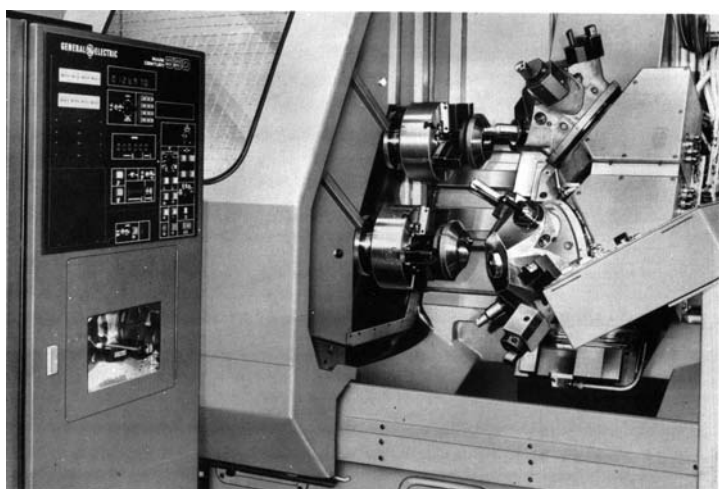


**В.И. МУРАТОВ, А.Н. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ,
Б.Н. ХВАТОВ, В.Х. ФИДАРОВ**

**ТЕХНОЛОГИЯ
МАШИНОСТРОЕНИЯ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ

УДК 621(075)
ББК К5я73
Т38

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор БГТУ
А.А. Погонин

Кандидат технических наук, доцент ТГТУ
В.И. Александров

Муратов В.И., Преображенский А.Н.,

Хватов Б.Н., Фидаров В.Х.

Т38 Технология машиностроения: Учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003.
128 с.

ISBN 5-8265-0237-1

В учебном пособии излагаются вопросы методики и практики проведения лабораторных работ, освещаются работы по исследованию точности и погрешностей, возникающих при механической обработке, исследованию на основании размерного анализа сборочных технологических процессов и операций механической обработки на станках с ручным управлением и станках с ЧПУ.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 120100.

УДК 621(075)

ББК К5я73

ISBN 5-8265-0237-1

© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ),
2003

© Муратов В.И., Преображен-
ский А.Н.,
Хватов Б.Н., Фидаров В.Х.,
2003

Министерство образования Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

**В.И. Муратов, А.Н. Преображенский,
Б.Н. Хватов, В.Х. Фидаров**

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию
в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве учебного пособия для сту-
дентов Тамбовского ГТУ, обучающихся
по направлению подготовки бакалавров и магистров «Технология,
оборудование и автоматизация машиностроительных производств»
и специальности «Технология машиностроения»*

Тамбов
Издательство ТГТУ
2003

Учебное издание

МУРАТОВ Валентин Иванович,
ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ Александр Николаевич,
ХВАТОВ Борис Николаевич,
ФИДАРОВ Валерий Хазбиевич

**ТЕХНОЛОГИЯ
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Учебное пособие

Редактор Т.М. Глинкина
Компьютерное макетирование И.В. Евсеевой

Подписано к печати 30.05.2003
Гарнитура Times New Roman. Формат 60 × 84/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Объем: 7,44 усл. печ. л.; 7,2 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз. С. 367

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ

1.1 СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Показателем качества машин, достижение и обеспечение которого вызывает наибольшие трудности и затраты в процессе изготовления машин, является точность механической обработки. В производстве при анализе и контроле качества изделий наиболее часто приходится решать следующие задачи: 1) анализировать точность обработки методом кривых распределения; 2) обеспечить изготовление изделий, без брака (определение вероятного брака, а также числа изделий требующих доработки); 3) корректировать технологические процессы в ходе производства с помощью выборочного контроля показателей точности, выполнять анализ точности обработки с использованием контрольных карт средних арифметических значений, размахов и средних квадратических отклонений.

Лабораторная работа 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ РАЗМЕРА ПО ЛИМБУ СТАНКА

Цель работы: освоить на практике методику статистического исследования точности обработки на основе метода кривых распределения; проверить гипотезу о законе нормального распределения погрешности установки размера по лимбу станка.

Методические указания

В условиях мелко- и среднесерийного производства с целью повышения производительности при обработке небольших партий деталей применяют обработку их за один рабочий ход с установкой инструмента по лимбу станка. Нужно деление лимба определяют пробной обработкой первой детали партии или по эталону. В этом случае на точность обработки влияют субъективные факторы двух видов: один из них связан с погрешностью нахождения и установки необходимого деления лимба при обработке пробной детали (погрешность настройки), другой – с повторяющейся для каждой заготовки погрешностью установки режущего инструмента по найденному делению лимба.

На точность установки размера по лимбу станка оказывает влияние такая совокупность случайных факторов, как величина силы трения в направляющих, жесткость цепи перемещения, износ винтовой пары, ширина и неточность нанесения штрихов делений на лимбе станка, острота зрения рабочего, освещенность рабочего места и др. Полагают, что влияние этих факторов на суммарную погрешность обработки независимо друг от друга и каждый из них влияет на результирующую погрешность примерно с равной степенью интенсивности, т.е. распределение их подчиняется закону нормального распределения (закону Гаусса). Рассмотрим его подробнее.

Уравнение кривой нормального распределения (рис. 1.1, а) имеет вид [13]:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.1)$$

где y – частота появления погрешности; σ – среднеквадратическое отклонение аргумента; e – основание натуральных логарифмов; x – отклонение действительных размеров от средних.

$$x = L_i - L_{cp},$$

где L_i – текущее значение действительных размеров; L_{cp} – среднее арифметическое значение размера партии деталей.

Как видно из приведенных зависимостей, закон Гаусса является двухпараметрическим законом (параметры L_{cp} и σ). Параметр L_{cp} определяет центр группирования размеров, параметр σ – рассеяние их относительно центра.

В практических расчетах (при разбивке партии деталей на равное число k интервалов размеров) средний размер детали партии L_{cp} равен среднему арифметическому средних размеров деталей всех групп, т.е.

$$L_{cp} = \frac{1}{n} \sum_1^k L_i m_i, \quad (1.2)$$

где n – общее число деталей в партии; L_i – средний размер детали по каждой группе; m_i – частота (число) деталей в соответствующей группе; k – число групп, соответствующих числу интервалов размеров.

Среднее квадратическое отклонение σ в этом случае определяют как:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^k (L_i - L_{cp})^2 m_i}, \quad (1.3)$$

где $(L_i - L_{cp})$ – отклонение средних действительных размеров от среднего арифметического в каждой группе деталей.

Анализ уравнения кривой нормального распределения показывает, что она симметрична относительно оси ординат (рис. 1.1, а).

При $L_i = L_{cp}$ имеет место максимум ординаты

$$y_{\max} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \approx 0,4\sigma.$$

На расстоянии $\pm\sigma$ от вершины кривая имеет две точки перегиба (A и B) с ординатами:

$$y_A = y_B = y_\sigma = \frac{y_{\max}}{\sqrt{e}} \approx 0,24 / \sigma.$$

Кривая асимптотически приближается к оси абсцисс. Принято считать, что на расстоянии $\pm 3\sigma$ от вершины кривой ее ветви пересекаются с осью абсцисс, так как при этом 99,73 % от общего числа измеренных деталей охватываются площадью, ограниченной сверху кривой и снизу осью абсцисс.

Таким образом, величина поля рассеяния с отклонениями действительных размеров от среднего размера в пределах $\omega = \pm 3\sigma$ является мерой точности исследуемых методов обработки и известно в технологии машиностроения, как правило «шести сигм» [1]. В этом случае за пределы поля рассеяния 6σ входят лишь 0,27 % от общего числа исследуемых деталей (например, три детали из каждой тысячи), что практически является приемлемым.

Влияние величины среднего квадратичного отклонения σ на форму кривых распределения показано на рис. 1.1, б. При малых значениях σ ($\sigma = 0,5$ на рис. 1.1, б) точность исследуемого метода повышается и кривая получается сильно вытянутой вверх с малым полем рассеяния, при больших значениях σ (например, $\sigma = 2$) кривая получается пологой и поле рассеяния растет.

Наличие постоянной систематической погрешности не влияет на форму кривых распределения, однако, ее появление вызывает смещение максимума в направлении оси абсцисс по отношению к первоначальной настройке.

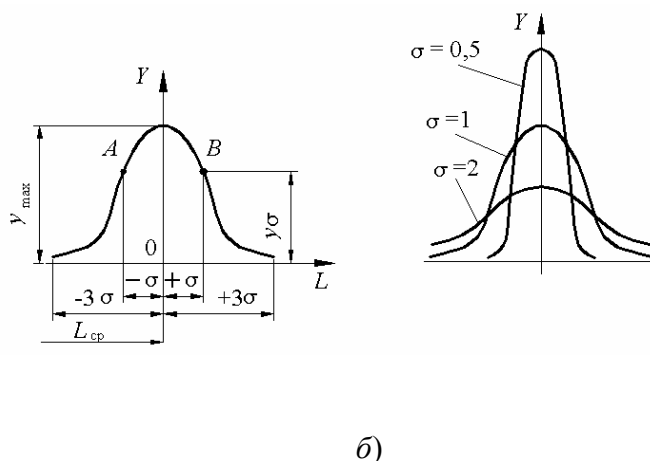


Рис. 1.1 Кривые нормального распределения

Таким образом, статистический анализ на базе кривых распределения является эффективным средством исследования точности обработки. Во избежание брака при обработке необходимо выполнить два условия:

– пределы рассеяния действительных размеров деталей ω не должны выходить за поле допуска T размера, т.е. $6\sigma \leq T$;

– центр рассеяния должен быть расположен таким образом, чтобы все размеры детали лежали в пределах допуска.

Выполнение первого условия обеспечивается правильным выбором точности станка для заданной детали, второго условия – правильной размерной наладкой инструмента.

В практике статистического анализа точности технологических операций имеют место следующие случаи (рис. 1.2):

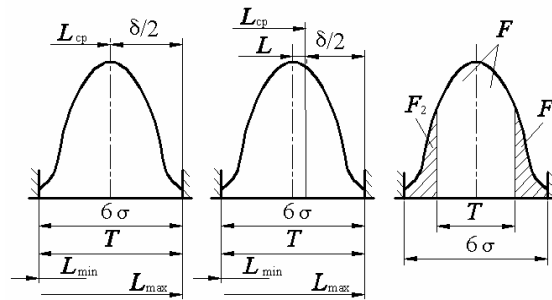
1 Случай, когда $T = 6\sigma$ и центр рассеяния совпадает с серединой поля допуска (рис. 1.2, а). Размеры деталей, обработанных на станке, лежат в пределах допуска, брак отсутствует.

2 Случай, когда $T > 6\sigma$, при этом центр рассеяния может не совпадать с серединой поля допуска (рис. 1.2, б).

Надежность обеспечения требуемой точности обработки в этом случае характеризуется запасом точности ψ данной операции, который определяется по формуле $\psi \geq T / 6\sigma$ [5]. При значениях $\psi \geq 1,12$ процесс обработки заготовок без брака является надежным.

При значениях $1,0 \leq \psi \leq 1,12$ обработка без брака зависит от условий правильной размерной наладки станка, которая характеризуется величиной относительного смещения ΔL вершины кривой распределения

(рис. 1.2, б) от середины поля допуска, т.е. $x = \Delta L / T$, где x – коэффициент точности наладки.



а) б) в)

Рис. 1.2 Варианты кривых нормального распределения при статистическом анализе точности обработки

При этом

$$\Delta L = L_{cp} - 0,5(L_{max} + L_{min}),$$

где L_{cp} – средний размер детали; L_{max} и L_{min} – наибольший и наименьший предельно допустимые размеры детали соответственно.

Наладка считается точной (выполнение условия обработки без брака), если $x < x_{доп}$, где $x_{доп}$ – допустимое значение коэффициента точности наладки.

$$x_{доп} = \frac{T - 6\sigma}{2T} = \frac{\psi - 1}{2\psi}.$$

Величина $L_{доп} = (T - 6\sigma) / 2$ в приведенной формуле представляет собой предельно допустимое значение относительного смещения вершины кривой от середины поля назначенного допуска на размер.

3 Случай, когда $T < 6\sigma$ (рис. 1.2, в). Брак неизбежен даже при $x = 0$. Колебание получаемых размеров превышает размеры допуска и вследствие этого действительные размеры некоторых деталей лежат за пределами допуска. По кривым распределения можно определить процент брака, если взять отношение заштрихованных площадей ($F_1 + F_2$) к общей площади F под кривой распределения. Можно также найти процент (и количество деталей) исправимого и неисправимого брака. Так, например, для кривой, показанной на рис. 1.2, в, при обработке валов отношение F_1 / F показывает объем исправимого брака, а F_2 / F – неисправимого брака.

Оборудование, приборы, инструменты

В лабораторной работе с целью сокращения времени проведения эксперимента определение погрешности обработки, связанной с многократной установкой инструмента по лимбу станка, осуществляется не измерением действительных размеров обработанных заготовок, а измерением действительных положений узлов оборудования, участвующих в размерной настройке станка, с помощью индикаторного приспособления, подводимого вместо резца к эталонному валу по установленному значению лимба.

Схема лабораторной установки показана на рис. 1.3.

Лабораторная установка смонтирована на базе универсального токарно-винторезного станка мод. 1М61, в патроне 1 которого установлен эталонный вал 2, а в резцедержателе 3 закрепляется специальная оправка 4 с индикатором 5 часового типа с ценой деления 0,001 мм.

Индикатор 5 подводится к эталонному валу 2 до касания его ножки с помощью маховичка 6 винта 7 поперечной подачи суппорта 8 по заранее установленному делению шкалы лимба 9. Погрешность действительных положений узлов оборудования, участвующих в размерной настройке станка, будет соответствовать в этом случае показаниям индикатора 5.

При обработке экспериментальных данных статистического анализа используется микрокалькулятор, например БЗ-21.

Порядок выполнения работы

1 Подготовка

1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, оборудованием, приборами, инструментами и содержанием отчета.

2 Установить с помощью учебного мастера эталонный валик в патрон станка, закрепить в специальной оправке индикатор и установить собранную оправку в резцедержатель станка.

3 Подвести ножку индикатора к эталонному валику до ее касания с определенным запасом измерений (натягом), соответствующим примерно половине диапазона измерений по полной шкале индикатора.

4 Установить в данном положении шкалы лимба станка и индикатора на нулевые (по возможности) или другие (по выбору) отметки. Проверить путем отведения с помощью адаптера ножки индикатора надежность установки шкалы индикатора на выбранное деление.

5 Поворотом маховичка b против часовой стрелки на $0,5 \dots 1,0$ оборота отвести ножку индикатора от эталонного валика.

2 Проведение эксперимента

1 Плавно поворачивая маховичок винта поперечной подачи по часовой стрелке, установить его предварительно до совпадения риски выбранного деления лимба с неподвижной отметкой. Окончательную доводку совпадения рисок произвести легким постукиванием руки по рукоятке маховичка. Записать показания индикатора,

2 Поворотом маховичка на $0,5 \dots 1,0$ оборота в обратном направлении (с целью полного выбора зазора в винтовой паре) отвести перемещающийся узел с индикатором назад.

3 Многократно ($80 \dots 120$ раз) повторить операции подвода-отвода индикатора к эталонному валику по выбранному значению лимба (п. 1, 2). Показания индикатора записать в табл. 1.1.

1.1 Результаты показаний индикатора

Номер опыта	Показания индикатора, мкм	Номер опыта	Показания индикатора, мкм
-------------	---------------------------	-------------	---------------------------

Примечание:

1 При проведении опытов по п. 1, 2 не допускать сбива установленных отметок шкал лимба станка и индикатора. В случае сбива хотя бы одной из шкал следует произвести новую настройку и все опыты повторить сначала.

2 Не допускается исправление допущенного перебега при совмещении рисок шкалы лимба станка путем поворота маховичка в обратном направлении. Опыт нужно повторить с полным отводом (на $0,5 \dots 1,0$ оборота) индикатора от эталонного валика.

Обработка экспериментальных данных

1 Произвести разбивку приведенного в табл. 1.1 полигона рассеяния показаний индикатора на k равных интервалов по признаку возрастания размеров (удобно брать $k = 7, 9, 11$). Определить среднее значение размера интервала L_i , частоту m_i и частость m_i / n показаний, попадающих в каждый размер интервала. Если показания приходятся на границу интервалов, то необходимо к каждому из смежных интервалов отнести по $0,5$ числа показаний. Результаты разбивки показаний по интервалам представить в табл. 1.2.

1.2 Распределение частоты и частостей опытных данных

Границы интервала показаний	Среднее значение интервала L_i	Частота, m_i	Частость, m_i / n
мкм			

2 Определить по формулам (1.2) и (1.3) среднее арифметическое L_{cp} и среднее квадратичное σ отклонения совокупности показаний индикатора, связанные с погрешностью установки размера по лимбу станка. Результаты расчета свести в табл. 1.3.

3 Построить гистограммное распределение полученных измерений. Для этого по оси абсцисс в выбранном масштабе отложить интервалы показаний в соответствии с табл. 1.1, а по оси ординат – соответствующие им частоты m_i или частоты. В результате построения получается столбчатая диаграмма I (рис. 1.4), получившая название гистограммы или полигона распределения.

1.3 Данные для расчета среднеарифметического L_{cp} и среднеквадратичного σ отклонений

Номер группы (интервала)	L_i , МКМ	m_i	$L_i m_i$, МКМ	$L_i - L_{cp}$, МКМ	$(L_i - L_{cp})^2 m_i$, МКМ	σ , МКМ
1						
2						
⋮						
⋮						
⋮						
k						
\sum_1^k	—	n				
$\frac{1}{n} \sum_1^k$	—	1	L_{cp}	—	σ^2	

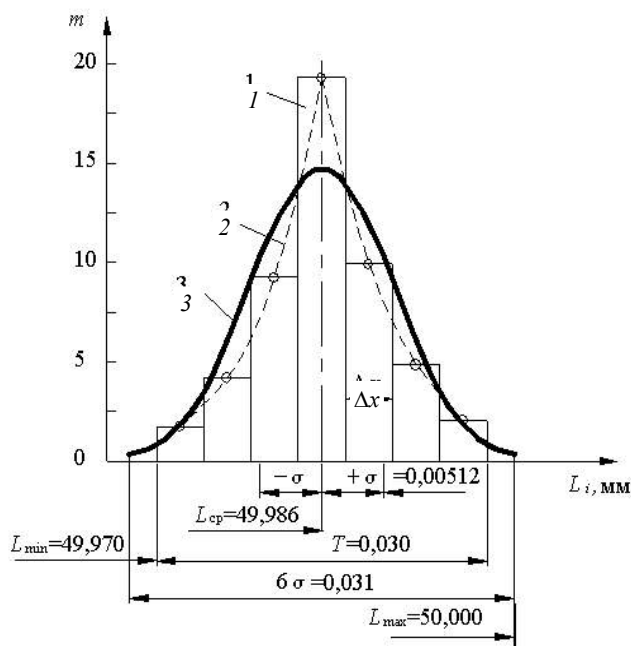


Рис. 1.4 Примеры гистограммного распределения (I), эм-

в обе стороны от центра симметрии отрезки x на расстоянии, кратном величине σ , т.е. $x = \pm z\sigma$, где z – величина, показывающая кратность σ отрезка x .

