

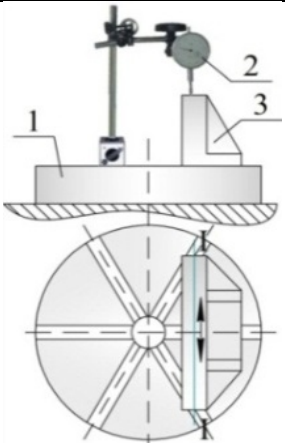
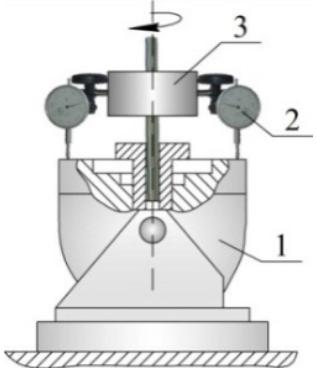
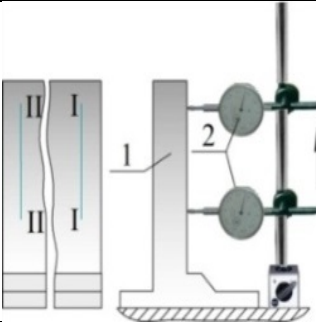
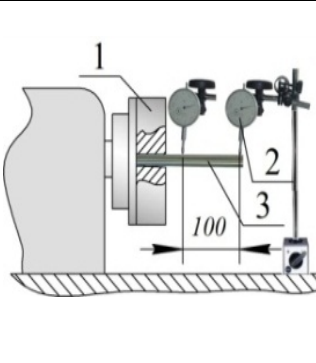
Материал заготовки	Марка стали установочных элементов						
	20 (цементация, закалка)	40X (закалка)	12XН3А (цементация, закалка)	У10А (закалка)	18ХГТ (цементация, закалка)	45 (хромирование)	50 (закалка)
Сталь закаленная шлифованная, $R_a=1,25\ldots 0,63$ мкм	0,90	0,93	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Сталь незакаленная	0,95	0,95	0,99	0,99	0,98	0,98	0,96

* За исходную износостойкость K_m и истирающую способность заготовки K_a приняты K_m и K_a опорных элементов из стали 20 с цементацией и закалкой. При установке заготовки из чугуна $K_m=1$, $K_a=1$.

Таблица Ж.5. Схемы проверки точности технологической оснастки

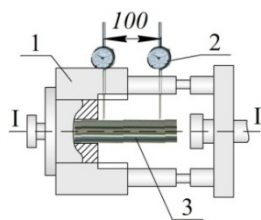
Схемы проверки точности технологической оснастки.	
Радиальное биение наружной поверхности технологической оснастки	
	Технологическую оснастку 1 проверяют непосредственно на станке или устанавливают на контрольную плиту. Наконечник индикатора 2 устанавливают перпендикулярно к оси оснастки и должен касаться ее поверхности. Вращая оснастку, по разности наибольшего и наименьшего показаний индикатора определяют величину погрешности.
Отклонение от перпендикулярности рабочей поверхности технологической оснастки к базовой поверхности	
	Планшайбу 1 устанавливают на контрольную плиту. На поверхность планшайбы устанавливают стойку с двумя индикаторами 2, предварительно настроенными на «0». Поверочный угольник 3 размещают так, чтобы оба индикатора контактировали с плоскостью поверочного угольника, при этом нижний индикатор должен показать «0». Показания верхнего индикатора соответствуют величине погрешности. Контроль проводится в двух направлениях (I – I и II – II).
Отклонение от перпендикулярности оси отверстия к базовой поверхности	
	Поверочный угольник 4 устанавливают на контрольную плиту. Опорную плиту 1 с контрольной оправкой 3 заданной длины прижимают к плоскости поверочного угольника 4. Наконечник индикатора 2 устанавливают так, чтобы он касался образующей оправки перпендикулярно ее оси. Величину погрешности определяют как наибольшую разность показаний индикатора на концах оправки.