Тогда уравнение (1.1) примет вид

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}. \quad (1.4)$$

4 На полученном полигоне построить эмпирическую кривую распределения, для чего последовательно соединить между собой ломаной линией точки, соответствующие середине каждого интервала гистограммного распределения так, как показано на рис. 1.4 (кривая 2).

5 Построить теоретическую кривую нормального распределения и построить гипотезу о соответствии полученного распределения закону нормального распределения.

Графическое построение кривой нормального распределения значительно облегчается, если в ее уравнении (1.1) принять значение σ равным единице, а по оси абсцисс при построении откладывать

Так как $x = L_i - L_{cp}$, то истинное значение абсцисс откладываемых точек будет $L_i = L_{cp} + x = L_{cp} = \pm z\sigma$.

Практически для построения ветви кривой нормального распределения достаточно 5 ... 7 точек (другая ветвь представляет зеркальное отображение первой). Можно принять, например, такие значения x : $x = 0; 0,5\sigma; \sigma; 1,5\sigma; 2,0\sigma; 2,5\sigma; 3\sigma$.

Тогда ординаты этих точек, вычисленные по уравнению (1.4) будут иметь значения, приведенные в табл. 1.4.

1.4 Значения условных ординат кривой нормального распределения при $\sigma = 1$

$\pm z$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$\pm x$	0	$0,5\sigma$	σ	$1,5\sigma$	2σ	$2,5\sigma$	3σ
$y_{табл}$	0,3989	0,3125	0,2420	0,1295	0,0540	0,0175	0,0044

Для приведения ординат кривой нормального распределения к тому же масштабу, в котором вычерчена эмпирическая кривая, необходимо табличные значения ординат $y_{табл}$ умножить на масштабный коэффициент M , т.е. $y_i = y_{табл} M$, где y_i – ордината (частота m_i) теоретической кривой нормального распределения в том же масштабе, что и эмпирической кривой распределения.

$$M = \frac{n\Delta x}{\sigma},$$

где n – число опытов (измерений); Δx – величина интервала по оси абсцисс, принятая при построении эмпирической кривой распределения (выражена в тех же единицах, что и σ).

Первое значение абсциссы, определяющее вершину кривой нормального распределения, необходимо принять равным нулю ($x = 0$). Последнее значение абсциссы не должно выходить за пределы $x > 3\sigma$. Внутри этого интервала значения абсцисс можно принимать из ряда для x , приведенного в табл. 1.4.

Примеры построения гистограммного распределения, эмпирической и теоретической кривых закона нормального распределения приведены на рис. 1.4.

Распределение действительных размеров деталей будет соответствовать нормальному закону, если опытная и теоретическая кривые их распределения будут иметь близкое совпадение.

Таким образом, погрешность обработки $\Delta_{обр}$, связанная с погрешностью установки размера по лимбу станка, можно принять равной

$$\Delta_{обр} = 6\sigma_{уст}.$$

где $\sigma_{уст}$ – среднее квадратическое отклонение полигона рассеяния действительных размеров партии обработанных заготовок по выбранному значению лимба станка.

6 Составить отчет по работе.

Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Схема лабораторной установки.
- 3 Результаты опытных данных показаний индикатора (табл. 1.1).
- 4 Результаты обработки экспериментальных данных с определением значений величины L_{cp} и σ (табл. 1.3, 1.4).
- 5 Графики гистограммного распределения, эмпирической и теоретической кривых распределения (рис. 1.4).
- 6 Выводы (соответствие полученного распределения закону нормального распределения, величина погрешности обработки при установке размера по лимбу станка).

Лабораторная работа 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: освоение методов исследования погрешностей обработки при шлифовании плоских поверхностей деталей.

Методические указания

Шлифование наружных плоскостей корпусных деталей применяется, в основном, как окончательная отделочная обработка для повышения чистоты и точности обрабатываемых поверхностей. Шлифование выполняется на плоскошлифовальных станках с прямолинейным или круглым столами. Станки с круглым столом обеспечивают более высокую производительность в связи с непрерывностью процесса шлифования. Шлифование плоских поверхностей выполняется периферией плоского круга, торцом чашечного круга или торцовой поверхностью сегментного круга. Сборочные сегментные круги применяются для обдирочного шлифования наружных плоскостей. Припуск, снимаемый за один рабочий ход может составлять при этом до 4 мм [1].

При абразивной обработке на точность влияет размерный износ шлифовального круга и случайные погрешности в результате действия большого количества несвязанных между собой факторов. Случайные погрешности вызывают рассеяния размеров в партии деталей, обработанных при одних и тех же условиях. В результате размерного износа шлифовального круга происходит смещение центра группирования размеров деталей и смещение уровня настройки станка. Поле рассеяния размеров деталей при обработке на шлифовальном станке

$$\omega = 6\sigma + \Delta_{\text{см}}, \quad (2.1)$$

где σ – среднее квадратичное отклонение размеров при обработке деталей, зависящее от случайных факторов; $\Delta_{\text{см}}$ – смещение уровня настройки станка (смещение центра группирования размеров) вследствие влияния систематических факторов.

Среднее квадратичное отклонение размеров для партии заготовок определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (2.2)$$

где n – количество обрабатываемых заготовок в партии; x_i – текущее значение обрабатываемого размера; \bar{x} – центр группирования действительных размеров заготовок данной партии.

Смещение уровня настройки, обусловленное износом шлифовального круга (мкм), определяют по формуле

$$\Delta_{\text{см}} = \Delta_{\text{и}} = \frac{u_0 l}{1000}, \quad (2.3)$$

где u_0 – относительный износ шлифовального круга (0,03 ... 0,04 мкм/км); l – путь резания, м.

Путь резания

$$l = \frac{\pi D_k n_k B z n}{1000 n_c S_n t}, \quad (2.4)$$

где D_k – диаметр шлифовального круга, мм; n_k – частота вращения шлифовального круга, мин^{-1} ; B – ширина шлифования, мм; z – припуск на сторону, мм; n – количество деталей в настроечной партии, шт/; n_c – число двойных ходов стола, дв.х./мин; S_n – подача круга на один двойной ход стола, мм/дв.х.; t – глубина шлифования, мм.

Фактическая суммарная погрешность при обработке партии заготовок ω_i , определенная опытно-статистическим методом, представляет собой сумму поля рассеивания и смещение настройки вследствие износа шлифовального круга

$$\omega_i = 6\sigma_i + \Delta_{\text{см}i}, \quad (2.5)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots$ – номер выборки; ω_i – фактическая суммарная погрешность i -й выборки; σ_i – среднее квадратичное отклонение i -й выборки; $\Delta_{\text{см}i}$ – фактическое смещение центра настройки станка на размер i -й выборки.

Фактическое смещение центра настройки станка на размер

$$\Delta_{\text{см}i} = \bar{x}_{i+1} - \bar{x}_i. \quad (2.6)$$

Центр группирования действительных размеров заготовок в каждой выборке

$$\bar{x} = \sum_1^k x_k, \quad (2.7)$$

где x_k – текущее значение обрабатываемого размера в каждой выборке; k – количество обрабатываемых деталей в выборке.

Среднее квадратичное отклонение размеров в i -й выборке

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_1^k (x_k - \bar{x})^2 / (k - 1)}, \quad (2.8)$$

где k – количество действительных размеров в выборке.

Оборудование, приборы, инструмент

Для проведения лабораторной работы используется плоско-шлифовальный станок модели 3Г71 с прямоугольным столом 5 (рис. 2.1), совершающим возвратно-поступательное перемещение от гидроцилиндра, расположенного в станине. Закрепление обрабатываемых деталей производится с помощью магнитной плиты 12, присоединяемой винтами к столу. На станине смонтирована стойка 9, несущая шлифовальную бабку 10 с горизонтальным шпинделем шлифовального круга 11, закрытого кожухом 7. От механизма подач, встроенного в станину, шлифовальной бабке сообщаются поперечная подача (после каждого рабочего хода стола) и вертикальная подача (после каждого рабочего хода по снятию припуска со всей обработанной поверхности деталей). Шпиндель получает вращение от электродвигателя, встроенного в шлифовальную бабку. Работа механизмов подач осуществляется от гидроцилиндров, в которые поступает масло от гидростанции 13, управляемой от панели 2.

Ручное перемещение стола (в продольном направлении) осуществляется маховиком 3, а шлифовальной бабки (в вертикальном) – маховиком 8.

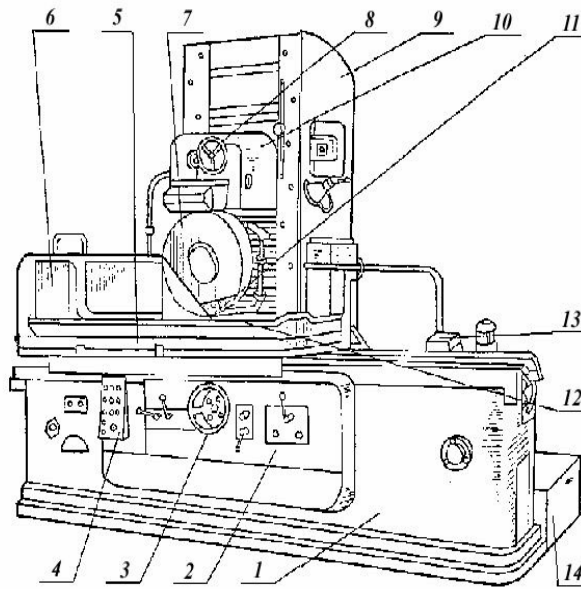


Рис. 2.1 Плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом

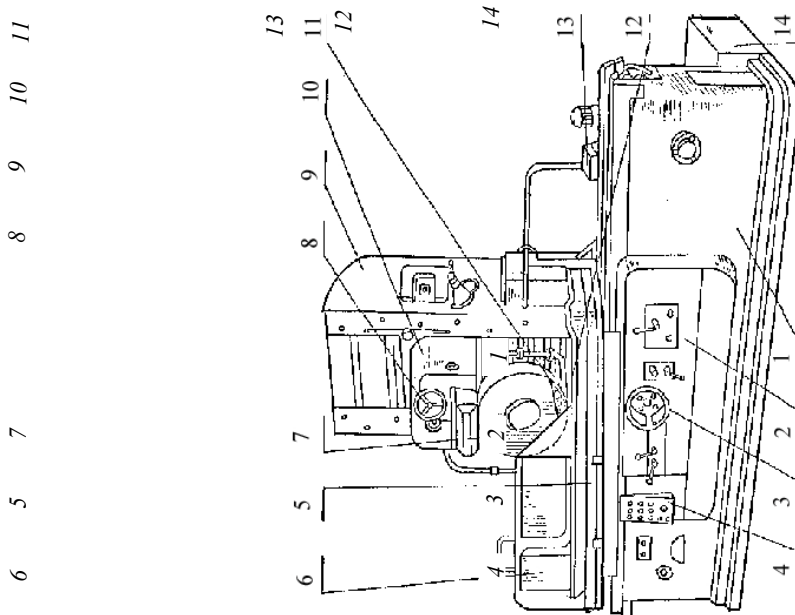


Рис. 2.1 Плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом

Подача СОЖ обеспечивается от бачка с насосом 14. Во время работы магнитная плита с обрабатываемой деталью закрывается кожухом 5. Включение и выключение станка производится с пульта управления 4.

Для обработки на шлифовальном станке используется комплект из 16 заготовок с размерами 40×60 мм. Измерение обработанных деталей выполняется микрометром с точностью 0,01 мм.

Порядок выполнения работы

1 Подготовка

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, оборудованием, приборами, инструментом, содержанием отчета.
- 2 Получить у учебного мастера образцы для выполнения работы, микрометр.
- 3 По формулам (2.4) рассчитать путь резания l , необходимый для обработки шестнадцати пластин.

4 Рассчитать погрешность обработки, обусловленную износом шлифовального круга по формуле (2.3).

5 Назначить режим шлифования: глубину шлифования $t = 0,02 \dots 0,04$ мм; скорость продольного перемещения стола $v_{\text{поп}} = 8 \dots 12$ м/мин; поперечную подачу за каждый ход стола $S_{\text{п}} = 1 \dots 4$ мм. Результаты расчетов п. 3, 4, 5 занести в табл. 2.1.

2 Проведение эксперимента

1 Установить на электромагнитной плите заготовки в соответствии со схемой, показанной на рис. 2.2.

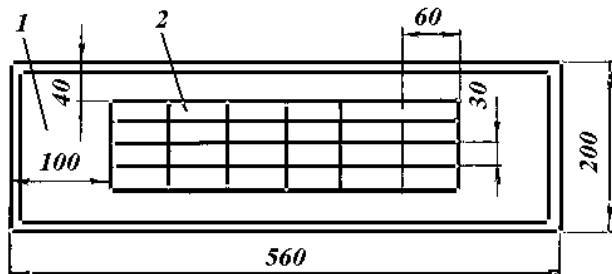


Рис. 2.2 Схема расположения заготовок на магнитной плите плоскошлифовального станка:

1 – электромагнитный стол; 2 – заготовка
2 Настроить плоскошлифовальный станок на заданный размер по первой заготовке.

3 Установить режим шлифования – глубину шлифования, скорость продольного перемещения стола, поперечную подачу за один двойной ход стола.

4 Прошлифовать в один проход все заготовки на заданном режиме (выполняет учебный мастер).

5 Измерить обработанные детали по рядам: 1-й ряд – 1-я выборка; 2-й ряд – 2-я выборка и т.д. Результаты измерений занести в табл. 2.1.

2.1 Результаты измерения и расчетов пути резанья, погрешности обработки и режимов резанья

Номер детали в ряду	Результаты измерения размеров деталей. Номер выборки				Путь резанья L , погрешность обработки ΔU и режима резанья				
	1	2	3	4	L , м	ΔU , мкм	t , мм	$V_{\text{поп}}$, м/мин	$S_{\text{п}}$, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3 Обработка экспериментальных данных

1 Рассчитать поле рассеивания размеров ω , обусловленное случайными факторами и износом шлифовального круга по формулам (2.1) – (2.4).

2 Рассчитать для каждой выборки \bar{x} и σ_i по формулам (2.7) и (2.8).

3 Рассчитать фактическое смещение центра настройки станка $\Delta_{\text{см}}$ для каждой выборки по формуле (2.6).

4 Определить фактическую суммарную погрешность обработки для каждой выборки по формуле (2.5).

5 Определить соотношение между теоретическим и экспериментальным смещениями уровня настройки по формуле

$$p = \frac{\Delta_u}{\Delta_{\text{см}}} 100 \%$$

Результаты расчетов п. 1 – 5 занести в табл. 2.2.

2.2 Результаты расчетов фактической суммарной погрешности обработки деталей

Номер выборки (ряда) Центр группирова- ния разме- ров У, мм	Среднее квадратиче- ское	Смещение центра настройки	погреш- ность обра- ботки	$p = \frac{\Delta u}{\Delta_{cm_i}} 100 \%$
--	--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---

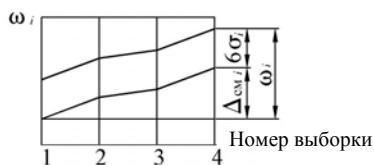


Рис. 2.3 Пример построения диаграммы точности обра-

6 Построить диаграмму точности обработки. Пример построения диаграммы точности приведен на рис. 2.3.

7 Анализ результатов расчетов.

8 Составить отчет по работе.

Содержание отчета

- 1 Название работы.
- 2 Содержание задания и характеристика лабораторного оборудования.
- 3 Схема установки заготовок на станке.
- 4 Режим обработки.
- 5 Определение погрешности обработки расчетно-аналитическим методом.
- 6 Результаты измерения размеров обработанных деталей и заполнение табл. 2.1.
- 7 Определение фактической суммарной погрешности обработки для выборок – определение \bar{x} , σ_i , Δ_{cm_i} , ω_i , p и заполнение табл. 2.2.
- 8 Диаграмма точности обработки деталей.
- 9 Выводы.

Лабораторная работа 3

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК МЕТОДОМ ВЫБОРОК

Цель работы: практическое освоение методов статистического регулирования операций технологического процесса механической обработки деталей.

Методические указания

Под статистическим регулированием технологического процесса механической обработки деталей понимается корректировка параметров процесса в ходе его выполнения для обеспечения требуемого качества изготавливаемых деталей и предупреждения брака с помощью выборочного контроля. Для статистического регулирования процесса применяются методы: 1) медиан и индивидуальных значений; 2) средних арифметических значений и размахов.

Метод медиан и индивидуальных значений (\bar{X} , \bar{X}_i)

Метод заключается в том, что из потока обрабатываемых заготовок через определенные промежутки времени периодически отбирают выборку объемом 3 ... 10 единиц. Период отбора выборок зависит от производительности и стабильности процессов. Определение периода отбора выборок производится опытным путем с учетом продолжительности цикла между двумя разладками процесса. Практически период отбора выборок устанавливается в 1 ... 2 часа. Регулируемые и проверяемые параметры измеряют шкальным инструментом (микрометром и др.) и результаты контроля заносят в контрольную карту.

Контрольная карта и пример ее заполнения показаны на рис. 3.1. Карта имеет две внешние сплошные горизонтальные линии, ограничивающие поле допуска – T_v и T_n , и четыре предупредительные: две P_v и P_n , являющиеся границами для регулирования медиан, и две $P_{v,p}$ и $P_{n,p}$, являющиеся границами для регулирования крайних значений данной выборки.

Положение контрольных границ P_v , P_n , $P_{v,p}$ и $P_{n,p}$ определяется по формулам:

$$P_v = T_v - 0,4A; \quad (3.1)$$

$$P_n = T_n + 0,4A; \quad (3.2)$$

$$P_{v,p} = T_v - 0,5C; \quad (3.3)$$

$$P_{n,p} = T_n + 0,5C; \quad (3.4)$$

где A и C – коэффициенты, зависящие от объема (n) выборок или проб (табл. 3.1); T_v и T_n – верхний и нижний пределы для допуска.

Далее значения медиан (\bar{X}) и крайних индивидуальных значений (\bar{X}_i) наносятся на карту статистического регулирования по каждой вы-



Рис. 3.1 Пример заполнения контрольной карты статистического регулирования методом медиан и индивидуальных значений

Таблица 3.1

Объем выборки	A	B	C
3	0,4 2	1,4 5	0,2 8
5	0,5 5	1,6 3	0,1 8
7	0,6 2	1,7 2	0,1 4
9	0,6 7	1,7 8	0,1 0

борке в последовательности их взятия. Медианой X называется среднее значение упорядоченного по возрастанию или убыванию ряда чисел.

Результаты замеров наносятся на карту в виде точек, медианы отмечаются крестиками. Протекание процесса считается удовлетворительным, если X не выходят за границы P_v и P_n , а крайние значения выборок за границы $P_{v,p}$ и $P_{n,p}$. Изготовленную между двумя выборками (данной и предыдущей) продукцию можно принимать без дополнительного контроля. При выходе точек за границы регулирования процесс считается неудовлетворительным, на карте делается сигнал предупреждения в виде стрелки (\downarrow), устраняется причина, вызвавшая нарушение нормального хода процесса, а продукция, изготовленная между выборками, подлежит сплошному контролю.

Метод средних арифметических значений и размахов (\bar{X}, R)

Объем выборки при этом методе составляет 3 ... 10 единиц. Статистическими характеристиками являются среднее арифметическое значение X и размах распределения R данной выборки. Среднее арифметическое значение

$$\bar{X} = \sum_1^n X_i / n, \quad (3.5)$$

где X_i – результат замера контролируемого параметра; n – число замеров в выборке.

Размах распределения данной выборки

$$R = X_{\max} - X_{\min}, \quad (3.6)$$

где X_{\max} и X_{\min} – наибольшее и наименьшее значения в выборке.

После взятия выборки и измерения размеров производятся вычисления средних арифметических и размахов и соответствующие этим значениям точки наносятся на контрольную карту. Контрольная карта ($\bar{X}-R$) состоит из двух диаграмм: диаграммы средних арифметических значений и диаграмм размахов (рис. 3.2).

На диаграмму средних арифметических наносятся линии T_B и T_H пределов допуска и контрольные границы (линии предупреждения) P_B и P_H для допускаемых средних арифметических.

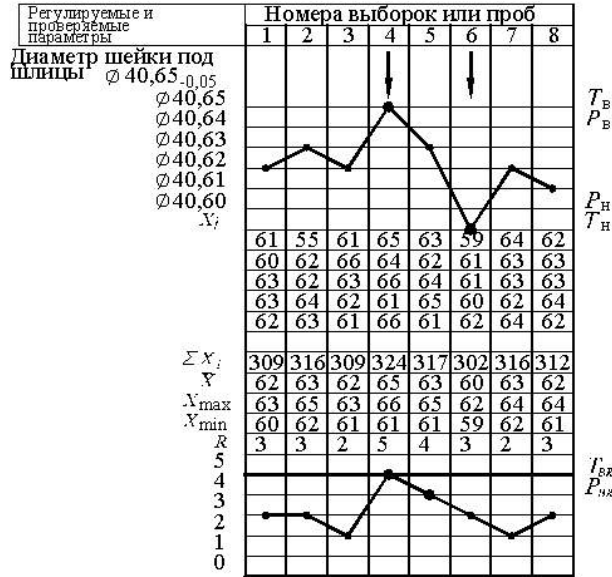


Рис. 3.2 Пример заполнения контрольной карты статистического регулирования методом средних арифметических значений и размахов (\bar{x}, R)

Между диаграммами оставляется место для записей значений показателей качества выборок X_i ; суммы значений ΣX_i ; средних арифметических значений \bar{X} ; наибольших X_{\max} и наименьших X_{\min} значений показателей качества и значений размаха варьирования в выборках. В нижней части карты наносятся три границы: верхнего предела допуска T_{BR} , нижней границы размахов, обычно принимаемой равной нулю, и верхней границы регулирования размахов P_{BR} .

Границы регулирования P_B и P_H диаграммы средних арифметических значений выборок для значений показателей качества по закону Гаусса вычисляются по формулам:

$$P_B = T_B - 0,5A\delta; \quad (3.7)$$

$$P_H = T_H + 0,5A\delta, \quad (3.8)$$

где δ – допуск; A – коэффициент, зависящий от объема выборки (табл. 3.1).

Границу для размахов определяют по формуле

$$P = 0,5B\delta, \quad (3.9)$$

где B – коэффициент, зависящий от объема выборки (табл. 3.1).

При удовлетворительном протекании процесса средние арифметические значения X выборок не должны выходить за границы регулирования P_H и P_B , а размахи R за границу P_{BR} . Линия, соединяющая точки средних арифметических значений выборок, отражает динамику изменения уровня настройки процесса, а линия, соединяющая точки размахов выборок – динамику изменения точности процесса. Выход средних арифметических и (или) размахов выборок за границы регулирования сигнализирует о нарушении нормального хода процесса и возможном возникновении брака.

Приспособление для замеров контролируемого параметра деталей представлено на рис. 3.3. Приспособление состоит из корпуса 1, двух магазинов-накопителей 2 и 3. Заготовки из магазина 2 поштучно выталкивателем 4 по направляющим корпуса 1 подаются в зону измерения. Для точной установки заготовки и ее центрирования в зоне измерения используют два фиксатора-шарика 5, установленных в направляющих корпуса. Измерение высоты колец производится индикатором 6 часового типа с точностью отсчета $\pm 0,002$ мм.

Установка «нуля» индикатора производится специальным устройством, смонтированным в стойке 7.

После измерения заготовка по направляющим перемещается выталкивателем 4 до упора во втулку 8 и заталкивателем 9 подается в магазин-накопитель 3. Для удержания заготовок в накопителе используются три шариковых фиксатора 11. Для выполнения следующей серии опытов необходимо поменять местами накопители 2 и 3. В качестве заготовок используются кольца 10 с размерами: высота кольца

$$h = 8,42_{-0,045}^{+0,025}$$

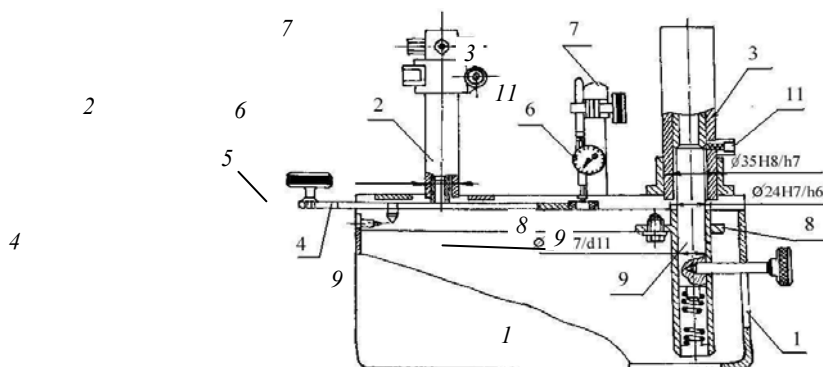


Рис. 3.3 Приспособление для измерения толщины колец
Порядок выполнения работы

1 Подготовка

1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, оборудованием, приборами, инструментом, содержанием отчета.

2 Вычертить эскиз обработанной детали с указанием параметра точности, подлежащего статистическому регулированию, таблицу для результатов измерений толщины колец (табл. 3.2), две контрольные карты (рис. 3.1 и 3.2) на десять выборок.

3. Рассчитать по формулам (3.1 – 3.8) предупредительные линии P_v , P_n , P_{vR} , T_{vR} , соответствующие T_v и T_n и нанести их на карты.

2 Проведение эксперимента

- 1 Загрузить кольца в магазин-накопитель 2 приспособления в требуемой последовательности.
- 2 Установить магазин-накопитель в приспособление и закрепить.
- 3 Установить по эталону индикатор для изменения толщины кольца абсолютным методом.
- 4 Сделать замеры толщины колец по всем десяти выборкам комплекта последовательно. Результаты измерений занести в табл. 3.1.

3 Обработка экспериментальных данных

- 1 Вычислить медианы (X) и индивидуальные значения выборок (X_i).

2 Для всех выборок рассчитать средние арифметические значения X по формуле (3.5), наибольшие и наименьшие значения показателей качества (X_{\max} и X_{\min}) и значения размахов варьирования (R) в выборках по формуле (3.6).

3 Нанести на картах соответственно выбранному методу точки по каждой выборке.

4 Дать анализ хода технологического процесса по всем выборкам.

5 Рассчитать технологическое поле допуска (или поле рассеяния) по формуле:

$$\delta_m = 6\sigma V \sqrt{\frac{\sum_1^k (X_i - X_0)^2}{n}},$$

где X_0 – среднее арифметическое значение контролируемого параметра. Определяется X_0 из выражения $X_0 = \frac{\sum_1^m \bar{X}}{m}$, где m – число выборок или проб; X – среднее арифметическое значение по каждой выборке.

6 Вычислить показатель точности технологической операции $K_T = 6G/\delta$, где δ – допуск на толщину кольца. Если $K_T = 0,75; 0,85$, то точность процесса считается удовлетворительной.

7 Составить отчет.

Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Эскиз обработки детали.
- 3 Схема замеров.
- 4 Карты статистического регулирования методами: а) медиан и индивидуальных значений; б) средних арифметических размахов.
- 5 Протокол измерений (табл. 3.2).

3.2 Результаты измерений толщины колец

Объем выборки	Размер толщины колец									
	Номер выборок или проб									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

6 Расчет границ регулирования:

а) по методу медиан и индивидуальных значений: $P_v, P_n, P_{v,p}, P_{n,p}$;

б) по методу средних арифметических значений и размахов: P, P_n, P_v .

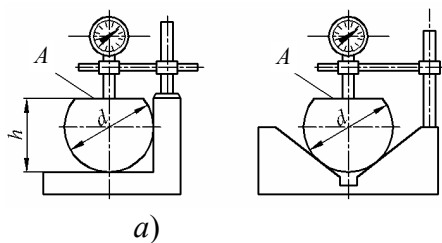
7 Расчет технологического поля допуска и вычисление показателя точности операции механической обработки.

8 Выводы.

1.2 ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ БАЗИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ УСТАНОВОК

Обеспечение заданной точности механической обработки с использованием приспособлений в значительной мере зависит от выбора технологических баз и схемы установки заготовок (ГОСТ 21495-76). Обработку заготовок в приспособлениях на предварительно настроенных станках (способ автоматического получения размеров) исключает разметку заготовок и последующую выверку их положения на станке. Однако при этом возникает погрешность установки заготовки, представляющая собой отклонение фактически достигнутого положения от требуемого.

Для оценки ожидаемой точности обработки необходимо проводить исследования и расчеты: 1) погрешностей базирования в зависимости от принятой схемы установки заготовки в приспособлении; 2) погрешностей закрепления в зависимости от непостоянства сил зажима, неоднородности, шероховатости и волнистости поверхностей заготовок, износа установочных элементов приспособлений.



б)
Рис. 4.2 Схемы измерения

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ В ПРИЗМЕ

Цель работы: установить влияние погрешности заготовки и угла призмы на точность базирования и анализ путей уменьшения погрешностей.

Методические указания

Погрешность базирования представляет собой разность предельных расстояний от измерительной базы заготовки до установленного на размер инструмента. Погрешность базирования цилиндрической детали в призме при обработке партии заготовок зависит от получаемого размера h_1 , h_2 или h_3 (рис. 4.1) и определяется формулами:

$$\varepsilon\delta h_1 = \delta_\alpha(1/\sin 0,5\alpha + 1)/2; \quad \varepsilon\delta h_2 = \delta_\alpha/2\sin 0,5\alpha; \quad \varepsilon\delta h_3 = \delta_\alpha(1/\sin 0,5\alpha - 1)/2,$$

где δ_α – допуск на диаметр вала, α – угол призмы.

Из формул видно, что погрешность базирования для размеров h_1 , h_2 , h_3 можно уменьшить путем уменьшения допуска на диаметр заготовки и увеличения угла α призмы.

Поле рассеивания ω размера h_3 определяется суммой погрешностей, зависящей от метода и условий обработки детали, $\omega = \sum_1^n \varepsilon_i$, где ε_i – погрешности, определяемые методом и условиями обработки.

Погрешности базирования $\varepsilon_i\delta_n$ при обработке нескольких партий одинаковых деталей на одном и том же станке при постоянных условиях обработки, на различных схемах базирования, будут разными.

Уравнение для определения погрешностей базирования при получении размера h_3 с учетом рассеивания размера имеет вид

$$\varepsilon\delta\omega = \omega_i - \omega h_3, \quad (4.1)$$

где ω_i – поле рассеивания размера для i -й схемы базирования (в призмах с углом $\alpha = 60, 90$ и 120°); ωh_3 – поле рассеивания размера для принятой схемы базирования (в призме с углом $\alpha = 180^\circ$).

Распределение размеров деталей, обработанных на настроенных станках (по методу автоматического получения размера) происходит по нормальному закону (4.1). Используя закон нормального распределения, поле рассеивания размеров для i -й схемы базирования можно охарактеризовать величиной 6σ . Погрешность базирования при получении размера h_3 с учетом рассеивания размера можно определить по формуле:

$$\varepsilon\delta_i = 6\sigma_i - 6\sigma h_3 = 6(\sigma_i - \sigma h_3), \quad (4.2)$$

где $6\sigma_i$ – поле рассеивания размера для i -й схемы базирования (в призмах с углом $\alpha = 60, 90$ и 120°); $6\sigma h_3$ – поле рассеивания размера для принятой схемы базирования (в призме с углом $\alpha = 180^\circ$).

Определение среднего квадратичного отклонения производят по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x}_0)^2}{n}}, \quad (4.3)$$

где n – количество произведенных измерений; x_i – значения текущих результатов отклонений поверхности A (рис. 4.2); \bar{x}_0 – среднее арифметическое из произведенных измерений отклонений поверхности A , определяется как:

$$\bar{x}_0 = (\sum_1^n x_i)/n. \quad (4.4)$$

Оборудование, приборы, инструмент

Для проведения лабораторной работы используется экспериментальная установка, состоящая из плоскости и трех призм с углами 60, 90 и 120°, оснащенная индикаторными устройствами для измерения размера h_3 . Схема измерения представлена на рис. 4.2. Измерение диаметра деталей выполняется микрометром с точностью 0,01 мм. Настройка индикаторов на нулевые значения производится по эталону. Цена деления индикаторов должна составлять 0,002 мм.

Порядок выполнения работы

1 Подготовка

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, оборудованием, приборами, инструментом, содержанием отчета.
- 2 Получить у лаборанта образцы для выполнения работы.
- 3 Настроить индикаторы на нулевые значения по эталону.
- 4 Рассчитать погрешность базирования по размеру h_3 по формуле (4.3) при установке цилиндрической детали в призмах с углами 60, 90 и 120°.

2 Проведение эксперимента

- 1 Выполнить измерения диаметра d всех деталей.
- 2 Произвести измерения размера h_3 при установке детали цилиндрической поверхности на плоскость.
- 3 То же при установке в призмы с углами 60, 90 и 120°.
- 4 Результаты измерений занести в табл. 4.1.

3 Обработка результатов эксперимента

- 1 Определить поле рассеивания диаметра деталей
$$\omega_d = d_{\max} - d_{\min}.$$
- 2 Определить поле рассеивания размера h_3 для $\alpha = 60; 90; 120$ и 180° .

$$\omega h_3 = \delta h_{3 \max} - \delta h_{3 \min},$$

где $\delta h_{3 \max}$ и $\delta h_{3 \min}$ – наибольшее и наименьшее отклонения поверхности A при базировании.

- 3 Определить показатель рассеивания диаметра детали $K_p = \omega d / \delta \alpha$.
- 4 Определить погрешности базирования при установке детали в призмы с углами 60, 90 и 120° по формуле (4.1).
- 5 Определить среднее арифметическое для полученных результатов отклонений поверхности A при базировании на плоскость и в призмы по формуле (4.4).
- 6 Определить среднее квадратичное значение полученных результатов отклонений положения поверхности A при базировании на плоскость и в призмы по формуле (4.3).
- 7 Определить поля рассеивания размера h_3 при установке на плоскость и в призмы как произведение 6σ .
- 8 Определить погрешности базирования при установке деталей в призмы с углами 60, 90 и 120° по формуле (4.2).
- 9 Построить графики зависимости погрешности базирования от угла призмы по расчетным и экспериментальным данным.
- 10 Выводы.
- 11 Составить отчет по работе.

Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Принципиальная схема образования погрешности базирования.

- 3 Содержание задания и лабораторное оборудование.
- 4 Эскиз детали с указанием размеров.
- 5 Схемы измерения отклонения поверхности A при установке на плоскость и в призму.
- 6 Расчет погрешности базирования по размеру h_3 при установке детали в призму.
- 7 Результаты измерения диаметра деталей, размера h_3 и заполнение табл. 4.1.
- 8 Расчет показателя рассеивания.
- 9 Определение погрешности базирования по результатам измерений и заполнение табл. 4.2 и 4.3.
- 10 График зависимости погрешностей базирования от угла призмы по расчетным и экспериментальным данным.
- 11 Выводы.

4.1 Результаты измерений

Номер детали	Отклонение диаметра от номинального значения	Отклонение положения δh_3 поверхности A при базировании, мм			
		на плоскость	в призме		
		$\alpha = 180^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 120^\circ$

4.2 Расчетные и измеренные параметры

Расчетные и измеренные параметры угла призмы, α	Поле рассеивания диаметра ω_α , мм	Поле рассеивания размера ωh_3	Погрешность базирования, расчетная, $\varepsilon \delta \omega$	Погрешность базирования, измеренная, $\varepsilon \delta \omega$	Показатель рассеивания диаметра, K_p
--	--	---------------------------------------	---	--	--

4.3 Расчетные и измеренные параметры

Расчетные и измеренные параметры	Среднее арифметическое отклонение размера X_0 , мм	Средние квадратичные отклонения размера σ , мм	Погрешности базирования $\varepsilon \sigma = 6(\sigma_i - \sigma h_3)$
Угол призмы, α			

Лабораторная работа 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПО ДВУМ ОТВЕРСТИЯМ И ПЛОСКОСТИ

Цель работы: изучение факторов, влияющих на точность базирования корпусных деталей по двум отверстиям и плоскости.