Схемы проверки точности технологической оснастки.	
Отклонение от перпендикулярности оси отверстия к базовой поверхности	
	Технологическую оснастку устанавливают на контрольную плиту. В контролируемое отверстие вставляют контрольную оправку 2. Наконечник индикатора 1 устанавливают так, чтобы он касался образующей оправки 2 перпендикулярно ее оси. Величину погрешности определяют как наибольшую разность показаний при перемещении индикатора ($I - I'$). Контроль проводится по двум диаметрально противоположным образующим оправки после поворота ее на 180°.
Отклонение от параллельности поверхностей технологической оснастки	
	Технологическую оснастку 1 устанавливают на контрольную плиту. Контрольную линейку 3 устанавливают на плоскопараллельных концевых мерах 4, добиваясь за счет подбора концевых мер одинаковых показаний индикатора 2 на расстоянии 2...3 мм от конца линейки. Контроль проводится поочередно в направлениях I–I, II–II, III–III. Величину погрешности определяют как наибольшую разность показаний индикатора в каждом направлении.
Торцовое биение поверхности технологической оснастки	
	Технологическую оснастку 1 устанавливают на контрольную плиту. Наконечник индикатора 2 установлен у края контролируемой торцовой поверхности перпендикулярно к ней, и касается ее. Технологическая оснастка 1 (или ее элемент) приводится во вращение. Величину погрешности определяют как наибольшую разность показаний индикатора. Контроль проводится поочередно на краях контролируемой поверхности в двух диаметрально противоположных точках.
Радиальное биение конического отверстия технологической оснастки	
	Контроль выполняют при установке оснастки на контрольной плите или непосредственно на станке. Наконечник индикатора 2 устанавливают так, чтобы он касался контролируемой поверхности. Технологическая оснастка (или ее элемент) приводится во вращение. Величину погрешности определяют как наибольшую разность показаний индикатора.
Отклонение от плоскостности поверхностей технологической оснастки	
	Контрольную линейку 3 устанавливают на плоскость контролируемой технологической оснастки 1, добиваясь за счет подбора концевых мер 4 одинаковых показаний индикатора 2 на расстоянии 2...3 мм от конца линейки. Наконечник индикатора должен касаться поверхности контрольной линейки и быть к ней перпендикулярен. Контроль проводится поочередно в направлениях I–I, II–II, III–III. Величину погрешности определяют как наибольшую разность показаний индикатора в каждом направлении.

Схемы проверки точности технологической оснастки.	
Отклонение от параллельности поверхностей технологической оснастки	
	Технологическую оснастку 1 с закрепленным поверочным угольником 3 на ней устанавливают на контрольную плиту. Наконечник индикатора 2 устанавливают перпендикулярно к торцу поверочного угольника 3 и касаются его. Контроль проводится поочередно на краях поверочного угольника в направлении I–I. Величину погрешности определяют как наибольшую разность показаний индикатора.
Отклонение от перпендикулярности оси центрирующего отверстия к базировочной поверхности технологической оснастки	
	Технологическую оснастку устанавливают на контрольную плиту. В центрирующее отверстие вставляют контрольную оправку 4 с установленным на ней диском 3 с индикатором 2 так, чтобы наконечник индикатора находился на краю контролируемой плоскости 1 перпендикулярно к ней, и касался ее. Величину погрешности определяют при вращении диска 3, как половину разности наибольшего и наименьшего показаний индикатора.
Отклонение от перпендикулярности вертикальной плоскости к основанию технологической оснастки	
	Технологическую оснастку 1 устанавливают на контрольную плиту. Наконечник индикатора 2 устанавливают перпендикулярно к контролируемой поверхности оснастки, и касаются ее. Контроль проводится поочередно на краях контролируемой поверхности в направлении I–I. Величину погрешности определяют как наибольшую разность показаний индикатора.
Радиальное биение центрального цилиндрического отверстия технологической оснастки	
	В контролируемое отверстие оснастки 1, установленной на контрольной плите (или непосредственно на станке), вставляется контрольная оправка 3. Наконечник индикатора 2 устанавливают перпендикулярно к поверхности контрольной оправки 3 и касаются ее. Технологическая оснастка 1 (или ее элемент) приводится во вращение. Величину погрешности определяют как наибольшую разность показаний индикатора. Контроль проводится поочередно у торца контролируемой оснастки и на конце контрольной оправки.

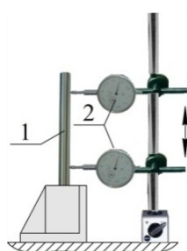
Схемы проверки точности технологической оснастки.

Отклонение от параллельности базовой поверхности к оси центрального отверстия технологической оснастки



В центрирующее отверстие технологической оснастки 1 вставляется контрольная оправка 3. Наконечник индикатора 2 устанавливают перпендикулярно к поверхности контрольной оправки 3 и касаются ее. Контроль проводится поочередно на краях контрольной оправки в двух диаметрально противоположных точках (с поворотом контрольной оправки на 180°). Величину погрешности определяют как среднюю алгебраическую разность показаний индикатора для обоих измерений.

Отклонение от перпендикулярности оси направляющей



Технологическую оснастку устанавливают на контрольную плиту. Наконечник индикатора 2 устанавливают перпендикулярно к поверхности направляющей 1 и касаются ее. Контроль проводится поочередно на краях направляющей. Контроль проводится по двум диаметрально противоположным образующим колонки после поворота ее на 180° . Величину погрешности определяют как наибольшую разность показаний индикатора.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания

Составители: **Богущий** Владимир Борисович,
Сидоров Денис Евгеньевич

В авторской редакции

Изд. № 156/2023. Объем 6,5 п.л. Усл. печ. л. 6,04. Уч.-изд. л. 6,37.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»