При обработке заготовок плит, рам, станин, корпусных и других деталей применяют установку на два отверстия с параллельными осями и перпендикулярную им плоскость. Принципиальная схема базирования показана на рис. 5.1, а.

Как известно, при базировании двух заготовок по двум отверстиям с параллельными осями возникает опасность заклинивания заготовок из-за отклонения в размерах межосевых расстояний отверстий и пальцев.

Наличие допуска на расстояние между осями базовых отверстий приводит к тому, что одно из отверстий (например, правое, рис. 5.1, б) может занять при установке партии заготовок два предельных положения, образованных двумя окружностями (рис. 5.1 а, в). Если правый палец взять круглого сечения, то его диаметр должен быть равным $d_0 - \delta_0$. В этом случае возможно отклонение заготовки от среднего положения на размер $\pm \sigma_0 / 2$.

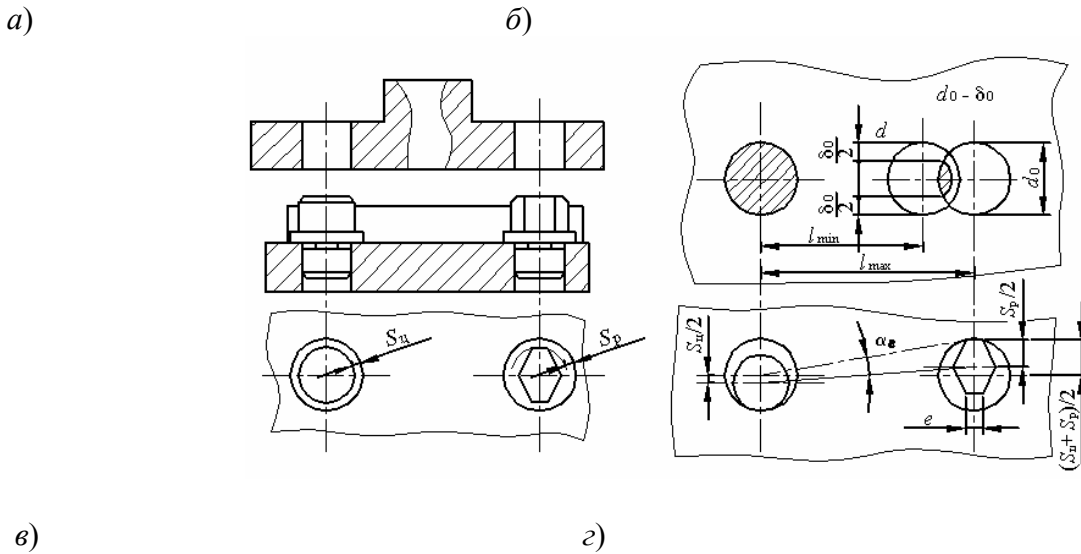


Рис. 5.1 Схема базирования детали на плоскость и два пальца

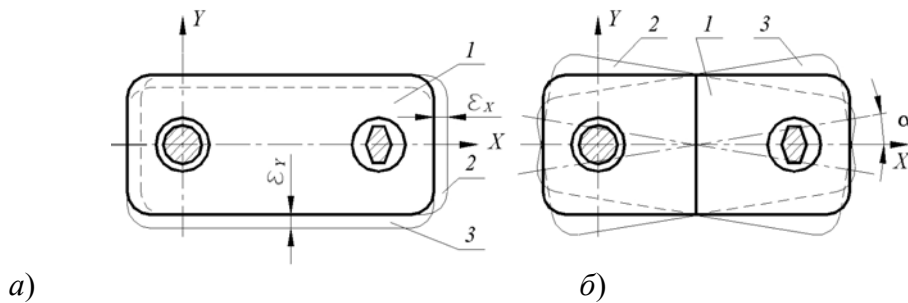


Рис. 5.2 Погрешности базирования на плоскость и два отверстия

Для устранения опасности заклинивания и уменьшения возможного отклонения заготовки один палец выполняют цилиндрическим, а другой срезанным (ромбическим). Покачивание заготовки на цилиндрическом пальце при этом равно:

$$\pm \left[d_0 / 2 - \sqrt{(d_0 / 2)^2 - (\delta_0 / 2)^2} \right]. \quad (5.1)$$

Условия установки заготовки на два отверстия без заклинивания определяются уравнением:

$$\delta_0 + \delta_n \leq S_{u \min} + d_p S_{p \min} / l, \quad (5.2)$$

где δ_0 , δ_p – допускаемые отклонения межосевых расстояний отверстий и пальцев; $S_{ц\ min}$ и $S_{p\ min}$ – минимальные зазоры в сопряжениях цилиндрического и ромбического пальцев; l – ширина ленточки ромбического пальца (рис. 5.1, в, з).

Погрешность базирования заготовок на плоскость и два отверстия (рис. 5.2, а) в плоскости базы (горизонтальная плоскость) выражается в их смещении ($\varepsilon\delta$) из среднего (номинального) положения 1 в положение 2 или 3.

Смещение в направлении осей координат:

$$\varepsilon\delta_x = \varepsilon\delta_{ц} = \pm(S_{\max}/2). \quad (5.3)$$

При угловом смещении (повороте) заготовки в случае выбора зазоров (S) в сопряжениях базовых отверстий погрешность, отнесенная к точкам центров (рис. 5.2, б) базовых отверстий определяется значением угла $\pm\alpha_\varepsilon$:

$$\varepsilon\delta\alpha_\varepsilon = \sin\alpha_\varepsilon = (S_{ц\max} + S_{p\max})/2l \quad (5.4)$$

или
$$\alpha_\varepsilon = \arcsin(S_{ц\max} + S_{p\max})/2l. \quad (5.5)$$

Как видно из формул, с увеличением расстояния между осями базовых отверстий угловое смещение заготовки при ее установке на пальцы уменьшается. Поэтому в качестве базовых следует выбирать отверстия, расположенные на возможно большем расстоянии друг от друга.

Оборудование, приборы, инструмент

Экспериментальное приспособление представлено на рис. 5.3.

Приспособление состоит из корпуса 1, плиты 2, прижимных винтов 3. В комплект приспособления входит набор установочных цилиндрических 4 и ромбических 5 пальцев, индикатор часового типа (ИЧ. ГОСТ 577–68) 6 с ценой деления 0,002 мм, микрометр типа МК с пределом измерения 0 ... 25 мм, нутромер индикаторный (ГОСТ 9244–75) с ценой деления 0,002 мм.

Порядок выполнения работы

1 Подготовка

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, оборудованием, приборами, инструментом, содержанием отчета.
- 2 Получить задание и установочные пальцы.
- 3 Определить с помощью микрометра диаметры установочных пальцев.
- 4 Определить с помощью нутромера диаметры базовых отверстий в заготовке в соответствии с заданием.
- 5 Рассчитать зазоры в сопряжениях базовых отверстий с пальцами $S_{ц} = d_{0ц} - d_{ц}$, $S_{p} = d_{0p} - d_p$, где $d_{0ц}$, d_{0p} – диаметры отверстий под цилиндрический и ромбический пальцы.
- 6 Рассчитать по формуле (5.4) угловое смещение (поворот) заготовки.
- 7 Рассчитать возможный поворот на длине l' заготовки:

$$\Delta n_{e'} = \sin\alpha_\varepsilon l',$$

где l' – расстояние от центра базирующего по цилиндрическому пальцу отверстия до основания перпендикуляра, опущенного из точки контакта ножки индикатора с заготовкой на общую ось базовых отверстий. Значения l' для каждой пары отверстий устанавливаются путем замеров.

П р и м е ч а н и е. Для сопоставления значений поворота заготовки, установленной по отверстиям с различными межосевыми расстояниями, поворот ее определяют на 100 мм длины по формулам

$$\Delta n_{100} = 100\Delta n_{e'}/l'; \quad \Delta n_{100} = 100\sin\alpha_\varepsilon. \quad (5.6)$$

2 Проведение эксперимента

- 1 Установить пальцы в отверстия корпуса.
- 2 Установить заготовку на пальцы приспособления.
- 3 Винтами 3 повернуть заготовку. Записать показания индикатора n .
- 4 Ослабить винты 3, повернуть заготовку в противоположную сторону при помощи другой пары

винтов. Записать показания индикатора m .

5 Аналогично п. 1 – 4 выполнить опыты двух других установок.

3 Обработка экспериментальных данных

1 Вычислить действительный поворот Δng заготовки:

$$\Delta ng = (m - n) / 2.$$

2 Привести действительный поворот заготовки к длине 100 мм по формуле (5.6).

3 Определить действительный угол поворота заготовки:

$$\alpha_{\varepsilon_g} = \arcsin(\Delta ng_{100}) / l'.$$

4 Построить график зависимости угла поворота заготовки от межосевого расстояния базовых отверстий: $\alpha_{\varepsilon} = f(l')$.

5 Анализ результатов расчетов и практических измерений наибольшего угла поворота.

6 Составить отчет.

Содержание отчета

1 Название и цель работы.

2 Принципиальная схема базирования.

3 Содержание задания и лабораторное оборудование.

4 Схема установки детали в приспособление и измерение поворота.

5 Определение зазоров в сопряжениях базовых отверстий с пальцами.

6 Определение смещения заготовки расчетным и экспериментальным путем и заполнение табл. 5.1.

7 График зависимости углового смещения заготовки от межосевого расстояния базовых отверстий $\alpha_{\varepsilon} = f(e')$.

8 Выводы.

5.1 Результаты измерения углов поворота

Результаты измерения и расчетов										Результаты, полученные экспериментально				
l , мм	$d_{н1}$, мм	d_p , мм	$d_{от1}$, мм	$d_{ор}$, мм	$S_{н1}$, мм	S_p , мм	α_{Σ} , град	$\Delta nl'$, мм	$100\Delta nl'$, мм	n , мм	m , мм	Δng , мм	Δng_{100}	α_{ε_g} , град
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	1	1	1
												2	4	5

Лабораторная работа 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Цель работы: экспериментально установить влияние материала контактирующих поверхностей деталей и приспособления непостоянства усилия на погрешность закрепления.

Методические указания

Погрешностью закрепления ε_3 называется разность предельных расстояний от измерительной базы до установленного на размер инструмента в результате смещения обрабатываемых заготовок под дейст-

вию силы закрепления. Из рис. 6.1 видно, что погрешность закрепления равна

$$\varepsilon_3 = B_{\max} - B_{\min} = Y_{\max} - Y_{\min}, \quad (6.1)$$

где B_{\max} и B_{\min} – предельные расстояния от измерительной базы до инструмента, установленного на размер обработки B ; Y_{\max} и Y_{\min} – наибольшая и наименьшая величина смещения измерительной базы A для партии заготовок под действием зажимной силы F .

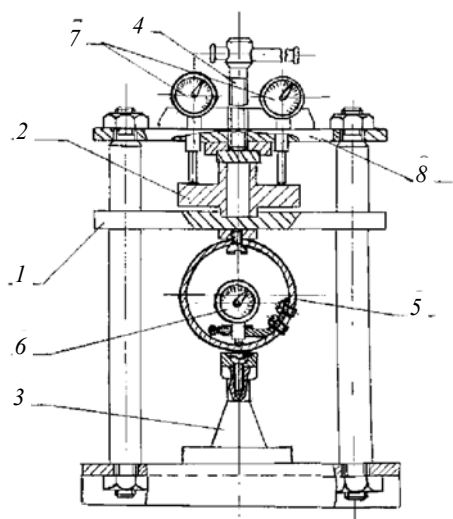
Под действием усилия зажима происходит смещение заготовки относительно режущего инструмента в направлении действия силы за счет контактной деформации в стыке – «заготовка – установочные элементы – корпус приспособления», неоднородности качества базовых поверхностей закрепляемых деталей, непостоянства усилия зажима, особенно при ручном закреплении.

Контактные деформации в стыке зависят от материала, микро- и макрогеометрии стыковых поверхностей, нагрузки, состояния поверхностного слоя заготовки (наличия литевой корки в отливках или обезуглероженного слоя в поковках), наличия смазки и т.д. Конструкция приспособления, размеры и конфигурация деталей, точность формы ее базовых поверхностей и другие факторы также определяют погрешность закрепления. Поэтому погрешности закрепления в большинстве случаев определяют экспериментально. На основании экспериментальных данных получена зависимость между нагрузкой и контактными деформациями в виде:

$$Y = CF^n, \quad (6.2)$$

где Y – величина контактных деформаций; F – величина нагрузки; n – показатель степени, зависящий от материала деталей и нагрузки, равный 0,3 ... 0,5; C – постоянный коэффициент, зависящий от вида контакта, материала заготовки, шероховатости и структуры ее поверхностного слоя.

Оборудование, приборы, инструмент



Для выполнения лабораторной работы используется экспериментальная установка, представляющая собой настольный пресс (рис. 6.2).

На траверсу 1 устанавливается заготовка 2. Давление создается гидравлическим домкратом 3 или винтом 4. Величину нагрузки контролируют по динамометру 5. Цена деления индикатора 6 динамометра соответствует нагрузке равной 80 Н. Контактные деформации измеряются по показаниям трех индикаторов 7, закрепленных в траверсе 8. Измерения величины деформации выполняют с точностью 0,001 ... 0,002 мм.

Порядок выполнения работы

1 Подготовка

Рис. 6.2 Схема установки для

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, оборудованием, инструментом, содержанием отчета.
- 2 Получить образцы для определения контактных деформаций.
- 3 Установить динамометр и образец в приспособлении.
- 4 Установить и закрепить индикаторы в верхнюю траверсу приспособления.
- 5 Отрегулировать положение индикаторов, чтобы был натяг 0,5 ... 1 мм. Настроить индикаторы на нулевое значение.

2 Проведение эксперимента

- 1 Нагрузить гидравлическим домкратом контактирующие стыки нагрузкой 20 ... 50 Н для выборки

зазоров и создания натяга в соединениях. Настроить индикаторы на нулевые значения.

2 Произвести последовательно нагружение гидравлическим домкратом стыков нагрузками от 1 до 11 кН через 2 кН. Записать показания индикаторов, регистрирующих величину контактных деформаций.

3 Произвести в обратном порядке разгрузку стыка. Результаты показаний индикаторов, регистрирующих величину контактных деформаций записать в табл. 6.1.

4 Пункты 1, 2, 3 повторить для образцов, изготовленных из разных материалов. Результаты замеров контактных деформаций записать в табл. 6.1.

5 Нагрузить гидравлическим домкратом контактирующие стыки нагрузкой 20 ... 50 Н для выборки зазоров и создания натяга в соединениях. Настроить индикаторы на нулевые значения.

6 Произвести 2-3 раза нагружение стыков вручную винтом пресса с усилием 5 ... 8 кН. Записать показания индикатора динамометра в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Материал образца	№ индикатора динамометра	№ закрепления образца	Показания индикаторов, мм				Показатель степени n	Коэффициент $C = Y / F^n$
			1	2	3	среднее		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

3 Обработка экспериментальных данных

1 Вычислить средние значения показаний трех индикаторов, регистрирующих величину контактных деформаций.

2 Построить для образцов, изготовленных из разных материалов, диаграммы нагрузка-деформация ($y = f(F)$) в логарифмических координатах и провести средние прямые.

3 На основании полученных в логарифмических координатах прямых определить показатели степени n , как тангенсы углов наклона прямых (рис. 6.3).

4 Путем подстановки в уравнение (6.2) экспериментальных значений Y , F и n определить коэффициент C для образцов, изготовленных из разных материалов.

5 По экспериментальным данным построить график $y = f(F)$ в декартовых координатах.

6 Определить поле рассеяния ΔF силы закрепления как разность между наибольшим и наименьшим значениями усилий закрепления при ручном зажиме $\Delta F = F_{\max} - F_{\min}$.

7 Показать на графике $y = f(F)$ деформации стыков Y_{\max} и Y_{\min} , соответствующие наибольшей и наименьшей нагрузке при ручном нагружении.

8 По формуле (6.1) рассчитать величину погрешности закрепления детали. Пример построения графика и определение погрешности закрепления показаны на рис. 6.4.

9 Анализ результатов экспериментов и расчетов.

10 Составить отчет.

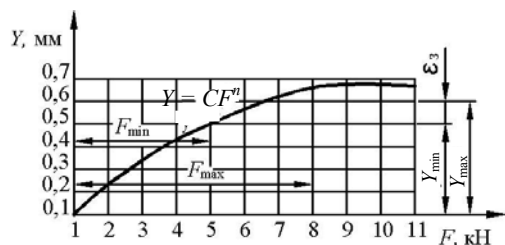


Рис. 6.4 Диаграмма нагрузка-перемещение для плоского станка

Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Схема для определения погрешности закрепления.
- 3 Схема установки для исследования погрешности закрепления детали.
- 4 Эскизы и материалы образцов.
- 5 Результаты измерения и заполнение табл. 6.1.

- 6 Построение диаграмм в логарифмических и обычных координатах.
- 7 Расчет показателя степени n и коэффициента C .
- 8 Построение диаграммы $y = f(F)$ в декартовых координатах.
- 9 Определение нагрузок при нагружении вручную и определение погрешности закрепления.
- 10 Заполнение табл. 6.2.
- 11 Выводы.

6.2 Измеренные и расчетные параметры погрешности закрепления образцов

Показатели индикатора динамометра при ручном закреплении	Усилие за-крепления, кгс		Деформа-ции сты-ка, мм		Погрешность закрепления ε_3 , мм
	F_{\max}	F_{\min}	Y_{\max}	Y_{\min}	
1	2	3	4	5	6

1.3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Механическая обработка заготовок на металлорежущих станках может быть разделена на три этапа – установка обрабатывания заготовок, статическая настройка технологической системы «станок – приспособление – инструмент – деталь», динамическая настройка технологической системы. В процессе выполнения каждого из этих этапов появляются погрешности, которые можно разделить на три группы: 1) погрешности установки заготовок; 2) погрешности настройки технологической системы; 3) погрешности, вызываемые непосредственно процессом обработки, к которым относятся: погрешности, вызываемые размерным износом режущих инструментов; погрешности, вызываемые упругими деформациями технологической системы под влиянием силы резания; погрешности обработки, возникающие вследствие геометрической неточности станка; погрешности обработки, вызываемые температурными деформациями технологической системы. При обработке на станках с ЧПУ дополнительно возникают погрешности позиционирования элементов системы и отработки программ управления. Суммарная погрешность отработки заготовок на настроенных станках определяют по уравнению

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \Delta_i^2 + \Delta_y^2 + 3\Delta_u^2 + 3\Delta_t^2 + \sum \Delta_{\text{по}}}$$

После определения суммарной погрешности Δ_{ε} проверяют условие обработки детали без брака

$$\Delta_{\varepsilon} \leq T_d,$$

где T_d – допуск на операционный размер.

Лабораторная работа 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАЗМЕРНОГО ИЗНОСА РЕЗЦА ОТ ПУТИ РЕЗАНИЯ

Цель работы: экспериментально установить закономерности износа резца от пути резания и режимов резания при токарной обработке заготовок на настроенных станках.

Методические указания

Во время резания происходит изнашивание режущего инструмента. На рис. 7.1 показаны наиболее часто встречающиеся виды изнашивания токарного резца.

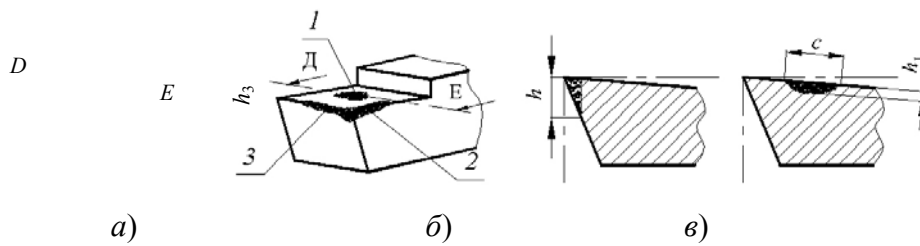


Рис. 7.1 Схема видов изнашивания режущего клина:

a – формы износа: 1 – лункообразный износ на передней грани; 2 – износ задней грани у главной режущей кромки; 3 – износ задней грани у вспомогательной режущей кромки; *б* – износ по задней грани в сечении *DE*; *в* – лункообразный износ в сечении *DE*; h_1 – глубина лунки; h_3 – площадка износа; c – ширина лунки

Режущий клин изнашивается по передней поверхности (лункообразный износ), по задней поверхности и вспомогательной задней поверхности. Два первых вида изнашивания принимаются в качестве критериев стойкости. Окислительный износ на вспомогательной задней поверхности имеет второстепенное значение.

Причинами изнашивания режущего инструмента являются: повреждение режущей кромки, происходящее вследствие механических и термических перенапряжений; адгезия (срез на местах схватывания под нагрузкой); диффузия; механическое изнашивание; тепловое изнашивание (угарание металла).

Повреждения режущей кромки такие, как сколы, продольные и поперечные трещины, наступают при механических или термических перегрузках. Большие силы резания вызывают сколы на режущей кромке или на вершине резца в том случае, когда угол клина или угол при вершине инструмента слишком мал, либо использован хрупкий режущий материал. Сколы могут быть вызваны прерывистым резанием, например, при обработке вязких материалов, когда образуется нарост на режущем клине резца.

Механическое (абразивное) изнашивание характеризуется отрывом частей режущего материала, которые уносятся под влиянием внешних сил. Причиной изнашивания могут служить твердые включения в материале, такие как карбиды и частицы окисных пленок, возникающих под действием высоких давлений и температур.

Адгезионный износ связан с процессами схватывания (сваривания) отдельных микроучастков поверхности «инструмент-стружка» под воздействием высоких давлений и температуры при непрерывном перемещении стружки по инструменту. Адгезионный износ особенно возрастает при скоростях резания, способствующих наростообразованию. При малых скоростях резания нарост не образуется, при увеличении скорости резания до 10 ... 20 м/мин происходит интенсивное наростообразование, при дальнейшем повышении скорости резания нарост не образуется.

Диффузионный износ связан с взаимной диффузией при высоких температурах и деформациях отдельных элементов обрабатываемого материала и инструмента (углерода, вольфрама, кобальта).

Окислительный износ возникает у инструментов из высокотеплостойких материалов и представляет собой «угорание» частиц режущего клина в примыкающих к контактной зоне его участка. На вспомогательных режущих кромках «угорание» начинается только при температуре 700 ... 800 °С и выше, характерное для твердых сплавов.

В зависимости от условий резания износ инструмента определяется комбинацией основных его причин.

Износ режущего инструмента при работе на настроенных станках по методу автоматического получения размеров приводит к возникновению погрешностей формы и размера обрабатываемых деталей. Этот износ называют размерным износом режущего инструмента. Размерный износ I_p измеряется на вершине инструмента в направлении нормали к обрабатываемой поверхности (рис. 7.2).

Изнашивание инструмента в зависимости от пути резания характеризуется кривой, приведенной на рис. 7.3.

Процесс изнашивания можно разделить на три периода, первый период (отрезок OA) характеризуется активным изнашиванием в связи с приработкой инструмента. Вторым период (отрезок AB) – период нормального изнашивания, когда наблюдается примерно прямолинейная зависимость. Третий период (отрезок BC) характеризуется резким возрастанием износа, за которым следует разрушение режущей кромки. Износ инструмента по окончании второго периода называют предельно допустимым износом ($I_{пр}$). На втором участке кривой размерного износа его интенсивность характеризуется значением тангенса угла наклона кривой к оси абсцисс, называемым относительным (удельным) износом I_0 . Относительный износ выражают в микрометрах на один километр пути резания (мкм/км).

$$I_0 = \operatorname{tg} \alpha = \frac{I_z}{L_z}, \frac{\text{мкм}}{\text{км}}, \quad (7.1)$$

где I_z – износ инструмента за период нормального износа.

В период приработки зависимость износа от пути резания определяется степенной функцией; для упрощения расчета размерного износа кривую на этом участке заменяют прямой, а точка a отсекает на оси ординат величину I_n , которая характеризует износ за период приработки.

При технологических расчетах точности обработки, зная величину износа режущего инструмента, можно определить погрешность обработки, обусловленную размерным износом.

Размерный износ режущего инструмента можно определить по формуле

$$I_p = I_n + \frac{LI_0}{10^6}, \text{ мкм}, \quad (7.2)$$

где I_n – износ за период приработки, мкм; L – путь резания, м; I_0 – относительный износ, мкм/км.

Величина относительного износа зависит от метода обработки, физико-механических свойств обрабатываемого материала и материала режущего инструмента, вида и количества СОЖ и других факторов. С повышением твердости обрабатываемого материала относительный износ возрастает.

Из режимов резания наибольшее влияние на относительный износ (I_0) оказывает скорость резания. При обработке серого чугуна, углеродистой и легированной стали наименьшая величина I_0 наблюдается при скоростях резания $V = 100 \dots 200$ м/мин. С увеличением скорости резания износ увеличивается. В зоне малых скоростей относительный износ заметно возрастает.

С увеличением подачи от 0,1 до 0,3 мм/об I_0 увеличивается на 20 ... 50 %. С увеличением глубины резания от 0,3 до 1,5 мм износ возрастает на 50 %.

Увеличение заднего угла с 8 до 15° в зоне высоких скоростей приводит к росту I_0 на 30 %, в зоне средних скоростей нередко приводит к уменьшению I_0 . Передний угол и другие геометрические параметры влияют на I_0 незначительно.

7.1 Значения начального I_n и относительного I_0 износов

Обрабатываемый материал	Материал режущего инструмента	Начальный износ, мкм	Относительный износ, мкм/км
Сталь углеродистая и легированная	T15K6	2 ... 8	4 ... 10
	T30K4		8 ... 13
	T5K10		
Серый чугун	BK4, BK8	3 ... 10	3 ... 12
Сталь углеродистая и легированная, зака-	Минералокерамические пластины ЦМ	10	8

ленный чугун	332 Эльбор	–	0,003
--------------	---------------	---	-------

Влияние обрабатываемого материала и материала режущего инструмента на значение величин I_n и I_0 определенные экспериментального, приведены в табл. 7.1.

Уменьшить влияние размерного износа на точность обработки резанием можно периодической подналадкой станка за время стойкости инструмента. Этот метод применим для инструментов, допускающих корректировку настроечного размера изменением расстояния между заготовкой и режущей кромкой (резцов, фрез и др.), а также для инструментов, имеющих регулировку (раздвижные развертки, борштанги).

Оборудование, приборы, инструмент

В лабораторной работе используются токарно-винторезный станок 1М61, резцы токарные проходные из быстрорежущей стали (Р6М5, Р9, Р18) и с пластинами из твердого сплава Т15К4 (Т30К4) и синтетических твердых материалов (композит 01, 05, 10).

Для обточки используются цилиндрические заготовки $\varnothing 50 \dots 100$ мм из стали 45 (НВ 180 ... 220).

Измерение размерного износа инструмента производится на универсальном, измерительном микроскопе УИМ-21. Основные данные: пределы измерения длин в продольном направлении – 0 ... 200 мм; в поперечном направлении 0 ... 100 мм; цена наименьшего деления спирального окулярного микрометра – 0,001 мм; допускаемая погрешность измерения 0,001 мм.

Универсальный измерительный микроскоп состоит из следующих основных частей: основания, продольной и поперечной кареток, визирного микроскопа, колонки осветительного устройства и штриховой окулярной головки. Основанием прибора служит станина 1 (рис. 7.4), несущая на себе продольную каретку 2, на которую устанавливают измеряемое изделие и поперечную каретку 3. Измерительные каретки имеют тормозные винты 4 и 5. При отжатых винтах каретки легко перемещаются вдоль направляющих 6 и 7. Эти перемещения используют для грубого проведения измеряемого участка под микроскоп. Точную наводку осуществляют микрометрическими винтами 8 и 9 при зажатых винтах 4 и 5. Необходимо следить, чтобы микрометрические винты точной наводки были установлены в среднее положение (на втулке винта среднее положение отмечено белым штрихом).

Вместе с поперечной кареткой 3 перемещается визирный микроскоп 10 и осветительное устройство. Визирный микроскоп служит для точной наводки на измеряемое изделие. Микроскоп вместе с кронштейном 11 перемещается вдоль колонки 12: грубое перемещение осуществляется вращением маховика 13, точное – вращением накатанного кольца 14.

Со станиной жестко связаны отсчетные микроскопы 15 и 16. Отсчетные микроскопы со спиральными окулярными микрометрами предназначены для отсчета линейных величин в продольном и поперечном направлениях. В поле зрения каждого микроскопа одновременно видны изображения двух-трех штрихов миллиметровой шкалы (рис. 7.5), неподвижной шкалы десятых долей миллиметра с делениями от 0 до 10, круговой шкалы для отсчета сотых и тысячных долей миллиметра и двойных винтов спирали. Штрихи миллиметровой шкалы обозначены крупными цифрами (45, 46, 47, и т.д.). Указанием для отсчета миллиметров служит изображение штриха миллиметровой шкалы, который в момент отсчета находится в интервале между нулевым и десятым делениями шкалы.

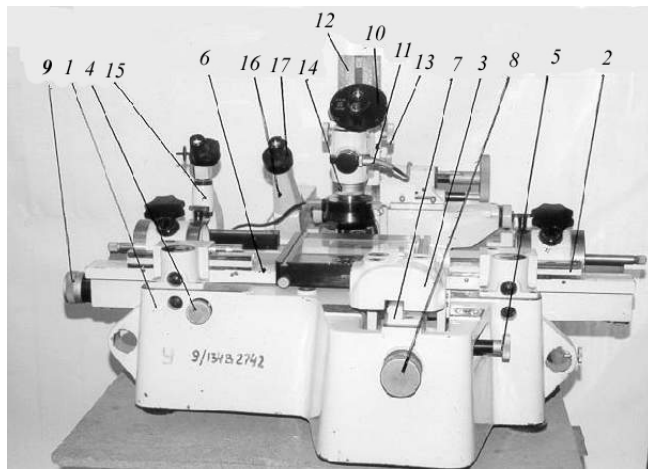


Рис. 7.4 Общий вид универсального измерительного микроскопа (УИМ-21)

Чтобы произвести отсчет дробных долей миллиметра необходимо маховиком 17 подвести изображение двойного витка спирали точно посередине двойной линии спирали. Сотые и тысячные доли миллиметра отсчитываются по круговой шкале по стрелке. Для рис. 7.5 окончательный отсчет размера будет 46,3622 мм.

Порядок выполнения работы

1 Подготовка

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, оборудованием, приборами, инструментом, содержанием отчета.
- 2 Получить у учебного мастера резец, штангенциркуль, металлическую линейку.
- 3 Нанести на корпус резца поперечную риску на расстоянии 50 ... 60 мм от вершины резца.
- 4 Рассчитать путь резания для интервалов времени $T = 2, 5, 10, 20, 40$ мин и скоростей резания $V_1 = 5 \dots 10$; $V_2 = 100 \dots 150$; $V_3 = 300 \dots 350$ м/мин по формуле

$$L = VT / 1000, \text{ км.} \quad (7.3)$$

- 5 Рассчитать путь резания для подач $S = 0,42 \cdot 0,84 \cdot 1,32$ мм/об при скорости резания $V = 100 \dots 150$ м/мин и постоянной глубине резания $t = 0,5$ мм по формуле

$$L = \pi d l / 10^6 \cdot S, \quad (7.4)$$

где d – диаметр заготовки, мм; l – длина обработки, мм. Результаты расчетов пути резания в зависимости от времени обработки, скорости резания и подач занести в табл. 7.2.

- 6 По формуле (7.2) рассчитать значения размерного износа, как функцию пути резания для принятых скоростей резания и подач. Результаты расчетов занести в табл. 7.3. Величины I_n I_0 выбрать из табл. 7.1.

2 Проведение эксперимента

- 1 Установить резец на предметный стол микроскопа УИМ-21 и прижать струбцинами.

2 Перемещением продольной каретки 2 (рис. 7.4) подвести резец измерительной риской под объектив визирного микроскопа 10 и сфокусировать на резкость при максимальной диафрагме.

3 Установить винтами предметного стола и точной подачей перемещения кареток параллельность измерительной риски и штриховой линии сетки окуляра микроскопа, а затем их совместить. При этом в отсчетном микроскопе окулярной головки должен быть отсчет 0 или 40, 180, 270.

4 Совместить одну штриховую линию с измерительной риской на корпусе резца и произвести отсчет по шкале спирального окулярного микрометра.

5 Переместить каретку до появления в поле зрения вершины резца. Микрометрическим винтом точной подачи каретки ту же штриховую линию совместить с краем изображения и произвести отсчет. Разность обоих отсчетов (п. 4 и 5) дает измеренную длину. Результаты измерения записать в табл. 7.4.

6 Установить и закрепить на станке заготовку и резец.

7 Установить режим точения – скорость резания, частоту вращения шпинделя, подачу, глубину резания.

8 Точить заготовку (выполняет учебный мастер) 2 минуты. Включить станок, снять резец, охладить и измерить расстояние от измерительной базы (риски) до вершины резца. Величину размерного износа резца определить как разность двух замеров.

9 Повторить пункты 2 – 8 для всех интервалов времени, скоростей резания и подач, указанных в п. 4 и 5 (с. 43).

3 Обработка экспериментальных данных

1 Построить графики $I_p = f(L)$ для принятых скоростей резания и подач по расчетным данным табл. 7.3.

2 Построить графики $I_p = f(L)$ по данным табл. 7.4, полученным на основании проведения экспериментов.

3 Анализ результатов экспериментов и расчетов.

Содержание отчета

1 Название и цель работы.

2 Содержание задания и характеристика лабораторного оборудования.

3 Эскиз режущего инструмента и заготовки, их размеры и материал.

4 Результаты расчетов и измерений и заполнение табл. 7.2 и 7.3.

5 Построение графиков $I_p = f(L)$ для принятых скоростей резания и подач по расчетным данным табл. 7.2.

6 Построение графиков $I_p = f(L)$ по экспериментальным данным табл. 7.4.

7 Выводы.

7.2 Результаты расчетов пути резания

Путь резания L	Время резания, мин	Скорость резания, м/мин			Подача, мм/об		
		V_1	V_2	V_3	S_1	S_2	S_3
$L_2, L_5, L_{10}, L_{20}, L_{40}$	2, 5, 10, 20, 40						

7.3 Результаты расчетов $I_p = f(L)$

Размерный износ I_p	Время резания, мин	Скорость резания, м/мин			Подача, мм/об		
$I_{p2}, I_{p5},$							

$I_{p10}, I_{p20},$ I_{p40}							
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

7.4 Результаты опытных данных $I_p = f(L)$

Размерный износ I_p	Время резания, мин	Скорость резания, м/мин			Подача, мм/об		
$I_{p2}, I_{p5},$ $I_{p10}, I_{p20},$ I_{p40}							

Лабораторная работа 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Цель работы: получение навыков определения жесткости станка статистическим методом и определения аналитическим и экспериментальным путем погрешностей обработки от упругих деформаций технологической системы.

Методические указания

Технологическая система станок-приспособление-инструмент-заготовка представляют собой упругую систему, деформации которой в процессе обработки вызывают погрешность размеров геометрической формы обрабатываемых заготовок, т.е. точность обработки зависит от жесткости элементов технологической системы станок – приспособление – инструмент – деталь (СПИД).

Жесткостью (j) элемента технологической системы принято называть отношение составляющей силы резания (P_y) к смещению (y) данного элемента в направлении нормали к обрабатываемой поверхности

$$j = P_y / y. \quad (8.1)$$

Для упрощения технологических расчетов, связанных с упругими отжатиями элементов системы, пользуются понятием податливости, численно равной величине, обратной жесткости. Податливостью (ω) технологической системы называют способность этой системы упруго деформироваться под действием внешних сил

$$\omega = 1000 \cdot y / P_y. \quad (8.2)$$

Для случая обработки заготовки в центрах токарного станка податливость технологической системы может быть определена по формуле

$$\omega_{ст} = \omega_{суп} + \omega_{пб} \left(\frac{l-x^2}{l} \right) + \omega_{зб} \left(\frac{x}{l} \right)^2 + \frac{10^7 (l-x)^2 x^2}{3EI}, \quad (8.3)$$

где $\omega_{суп}$, $\omega_{пб}$, $\omega_{зб}$ – податливость суппорта, передней и задней бабок; l – длина деталей; x – текущая координата, характеризующая положение резца от передней бабки до точки приложения силы резания, мм; E – модуль упругости, Па; $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па; I – момент инерции сечения детали, мм⁴,

$$I = \pi D_0^4 / 64 \approx 0,05 D_0^4, \quad (8.4)$$

где D_0 – номинальный диаметр детали после обработки.

Жесткость элементов технологической системы находят экспериментально статистическим методом. Сущность статистического метода заключается в том, что испытуемый элемент станка с помощью специального приспособления нагружают силой ступенчато от нуля до некоторой наибольшей величины; для каждой ступени нагружения измеряют отжатие испытуемого элемента в направлении нормали к обрабатываемой поверхности. Затем производят его загрузку, фиксируя остаточные отжатия; при нагружении и разгрузке строят зависимость

$$y = f(P_y).$$

При этом нагрузочная 1 и разгрузочная 2 ветви характеристики жесткости обычно не совпадают из-за наличия гистерезиса (рис. 8.1). Площадь петли гистерезиса характеризует величину энергии, затраченную на преодоление сил трения в стыках за один полный цикл нагружения 1. При выполнении технологических расчетов целесообразно пользоваться средней жесткостью, для определения которой методом наименьших квадратов, устанавливают вид аппроксимирующей функции и коэффициентов при ее переменных.

Для определения средней жесткости нагрузочную ветвь 1 аппроксимируют линейной зависимостью 3 (рис. 8.1) вида

$$P_{y_i} = A_0 + A_1 y_i, \quad (8.5)$$

где A_0 и A_1 – постоянные коэффициенты, подлежащие определению.

Коэффициенты A_0 и A_1 определяют путем совместного решения уравнений (8.6) и (8.7):

$$nA_0 + A_1 \sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n P_{y_i}; \quad (8.6)$$

$$A_0 \sum_{i=1}^n y_i + A_1 \sum_{i=1}^n y_i^2 = \sum_{i=1}^n P_{y_i} y_i, \quad (8.7)$$

где n – количество экспериментальных точек (1, 2, ..., n); y_i – перемещение узла станка, соответствующее i -му опыту, мм; P_{y_i} – величина нагрузки в i -м опыте, Н.

Решая уравнения (8.6) и (8.7) по каждому элементу станка, получают уравнение аппроксимирующей прямой, в которых коэффициент A_1 характеризует среднее значение жесткости соответствующих элементов станка.

Оборудование, приборы, инструмент

Для проведения лабораторных работ используется токарно-винторезный станок модели 1М61.

Нагружение элементов станка и измерение упругих деформаций производится при помощи специального приспособления, показанного на рис. 8.2. Приспособление устанавливается в центрах токарного станка посредством осей 1. Рычаги 8 жестко связаны с цапфами 7 и осями 1. Скоба 4 имеет возможность поворачиваться на цапфах и устанавливается в требуемое положение при помощи фиксаторов 2 и сектора 9.

Изменяя угол наклона скобы 4, можно получать различные соотношения между усилиями, имитирующими силы резания P_y и P_z .

Угол наклона скобы при выполнении эксперимента может быть принят 90 и 30° к вертикальной плоскости.

Оправка 5 с шаровым наконечником устанавливается в резцедержателе станка. Нагружение осуществляется при помощи винта 3. Упругие смещения суппорта передней и задней бабок станка измеряются при помощи индикатора 10 часового типа с точностью 0,01 мм. Величины нагрузок устанавливаются по индикатору динамометра 6. Цена деления индикатора соответствует нагрузке равной 20 Н.

Для определения влияния жесткости технологической системы на точность обработки используется тот же станок, в центрах которого устанавливают вместо приспособления для нагружения и измерения

упругих деформаций заготовку. Рекомендуемые диаметры заготовки 25 ... 30 мм; длина 250 ... 450 мм. Заготовка приводится во вращение поводковым патроном. Обработка заготовки производится проходным резцом Т15К6 следующей геометрии: главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$, радиус закругления вершины резца 1 мм.

Измерение диаметра заготовки выполняется микрометром с точностью 0,01 мм.

Порядок выполнения работы

1 Подготовка

- 1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, оборудованием, приборами, инструментом, содержанием отчета.
- 2 Получить у лаборанта нагрузочное приспособление, инструмент и заготовку для выполнения работы.
- 3 Установить нагрузочное приспособление в центрах токарного станка в заданное положение.
- 4 Установить и закрепить в резцедержателе шаровую оправку и подвести суппорт до упора оправки в диаметре с натягом не менее 10 мкм.
- 5 Установить в направлении нагружающей силы ножки индикаторов с упором в поверхности переднего и заднего центров суппорта.
- 6 Произвести пробное нагружение силой 500 ... 1000 Н и разгрузку станка. Индикаторы настроить на нулевые значения, обеспечив натяг 1,0 мм.
- 7 Измерить диаметры заготовки в одиннадцати сечениях через каждую 0,1 ее длины. Убедиться, что у заготовки отсутствует погрешность формы в продольном направлении.
- 8 Выбрать режим обработки заготовки: V , n , S , t в зависимости от заданных размеров заготовки. Рекомендуемые режимы резания $V = 60 \dots 80$ м/мин; $S = 0,15 \dots 0,25$ мм/об; $t = 1 \dots 4$ мм.
- 9 Установить номинальный диаметр (D_0) детали после обтачивания

$$D_0 = D_{\text{зар}} - 2t, \quad (8.8)$$

где $D_{\text{зар}}$ – диаметр заготовки; t – заданная (принятая) глубина резания.

2 Проведение эксперимента

- 1 Произвести последовательно нагружение и разгрузку станка нагрузками 300, 600, 900, 1200, 1500, 1800, 1500, 1200, 900, 600, 300 Н. Записать показания индикаторов.
 - 2 Результаты упругих перемещений суппорта, передней и задней бабок по показаниям индикаторов занести в табл. 8.1.
- П р и м е ч а н и е.** При данной схеме нагружения усилие P , приложенное к суппорту, соответствует показаниям индикатора динамометра; усилия, приложенные к передней и задней бабкам, равны $P / 2$.
- 3 Снять нагрузочное приспособление со станка.
 - 4 Установить заготовку в центрах станка, закрепить резец, установить частоту вращения шпинделя и подачу.
 - 5 Установить резец на диаметр D_0 и проточить заготовку по всей длине (выполняет учебный мастер).
 - 6 Снять обработанную деталь со станка. Измерить диаметры (D_i) детали в одиннадцати сечениях. Результаты измерения занести в табл. 8.4

3 Обработка результатов эксперимента

У к а з а н и е: обработку эксперимента выполнить с использованием ЭВМ группы ЕС.

1 Рассчитать среднее значение жесткости (j , Н/м) суппорта, передней и задней бабок станка. Для этого решить уравнения (8.6) и (8.7), определив значения A_0 и A_1 для каждого элемента станка. Результаты расчетов записать в табл. 8.2.

П р и м е ч а н и е. Коэффициенты A_1 в уравнениях аппроксимирующих прямых характеризуют среднее значение жесткости соответствующих элементов станка.

2 Рассчитать значение функции $y = f(P)$ по уравнению (8.5) и среднее значение податливости по формуле (8.2) для элементов станка. Результаты расчетов занести в табл. 8.3.

3 Рассчитать по формуле (8.3) податливость технологической системы (ω_{ci}) в 11 сечениях через каждые 0,1 длины детали. Значения $\omega_{суп}$, $\omega_{пб}$, $\omega_{зб}$ принимать из табл. 8.3 Момент инерции сечения детали определить по формуле (8.4). Коэффициенты при слагаемых в формуле (8.3) принимать из Прил. П 8.12.

4 Рассчитать упругие деформации в каждом сечении вала по формуле $y_i = P_y \omega_{ci}$, где P_y – радиальная составляющая силы резания, Н; ω_{ci} – податливость технологической системы при положении резца в i -м сечении. Радиальная составляющая (P_y) силы резания определяется по формуле $P_y = 10\lambda' C_p t S \cdot 0,75$, где λ' – коэффициент, характеризующий отношение P_y / P_z , зависящий от геометрии резца, состояния режущей кромки, режимов резания, механических свойств обрабатываемого материала и др. факторов; C_p – коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого материала и угла резания; S – продольная подача, мм/об. Значения коэффициентов λ' и C_p принимать из Прил. П 8.12 и П 8.13.

5 Определить погрешность формы (Y_i) детали в 11 сечениях после ее обработки, как отклонение цилиндра от прямой линии из выражения $y_i = \Delta D_i / 2$, где ΔD_i – отклонения от номинального диаметра, определяемые для каждого сечения по формуле $\Delta D_i = D_i - D_0$. Результаты расчетов по п. 3, 4 занести в табл. 8.4.

6 Определить погрешность формы (ΔD_{max}) в продольном сечении обработанной детали по результатам расчета:

$$\Delta D_{max} = 2(y_{max} - y_{min})$$

и по результатам эксперимента:

$$\Delta D_{max} = 2(D_{max} - D_{min}).$$

7 Построить графики $y = f(P)$ для каждого испытуемого элемента станка и нанести аппроксимирующие прямые нагрузочной ветви (табл. 8.1 и 8.3).

8 По результатам экспериментов и расчетов построить графики $y = f(x)$ упругих деформаций технологической системы (табл. 8.4).

9 Выводы.

10 Составить отчет по работе

Содержание отчета

1 Название и цель работы.

2 Содержание задания и схема приспособления для нагружения и измерения упругих деформаций токарного станка.

3 Эскиз обработки детали с указанием размеров и поясов измерений. Режимы обработки заготовки.

4 Алгоритм расчета функций $y = f(P_y)$ и $y = f(x)$ и программы расчетов на ЭВМ типа ЕС.

5 Определение упругих перемещений элементов станка и заполнение табл. 8.1.

6 Расчет средних значений жесткости и податливости суппорта, передней и задней бабок станка, расчет функции $P = A_0 + A_1 y$ и заполнение табл. 8.2 и 8.3.

7 Расчет податливости и упругих деформаций технологической системы в различных сечениях детали и заполнение табл. 8.4.

- 8 Графики зависимости $y = f(P)$ и аппроксимирующих прямых нагрузочных ветвей для суппорта, передней и задней бабок станка.
- 9 Экспериментальный и расчетный графики упругих деформаций технологической системы.
- 10 Определение погрешностей формы в продольном сечении на основании эксперимента и расчета.
- 11 Выводы.

8.1 Результаты измерений упругих перемещений элементов станка y_i , мм

Элемент станка	Характеристика приложенной нагрузки	Величина нагрузки P , Н					
		300	600	900	1200	1500	1800
Суппорт	нагруженная						
	разгруженная						
Передняя бабка	нагруженная						
	разгруженная						
Задняя бабка	нагруженная						
	разгруженная						

8.2 Результаты расчетов коэффициентов A_0 и A_1

Элементы станка	$\sum_{i=1}^n P y_i$	$\sum_{i=1}^n y_i$	$\sum_{i=1}^n y_i^2$	$\sum_{i=1}^n P y_i y_i$	A_0	$A_1 = j_{ср}$
Суппорт						
Передняя бабка						
Задняя бабка						

8.3 Результаты расчетов значений функции $P = A_0 + A_1 y$ и податливости элементов станка

Расчитанные величины	Элементы станка												
	Суппорт				Передняя бабка				Задняя бабка				
y , мм													
P , Н													
ω , МКМ/ММ													

8.4 Определение упругих деформаций

x , мм	Результаты расчета		Результаты эксперимента	
	ω_c , МКМ/Н	y_i , мм	D_i , мм	y_i , мм
0				
0,1/				
.				
.				
1,0/				

Приложение 8

РАСЧЕТ ЗАВИСИМОСТЕЙ $Y = f(P_y)$ И $Y = f(X)$ НА МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРАХ С ПРОГРАММНЫМ УСТРОЙСТВОМ ТИПА «ЭЛЕКТРОНИКА МК-56»

В связи с огромным числом операций, допускаемых программным устройством калькулятора, расчет производится последовательно по формулам, приведенным в табл. П8.1.

Для вычислений необходимо проделать следующие действия: включить микрокалькулятор для работы; ввести программу нажатием клавиш $\boxed{В/О}$ \boxed{F} $\boxed{ПРГ}$ и последующих клавиш в каждой конкретной программе; перейти в режим счета нажатием клавиш \boxed{F} $\boxed{АВТ}$;

ввести исходные данные для расчета в регистр памяти; нажать клавиши $\boxed{В/О}$ $\boxed{С/П}$ и считать с индикатора результаты. Проверку правильности ввода элементов программы выполняют по показаниям цифрового индикатора, на котором указывается код, соответствующий данной команде. Ввод исходных данных производится засылкой соответствующего числа в ячейки памяти, указанные ниже для каждого расчета.

П8.1 Алгоритм расчета функций $P_y = f(y)$ и $y = f(x)$

№ п/п	Рассчитываемая величина	Формула
1	Коэффициенты A_0 и A_1 для суппорта, передней и задней бабок $n = 6; i = 0, 1, 2, 3 \dots$	
2	Функция $P_y = f(y)$ (аппроксимирующая)	$P_y = A_0 + A_1 y$
3	Податливость технологической системы (ω_{ci}) для 11 сечений ($x = 0,1; 0,2; \dots; 1,0$)	$\omega_{ci} = \omega_{c,уп} + \omega_{пб} \left(\frac{l-x}{l} \right)^2 + \omega_{сб} \left(\frac{x}{l} \right)^2 + \frac{10^2 (l-x^2) x^2}{1,5 E D_0^4 l}$
4	Упругие деформации для 11 сечений вала	$y_i = P_y \omega_{ci} = 10 \lambda C_p t S_{0,75} \omega_c$
5	Погрешность формы вала в 11 сечениях	$y_i = \frac{\Delta D_i}{2} = \frac{D_i - D_0}{2}$

1 Расчет коэффициентов A_0 и A_1

1.1 Для ввода программы нажать клавиши $\boxed{В/О}$ \boxed{F} $\boxed{ПРГ}$.

1.2 Набрать программу нажатием клавиш в соответствии с табл. П8.2.

П8.2 Программа расчета коэффициентов A_0 и A_1

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
00	$\boxed{СХ}$	0Г	25	$\boxed{П-Х}$ 2	62
01	$\boxed{X-П}$ 0	40	26	$\boxed{+}$	10
02	$\boxed{X-П}$ 1	41	27	$\boxed{X-П}$ 2	42

03	X-Π 2	42	28	Π-X A	6-
04	X-Π 3	43	29	F X ²	22
05	X-Π 4	44	30	X-Π 4	64
06	X-Π 5	45	31	+	10
07	C/Π	50	32	X-Π 4	44
08	X-Π A	4-	33	K Π-X 5	75

Продолжение табл. П8.2

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
09	↔	14	34	Π-X B	6
10	X-Π B	4	35	ВΠ	51
11	X	12	36	07	07
12	Π-X 0	60	37	Π-X 1	61
13	+	10	38	Π-X 3	63
14	X-Π 0	40	39	Π-X 5	65
15	Π-X B	6	40	÷	13
16	Π-X 3	63	41	Π-X 1	61
17	+	10	42	X	12
18	X-Π 3	43	43	Π-X 0	60
19	Π-X A	6-	44	÷	11
20	Π-X 1	61	45	Π-X 3	63
21	+	10	46	F X ²	22
22	X-Π 1	41	47	Π-X 5	65
23	Π-X B	6	48	÷	13
24	F X ²	22	49	Π-X 2	62
50	-	11	63	Π-X A	6-
51	+	13	64	Π-X 1	61
52	X-Π B	4	65	X	12
53	Π-X 3	63	66	-	11
54	X	12	67	Π-X	6

Окончание табл. П8.2

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
-------	---------	-----	-------	---------	-----

55	\square -	11	68	\square П-Х 0	60
56	\square П-Х 5	65	69	\square Х	12
57	\square ÷	13	70	\square -	11
58	\square Х-П А	4-	71	\square П-Х 5	65
59	\square С/П	50	72	\square ÷	13
60	\square П-Х В	62	73	\square Х-П 1	41
61	\square С/П	50	74	\square С/П	50
62	\square П-Х 4	64			

1.3 В дальнейшем реализация программы и ввод числовых данных выполняется в соответствии с таблицей, в которой указывается последовательность действий и содержание команд. Результаты расчета коэффициентов A_1 и A_0 занести в табл. 8.2.

П8.3 Алгоритм расчета коэффициентов A_0 и A_1

№ п/п	Последовательность действия	Набрать число	Выполнить команды	Комментарий результатов
1	Нажать клавиши		\square F \square АВТ	
2	Очистить сумматор	$0 \square$ Х-П = (0,	\square В/О	
3	Занести числа очередной пары исходных данных y_1 и P_{y1}	1, 2 ... 9, А, В, С)	\square С/П	
4	Если исходные данные исчерпаны, далее; Нет – КП.3		\square y1 \square В \square Py1 \square С/П	

Продолжение табл. П8.3

№ п/п	Последовательность действия	Набрать число	Выполнить команды	Комментарий результатов
5	Определить A_0		\square ВП \square 37 \square С/П	A_0
6	Определить A_1		\square С/П	A_1
7	Для нового счета КП.2			

2 Определение аппроксимирующих линейных зависимостей
 $P_y = A_0 + A_1 y$ для суппорта, передней и задней бабок станка

2.1 Для ввода программы нажать клавиши **В/О** **F** **ПРГ** .

2.2 Набрать программу нажатием клавиши в соответствии с табл. П8.4.

П8.4 Программа расчета линейных зависимостей $P_y = A_0 + A_1$

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
00	П-Х 1	61	03	П-Х 0	63
01	П-Х 2	62	04	+	10
02	X	12	05	С/П	50

2.3 Нажать клавиши **F** **АВТ** для перехода в режим счета.

2.4 Внести исходные данные в регистр памяти в соответствии с табл. П8.5.

П8.5 Ввод исходных данных в регистр памяти

Исходные данные	A_0	A_1	y_1
Регистр памяти	0	1	2

Ввод исходных данных производится выполнением команд:

$$A_0 - \text{X-П } 0; A_1 - \text{X-П } ; A_2 - \text{X-П } 2,$$

где A_0, A_1, A_2 – числовые значения величин.

2.5 Нажать клавиши **В/О** **С/П** и считать с индикатора значение P_{y1} .

2.6 Ввести в регистр 2 число y_2 нажатием клавиш y_2 **X-П** **2** .

2.7 Нажать клавиши **В/О** **С/П** и считать с индикатора значение P_{y2} .

2.8 Пункты 2.6 и 2.7 повторить до получения значения P_{y1} . Результаты расчетов занести в табл. 8.3.

3 Расчет податливости технологической системы (ω_{ci})
 для 11 сечений ($X = 0,1 l; 0,2 l; \dots; 1,0 l$)

3.1 Для ввода программы нажать клавиши **В/О** **F** **ПРГ** .

3.2 Набрать программу нажатием клавиш в соответствии с табл. П8.6.

П8.6 Программа расчета податливости системы

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
00	П-Х 3	63	16	X	24
01	П-Х 8	68	17	П-Х 9	69
02	-	11	18	↔	14
03	П-Х 8	68	19	÷	13
04	X	12	20	П-Х 4	64

05	$\boxed{F} \boxed{X^2}$	22	21	\boxed{X}	12
06	$\boxed{\Pi-X} 6$	66	22	$\boxed{X-\Pi} 9$	49
07	$\boxed{\div}$	13	23	$\boxed{\Pi-X} 8$	68
08	$\boxed{\Pi-X} 3$	63	24	$\boxed{\Pi-X} 3$	63
09	$\boxed{\div}$	13	25	$\boxed{\div}$	13
10	$\boxed{\Pi-X} 5$	65	26	$\boxed{F} \boxed{X^2}$	22
11	$\boxed{\div}$	13	27	$\boxed{\Pi-X} 2$	62
12	$\boxed{X-\Pi} 9$	49	28	\boxed{X}	12
13	$\boxed{4}$	04	29	$\boxed{\Pi-X} 9$	69
14	$B \uparrow$	0E	30	$\boxed{\div}$	10
15	$\boxed{\Pi-X} 7$	67	31	$\boxed{X-\Pi} 9$	49
32	$\boxed{\Pi-X} 3$	63	39	\boxed{X}	12

Продолжение табл. П8.6

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
33	$\boxed{\Pi-X} 8$	68	40	$\boxed{\Pi-X} 9$	69
34	$\boxed{-}$	11	41	$\boxed{+}$	10
35	$\boxed{F} \boxed{X^2}$	22	42	$\boxed{\Pi-X} 0$	60
36	$\boxed{\Pi-X} 3$	63	43	$\boxed{+}$	10
37	$\boxed{\div}$	13	44	$\boxed{C/\Pi}$	5
38	$\boxed{\Pi-X} 1$	61		$\boxed{F} \boxed{ABT}$	

3.3 Ввести исходные данные в регистр памяти в соответствии с табл. П8.7.

П8.7 Ввод исходных данных в регистр памяти

Исходные дан-ные	ω_{cy} п	$\omega_{пб}$	$\omega_{зб}$	l	10^8	1,5	E	D_0	X
Регистр памяти	0	1	2	3	4	5	6	7	8

Ввод исходных данных производится выполнением команды ω_{cup}

$$\boxed{X-\Pi} 0; \omega_{пб} \boxed{X-\Pi} 1; \omega_{зб} \boxed{X-\Pi} 2; \boxed{X-\Pi} 3; 1B\Pi8 \boxed{X-\Pi} 4; \\ 1,5 \boxed{X-\Pi} 5; E \boxed{X-\Pi} 6; D_0 \boxed{X-\Pi} 7; X \boxed{X-\Pi} ,$$

где X – расстояние до сечения, в котором определяется податливость ($X_1 = 0; X_2 = 0,1 l; X_3 = 0,2 l; \dots; X_{11} = 1,0 l$).

3.4 Нажать клавиши $\boxed{B/O}$ $\boxed{C/\Pi}$ и считать с индикатора значение ω_{c1} .

3.5 Ввести число $X_2 = 0,1$ в регистр 8, для чего выполнить команды $0,1 \boxed{X-\Pi} 8$.

3.6 Нажать клавиши $\boxed{B/O}$ $\boxed{C/\Pi}$ и считать с индикатора значение ω_{c2} .

3.7 Пункты 3.5 и 3.6 повторить до получения значения ω_{c11} . Результаты занести в табл. 8.4.

4 Расчет упругих деформаций (y_i) в сечениях вала

4.1 Для ввода программы нажать клавиши $\boxed{B/O}$ \boxed{F} $\boxed{ПРГ}$.

4.2 Набрать программу нажатием клавиши в соответствии с табл. П8.8.

П8.8 Программа расчета упругих деформаций

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
00	$\boxed{П-X}$ 0	60	08	\boxed{X}	12
01	$\boxed{П-X}$ 1	61	09	$\boxed{10}$	10
02	\boxed{F} \boxed{X} y	24	10	\boxed{X}	12
03	$\boxed{П-X}$ 2	62	11	$\boxed{П-X}$ 5	65
04	\boxed{X}	12	12	$\boxed{\div}$	13
05	$\boxed{П-X}$ 3	63	13	$\boxed{C/\Pi}$ \boxed{F} \boxed{ABT}	50
06	\boxed{X}	12			
07	$\boxed{П-X}$ 4	64			

4.3 Ввести исходные данные в регистр памяти в соответствии с табл. П8.9.

П8.9 Ввод исходных данных в регистр памяти

Исходные данные	0,75	S	t	C_{pX}	λ	ω_{ci}
Регистр памяти	0	1	2	3	4	5

Ввод исходных данных производится выполнением команд:

0,75 $\boxed{X-\Pi}$ 0; $\boxed{X-\Pi}$ 1; $\boxed{X-\Pi}$ 2; C_p $\boxed{X-\Pi}$ 3; $\boxed{X-\Pi}$ 4; c_1 $\boxed{X-\Pi}$ 5,

где ω_{c1} – податливость технологической системы для первого сечения вала.

4.4 Нажать клавиши $\boxed{B/O}$ $\boxed{C/\Pi}$ и считать с индикатора значение y_1 .

4.5 Ввести значение ω_{c2} в регистр 5.

4.6 Нажать клавиши $\boxed{B/C}$ $\boxed{C/\Pi}$ и считать с индикатора значение y_2 .

4.7 Пункты 4.5, 4.6 повторить до получения y_{11} . Результаты расчетов записать в табл. 8.4.

5 Расчет погрешности формы вала (Y_i)

5.1 Для ввода программы нажать клавиши $\boxed{B/O}$ \boxed{F} $\boxed{ПРГ}$.

5.2 Набрать программу нажатием клавиш в соответствии с табл. П8.10.

П8.10 Программа расчета погрешности формы вала

Адрес	Команда	Код	Адрес	Команда	Код
00	<input type="checkbox"/> П-Х 1	61	03	<input type="checkbox"/> 2	0
01	<input type="checkbox"/> П-Х 0	60	04	<input type="checkbox"/> ÷	1
02	<input type="checkbox"/> -	11	05	<input type="checkbox"/> С/П	5
				<input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> АВТ	

5.3 Ввести исходные данные в регистр памяти в соответствии с табл. П8.11.

П8.11 Ввод исходных данных в регистр памяти

Исходные данные	D_0	D_1
Регистр памяти	0	1

5.4 Нажать клавиши В/О С/П и считать с индикатора значение y_1 .

5.5 Ввести число D_2 в регистр 1.

5.6 Нажать клавиши В/С С/П и считать с индикатора значение y_2 .

5.7 Пункты 5.5 и 5.6 повторить до получения значения y_{11} . Результаты занести в табл. 8.4.

Расчет зависимостей $y = f(P_y)$ и $y = f(x)$ на ЭВМ группы ЕС.

Идентификация величин

Условные обозначения величин	A_0	A_1	Y	P_y	P_y				
Идентификатор	A_{\emptyset}	A_1	$Y(I)$	$P_y(I)$	$P_y S(i)$				
Условные обозначения величин	ω_{ci}	$\omega_{суп}$	$\omega_{пб}$	$\omega_{зб}$	X				
Идентификатор	WC	$WSUP$	WPB	WZB	X				
Условные обозначения величин	$\sum_{i=1}^n y_i$	$\sum_{i=1}^n P_{y_i}$	$\sum_{i=1}^n y_i^2$	$\sum_{i=1}^n P_{y_i} y_i$	n				
Идентификатор	$S(1)$	$S(2)$	$S(3)$	$S(4)$	N				
Условные обозначения величин	l	E	D_0	D_i	λ'	C_p	t	s	y_i
Идентификатор	L	E	D_0	$D(I)$	LSH	C P	T	S	$YSH(I)$

Алгоритм расчета

- 1 Ввести переменные $L, E, D_{\emptyset}, LSH, CP, T, S$.
- 2 Открыть цикл по $K = 1, 3$.
- 3 Ввести $N, Y_i, i = 1, N, P_{y_i}, i = 1, N$
- 4 Занулить сумматоры $S1, S2, S3, S4$.
- 5 Открыть цикл по $i=1, N$ для вычисления сумм вида: $\sum_{i=1}^N \dots$
- 6 Выполнить суммирование:

$$S1 = S1 + Y_i, \quad S3 = S3 + Y_i^2; \quad S2 = S1 + Py_i, \quad S4 = S4 + Py_i Y_i.$$

7 Конец цикла по i .

8 Вычислить $A_{\emptyset}, A1$: $A_{\emptyset} = \frac{S2 \cdot S3 - S1 \cdot S4}{N \cdot S3 - S1^2}$; $A1 = \frac{NS4 - S2 \cdot S1}{NS3 - S1^2}$,

где $S1 = \sum_{i=1}^N Y_i$; $S2 = \sum_{i=1}^N Py_i$; $S3 = \sum_{i=1}^N Y_i^2$; $S4 = \sum_{i=1}^N Py_i Y_i$.

9 Вывести на печать $A_{\emptyset}, A1$.

10 Открыть цикл по $i = 1, N$.

11 Определить i -й элемент массива PYS : $PYS = A_{\emptyset} + A1 Y_i$.

12 Конец цикла по i .

13 Определить K -й элемент массива G : $G_K = \frac{1}{A1}$.

14 Напечатать G_K .

15 Конец цикла по K .

16 Выполнить присвоения вида:

$$WSUP = G_1; \quad WPB = G_2; \quad WZB = G_3.$$

17 Положить $H = L/10$; $i = 0$, $x = 0$.

18 Открыть цикл по $i = \overline{1,11}$.

19 Определить текущее значение $X = H(i-1)$

20 Определить i -й элемент массива WC для сечения вала:

$$WC_i = WSUP + WPB \left(\frac{L-X}{L} \right)^2 + WZB \left(\frac{X}{L} \right)^2 + \frac{[10^8(L-X)^2 X^2]}{1,5ED_{\emptyset}^4 L}.$$

21 Конец цикла по i .

22 Открыть цикл по $i = \overline{1,11}$.

23 Определить i -й элемент массива y : $y_i = 10LSHCPTS^{0,75} WC_i$.

24 Конец цикла по i .

25 Ввести массив D_i , $i = \overline{1,11}$.

26 Открыть цикл по $i = \overline{1,11}$.

27 Вычислить $YSH_i = \frac{D_i - D_{\emptyset}}{2}$.

28 Конец цикла по i .

29 Вывести на печать массивы

$$WC; \quad Y; \quad YSH; \quad WS_i; \quad Y_i; \quad YSH_i; \quad i = \overline{1,11}.$$

30 Конец программы.

Алгоритм расчета зависимостей

Программа расчета $y = f(P_y)$ и $y = f(x_i)$ на ЕС ЭВМ PL

```
// u номер JOB (номер, 'ТИХМ', 'С-42', 'студент', 'ТММСИИ', 'уч')
// 'фамилия И.О.', CLASS=B, PRTY=4
// EXEC PL1LFCLG, PARM.PL1L=SOURCE
// PL1L.SYSIN DO
```

```
IVUD : PROC OPTIONS(MAIN);
```

```
DCL N BIN FIXED, (A_{\emptyset}, A1, G(3)) FLOAT;
```

```
DCL(WC(11),Y(11),YSH(11),D(11),LSH,CP,T,S,WSUP,WPB,L,X,WZB,E,D_{\emptyset})
```

```
FLOAT;
```

```
DO K=1 TO 3;
```

```
GET LIST(N) COPY;
```

```

BEGIN;
DCL(PYS(N),Y(N),PY(N),S1,S2,S3,S4) FLOAT;
/* ввод массива Y, PY */
GET LIST (Y, PY);
S1, S2, S3, S4 = 0.0;
DO I=1 TO N;
S1=S1+Y(I);
S2=S2+PY(I);
S3=S3+Y(I)*Y(I);
END;
A0=(S2*S3-S1*S4)/(N*S3-S1**2);
A1=(N*S4-S2*S1)/(N*S3-S1**2);
PUT DATA (A0, A1);
DO I=1 TO N;
PYS(I)=A0+A1*Y(I); END;
G(K)=1/A1;
PUT DATA(PYS, G(K)); END;
END;
GET LIST(L,E,D0) COPY;
WSUP=G(1); WPB=G(2); WZB=G(3);
H=L/1E1; I=0
DO X=0 TO LBYH;
I=I+1
WC(I)=WSUP+WPB*(L-X)**2/L+WZB*(X/L)**2+(1E8*(L-X)**2*X**2)/
(1.5*E*D0**4*L); END;
GET LIST(LSH,CP,T,S);
DO I=1 TO 11;
Y(I)=1E1*LSH*CP*T*S**0.75/WC(I); END
/* ввод массива D */
GET LIST(D);
DO I=1 TO 11;
YSH(I)=(D(I)-D0)/2; END;
PUT DATA (WC);
PUT DATA (Y);
PUT DATA (YSH);
END IVUD;

```

Программа расчета $y=f(P_y)$ и $y=f(x_i)$ на ЕС ЭВМ, «Фортран»

```

DIMENSION G(3), WC(11), Y(50), YSH(11), D(11)
REAL LSH, L, PYS(50), PY(50)
READ 22, L, E, D0, LSH, CP, T, S
PRINT 23, L, E, D0, LSH, CP, T, S
23 FORMAT('L= ', F 7.2, 'E= ', E 12.5, 'D0= ', F 7.2,
* 'LSH= ', F 7.2, 'CP= ', F 7.2, 'T= ', F 7.2, 'S= ', F 7.2)
22 FORMAT (7E10.3)
DO 20K=1.3
READ 2,N
2 FORMAT (12)
READL, (Y(I), I=1,N)
READ77, (PY(I), I=1,N)
4 FORMAT (6F5.3)
77 FORMAT (6F6.1)

```

```

S1=0.0
S2=0.0
S3=0.0
S4=0.0
DO 6 I=1,N
SI=S1+Y(I)
S2=S2+PY(I)
S3=S3+Y(I)*Y(I)
6 S4=S4+PY(I)*Y(I)
A0=(S2*S3-SI*S4)/(N*S3-SI**2)
A1=(N*S4-SI*S2)/(N*S3-SI**2)
PRINT 8, A0, A1
8 FORMAT ('A0 = ', E12.5, 'A1 = ', E12.5)
DO 10 I=1,N
10 PYS(I)=A0 +A1*Y(I)
G(K)=1.0 /A1
PRINT 11, G(K)
PRINT 12, (PYS(I), I=1,N)
11 FORMAT ('G= ', E12.5)
12 FORMAT ('PYS= ', 8 E12.5)
20 CONTINUE
WSUP=G(1)
WPB=G(2)
WZB=G(3)
H=L/1E1
I=0
DO 24 I=1,11
X=H*(I-1)
WC(I)=WSUP+WPB*((L-X/L)**2+WZB*(X/L)**2+
+(1E8*(L-X)**2*X**2)/(1.5*E*D0**H*L)
24 CONTINUE
DO 26 I=1,11
26 Y(I)=1E1*LSH*CP*T*S**0.75*WC(I)
READ 772, D
27 FORMAT (11F4.1)
DO 28 I=1,11
28 YSH(I)=(D(I)-D0)/2.0
PRINT 30, WC
30 FORMAT ('WC= ', 11E10.3)
PRINT 32, (Y(I), I=1,11)
32 FORMAT('X=',11E10.3)
PRINT 32, YSH
34 FORMAT ('YSH= ', 1E10.3)
STOP
END

```

П8.12 Значения коэффициентов в уравнении податливости

Расстояние X от торца детали у передней бабки до рассматри- ваемого сечения	$\left(\frac{l-x}{l}\right)^2$	$\left(\frac{l}{x}\right)^2$	$\frac{(l-x)^2 x^2}{l}$
0	1,00	0,00	0,00
0,1	0,81	0,01	0,0081 ³
0,2	0,64	0,04	0,025 ³
0,3	0,49	0,09	0,0441 ³

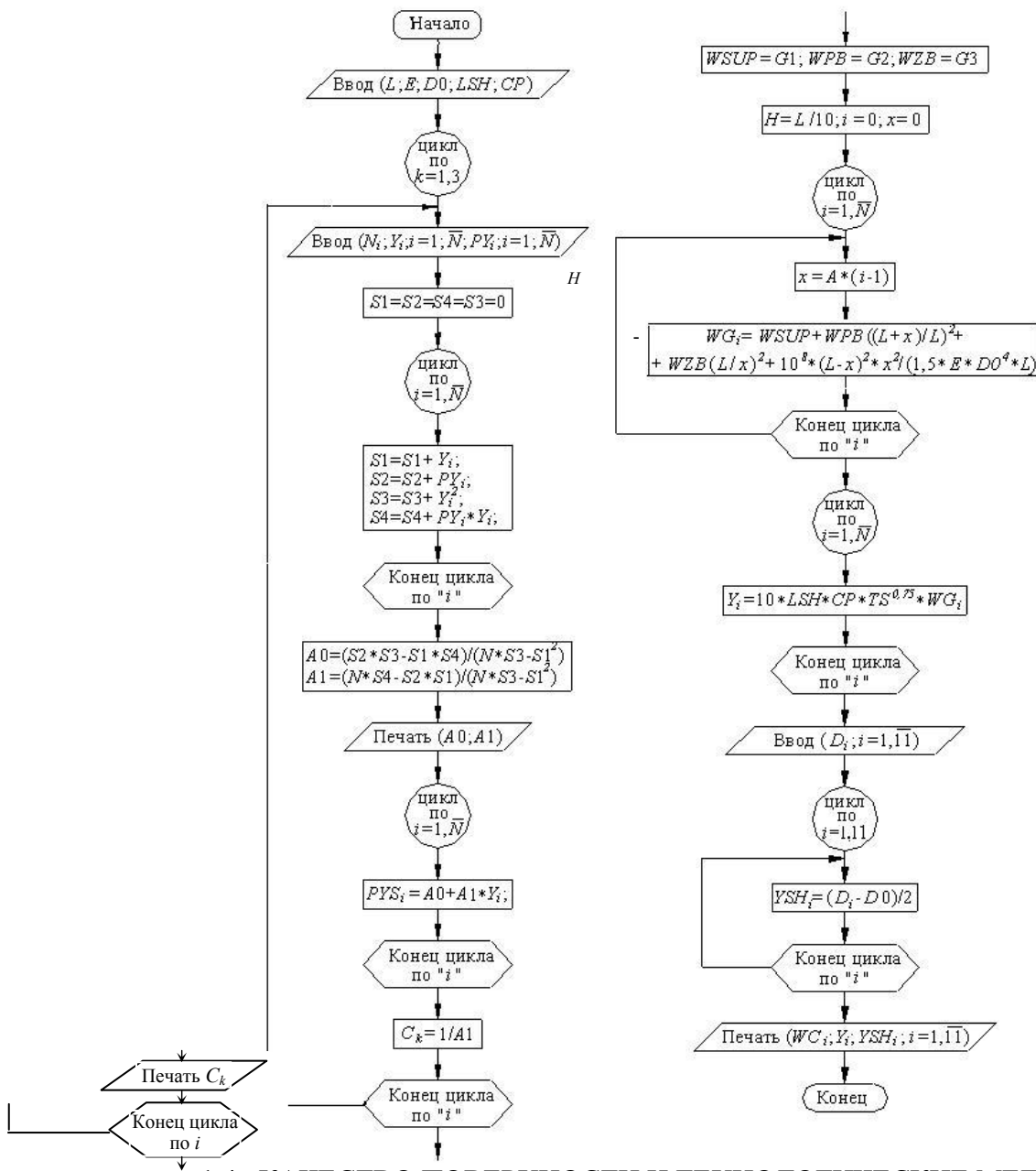
0,4	0,36	0,16	0,0576 ³
0,5	0,25	0,25	0,0625 ³
0,6	0,16	0,36	0,0576 ³
0,7	0,09	0,49	0,0441 ³
0,8	0,04	0,64	0,0256 ³
0,9	0,01	0,81	0,0081 ³
1,0	0,00	1,0	0,00

Таблица П8.13

Скорость резания V , м/мм	Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об		
		0,15	0,21	0,26
60	1,0	0,68	0,65	0,63
	1,5	0,65	0,62	0,60
	2,0	0,63	0,60	0,58
	3,0	0,61	0,58	0,56
	4,0	0,59	0,56	0,54
80	1,0	0,65	0,62	0,60
	1,5	0,62	0,59	0,57
	2,0	0,60	0,57	0,55
	3,0	0,58	0,56	0,54
	4,0	0,57	0,54	0,52

П8.14 Значения коэффициента C_p при обработке конструкционной стали

Предел прочности σ , МПа	Твердость, НВ	C_p
550	163	165
650	190	180
750	220	193
850	250	205



1.4 КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Один из основных показателей качества машин – надежность в значительной мере характеризуется эксплуатационными свойствами их деталей и соединений (сопротивлением усталости износостойкостью, коррозионной стойкостью, контактной жесткостью, точностью посадок и др.). Все эти эксплуатационные свойства зависят от качества (состояния) поверхностного слоя (шероховатости, физико-механических свойств), определяемого технологией их изготовления. При решении практических задач по технологическому обеспечению качества поверхности деталей и их эксплуатационных свойств необходимо уметь: 1) назначать параметры качества (состояния) поверхностного слоя деталей машин из их функционального назначения; 2) прогнозировать параметры качества, в частности параметры шероховатости, при различных технологических методах обработки; 3) определять режимы механической обработки, обеспечивающие получение заданных параметров качества; 4) определять методы механической обработки, позволяющие получить заданные параметры качества с наибольшей производительностью.

Лабораторная работа 9

Исследование влияния режимов резания

на шероховатость поверхности
при токарной обработке

Цель работы: практическое освоение методики исследований зависимости высотных параметров

Рис. 9.1 Схема обточки об- шероховатости по ГОСТ 2789–73 от подачи, скорости и глуби-
разцов ны резания при точении

Методические указания

Шероховатость поверхности оказывает значительное влияние на эксплуатационные свойства деталей: усталостную прочность, износостойкость, прочность со-пряжений с натягом, коррозионную стойкость, на условия смазки, отражательную и поглощательную способности, КПД различных гидромашин и др.

В связи с этим шероховатость поверхности является важнейшим параметром состояния поверхно-стного слоя, подлежащего нормированию и технологическому обеспечению при изготовлении деталей.

Основные параметры шероховатости поверхности регламентированы ГОСТ 2789–73.

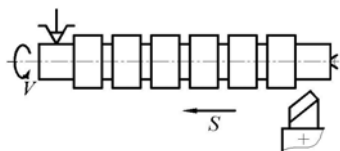
Технологическое обеспечение шероховатости поверхности базируется на экспериментальном изу-чении зависимостей между методом окончательной обработки и параметрами шероховатостей.

Характер возникающей при токарной обработке шероховатости поверхности зависит от многих факторов: режимов резания, геометрии и материала режущего инструмента, жесткости технологической системы, физико-механических свойств обрабатываемого материала и др.

Зависимость шероховатости от режима обработки при точении носит неоднозначный характер. Так, кривая зависимости высоты микронеровностей (R_a , R_z) от скорости резания при точении конструкцион-ных сталей резцами с твердосплавными пластинами имеет характерный «горбообразный» вид с макси-мумом шероховатости при скорости 20 ... 30 м/мин. Такой характер зависимости связывают с интен-сивным наростообразованием обрабатываемого материала на вершине лезвия режущего инструмента в данном диапазоне скоростей резания, ухудшающим его геометрию и качество обработанной поверхно-сти. Увеличение подачи при продольном точении, как правило, сопровождается ростом высотных пара-метров шероховатости поверхности. Интенсивность влияния подачи на высоту микронеровностей зави-сит от радиуса скругления вершины режущего инструмента: с увеличением радиуса при вершине влия-ние подачи на величину микронеровностей ослабевает. Глубина резания непосредственного влияния на шероховатость поверхности не оказывает. Ее косвенное влияние на обрабатываемую поверхность про-является через вибрации, возникающие в технологической системе при увеличении сил резания, свя-занном с изменением глубины резания при обработке.

Оборудование, приборы, инструмент

В лабораторной работе используются токарно-винторезный станок 1М61, проходные резцы с пла-стинами из твердого сплава Т15К6, с углом в плане $\phi = 45^\circ$ и радиусом скругления при вершине $r = 1 \dots 2$ мм. Для обточки используются валики $\varnothing 20 \dots 25$ мм из стали 45,35 (НВ = 1800 ... 2200 МПа) с пред-варительно разделенными участками (5 – 6 штук) обработки (рис. 9.1).



Измерение шероховатости обточенных участков валика осуще-ствляется на микроскопе МИС-II, оснащенный сменными объекти-вами. Фокусные расстояния и цена деления шкалы окуляра-микрометра микроскопа приведены в табл. 9.1.

9.1 Цена деления шкалы окуляра-микрометра в зависимости от

используемых объективов при измерении высоты микронеровностей

Фокусное расстояние объектива F , мм	25,0	13,89	8,16	4,25
--	------	-------	------	------

Цена деления барабана МОВ-1х15-С, мкм/дел.	0,847	0,471	0,278	0,145
Пределы измерения высот микронеровностей, мкм	6,3 ... 62,5	3,2 ... 18,7	1,6 ... 10,0	0,8 ... 3,2

Схема измерения высоты микронеровностей на микроскопе МИС-11 приведена на рис. 9.2.

Измерение профиля проводится по пяти вершинам и впадинам профиля. При непопадании в поле зрения нужного количества выступов осуществить перемещение образца в осевом направлении с помощью микрометрического винта столика микроскопа. По результатам измерений находится среднее арифметическое значение

$$\Delta n_{\text{cp}} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \Delta n_i . \quad (9.1)$$

Абсолютное значение высоты неровностей профиля поверхности (R_z) определяется по формуле

$$R_z = C \Delta n_{\text{cp}}, \quad (9.2)$$

где C – цена деления барабана окулярного микрометра, мкм/дел. (табл. 9.1); Δn_{cp} – среднее арифметическое значение разностей отсчетов делений по образцу окулярного микрометра, измеренное в пяти точках профиля поверхности.

Порядок выполнения работы

1 Подготовка

1. Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, паспортными данными станка, правилами работы на микроскопе МИС-11, содержанием отчета.

2. Получить у лаборанта образцы для выполнения работы (рис. 9.1), сменные объективы к микроскопу. Установить объективы на микроскопе, соответствующие пределам измерения 3,2 ... 18,7 мкм (табл. 9.1).

3. Спланировать условия проведения опытов по методу однофакторного эксперимента (табл. 9.2). Для этого определить из интервала значений скоростей резания 5 ... 150 м/мин, подач 0,1 ... 0,5 мм/об и глубин резания 0,2 ... 2,0 мм 18 разных режимов обработки, соответствующих при обработке одного образца изменению только скорости резания (6 значений), для другого образца только подачи (6 значений) и для третьего образца только глубины резания (6 значений).

2 Проведение работы

1 При постоянных глубине резания ($t = 0,5$ мм) и подаче ($S = 0,1 \dots 0,2$ мм/об) произвести обточку 6-ти отдельных участков валика (рис. 9.1) с различными скоростями резания, соответствующими примерно 5, 10, 20, 40, 80 и 150 м/мин. Значение фактически обеспечиваемых на станке режимов резания занести в табл. 9.2 (опыты 1 – 6).

2 При постоянных глубине резания ($t = 0,5$ мм) и скорости резания ($V = 50 \dots 60$ м/мин) произвести обточку 6-ти участков другого валика с разными подачами, соответствующими примерно 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 и 0,5 мм/об. Значение фактических режимов резания занести в табл. 9.2 (опыты 7 – 12).

3 При постоянных скорости резания ($V = 50 \dots 60$ м/мин) и подаче ($S = 0,1 \dots 0,2$ мм/об) осуществить обточку 6-ти участков третьего валика с разной глубиной резания: 0,2; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5 и 2,0 мм. Значение режимов резания занести в табл. 9.2 (опыты 13 – 18).

4 Осуществить измерение высоты микронеровностей обточенных участков на микроскопе МИС-11. Для этого:

- установить образец в призму на предметном столике микроскопа;
- подвести тубусы микроскопа к измеряемой поверхности и настроить их на резкость, при этом в окуляре должен быть виден увеличенный профиль поверхности, ограниченный ломаной зеленой полосой (рис. 9.2);
- вращением барабана окулярного микрометра совместить горизонтальную линию перекрестия с выступами неровностей профиля (положение 1), а затем с впадинами (положение 2). Обратит внимание на необходимость подвода горизонтальной линии к одному профилю поверхности;
- разность отсчета делений (Δn) по барабану по каждому участку обработанной поверхности занести в табл. 9.2.

3 Обработка результатов эксперимента

- 1 По формуле (9.1) рассчитать среднее значение условной высоты микронеровностей в делениях шкалы окуляра-микрометра $\Delta n_{\text{ср}}$.
- 2 По формуле (9.2) определить среднее арифметическое значение высоты микронеровностей обточенных участков валиков.
- 3 Построить графики зависимостей высоты микронеровностей от режимов резания при токарной обработке:

$$R_z = f(V); R_z = f(S); R_z = f(t).$$

- 4 Составить отчет по работе.

Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Схемы обточки и измерения высоты микронеровностей участков валика.
- 3 Схемы и результаты проведения эксперимента (табл. 9.2).
- 4 График зависимостей $R_z = f(V, S, t)$.
- 5 Выводы (объяснение хода кривых на графиках).

9.2 Схема и результаты проведения эксперимента

Но- мер опы- та 1 – 18	Режимы резания			Результаты измерений						R_z , МКМ
	V , м/ми н	S , мм/о б	t , мм	Δn_1	Δn_2	Δn_3	Δn_4	Δn_5	$\Delta n_{\text{ср}}$	

2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

2.1 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

При разработке технологических процессов сборки чаще всего приходится решать следующие задачи:

- 1) устанавливать последовательность соединения деталей и сборочных единиц изделия и составление схем общей и узловой сборки изделия, разработка маршрутных технологических процессов

сборки; 2) выявление размерных цепей и выбор методов их расчета и достижения точности замыкающего звена.

Точность замыкающего звена при сборке может быть достигнута методами полной, неполной или групповой взаимозаменяемости, пригонки, регулирования с применением компенсаторов.

Выбор метода достижения точности замыкающего звена зависит от величины его допуска и от числа составляющих звеньев размерной цепи, при этом принимают во внимание реальные производственные возможности по обеспечению точности размеров составляющих звеньев и обеспечению соответствующего уровня организации сборочных работ.

Лабораторная работа 10

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

Цель работы: получение навыков практического применения методов сборки для достижения заданной точности замыкающего звена в сборочных цепях.

Методические указания

Одним из путей решения задачи уменьшения трудоемкости и стоимости сборки машин и повышения качества сборки является расчет точности с использованием теории размерных цепей.

Для достижения требуемой точности замыкающего звена сборочной размерной цепи может быть использован один из следующих методов: полной, неполной и групповой взаимозаменяемости, пригонки и регулирования.

При разработке технологического процесса сборки применяют метод сборки изделия на основе выявления и проверочного расчета сборочных размерных цепей. Размерный анализ позволяет производить корректировку допусков на размеры составляющих звеньев, установленных при конструировании изделия.

Для решения задач анализа сборочных размерных цепей используют два метода: метод максимума и минимума (метод полной взаимозаменяемости); метод, основанный на теории вероятности (вероятностный метод или метод неполной взаимозаменяемости).

Для расчета размерных цепей с параллельными звеньями применяют следующие формулы.

Номинальный размер замыкающего звена

$$A_{\Delta} = \sum^n A_i - \sum^p A_i, \quad (10.1)$$

где A_i – номинальный размер звена размерной цепи; n – число увеличивающих звеньев; p – число уменьшающих звеньев.

Уравнения допусков замыкающего звена:

– для метода полной взаимозаменяемости

$$\delta A_{\Delta} = \sum^{m-1} \delta_i; \quad (10.2)$$

– для метода неполной взаимозаменяемости

$$\delta A_{\Delta} = t \sqrt{\sum^{m-1} \lambda_i \delta_i^2}, \quad (10.3)$$

где δ_i – допуск звена размерной цепи; m – число звеньев в размерной цепи; t – коэффициент риска; λ_i – коэффициент относительного рассеивания, принимается для закона нормального распределения (для изделий крупносерийного и массового производства) равным 1/9. Значения t выбираются на основании технико-экономических расчетов в зависимости от процента риска из следующего ряда.

10.1 Значения коэффициентов риска

Процент риска	32	10	4,55	1,00	0,27	0,10	0,01
Коэффициент риска, t	1,00	0,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89

Координаты середины поля допуска замыкающего звена:

$$\Delta_{0,A_{\Delta}} = \sum^n \Delta_{0,A_i} - \sum^p \Delta_{0,A_j}, \quad (10.4)$$

где Δ_{0,A_i} – координата середины поля допуска звеньев размерной цепи.

Верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена:

$$\Delta B_{A_{\Delta}} = \Delta_{0,A_{\Delta}} + \delta A_{\Delta}/2; \quad (10.5)$$

$$\Delta H_{A_{\Delta}} = \Delta_{0,A_{\Delta}} - \delta A_{\Delta}/2. \quad (10.6)$$

Короткие технологические сборочные размерные цепи с числом составляющих звеньев не более трех рассчитываются по методу полной взаимозаменяемости; сборочные размерные цепи, содержащие более трех составляющих звеньев, рассчитываются вероятностным методом.

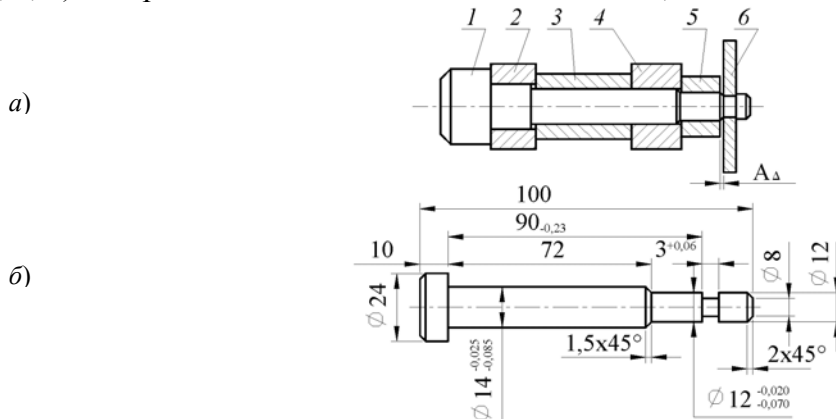
Расчет размерных цепей сводится к решению проектной (прямой) и проверочной (обратной) задач. При решении проектной задачи по заданному номинальному размеру, допуску и предельным отклонениям замыкающего звена определяют номинальные размеры, допуски и предельные отклонения составляющих звеньев размерной цепи. При решении проверочной задачи по заданным допускам, размерам и предельным отклонениям составляющих звеньев определяют номинальный размер, допуск и предельные отклонения замыкающего звена размерной цепи.

В лабораторной работе решается обратная задача: по допускам составляющих звеньев производится расчет допуска замыкающего звена методами полной и неполной взаимозаменяемости. При сборке сборочной единицы должна быть обеспечена заданная точность замыкающего звена (рис. 10.1, а). Распределение действительных размеров деталей подчиняется нормальному закону. Рекомендуется выбирать следующие значения замыкающего звена $A_{\Delta}^{\text{зад}}$ (варианты заданий):

$$\begin{matrix} \square & +0,52 \\ \square & +0,20 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \square & +0,50 \\ \square & +0,17 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \square & +0,42 \\ \square & +0,12 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \square & +0,32 \\ \square & +0,07 \end{matrix} \text{ и др.}$$

Оборудование, приборы, инструмент

Для выполнения лабораторной работы используются 25 комплектов деталей, из которых комплектуются столько же сборочных единиц (рис. 10.1, а, б). Сборочная единица включает в себя ось 1, кольца 2 и 5, 3 и 4, шайбу быстросъемную 6.



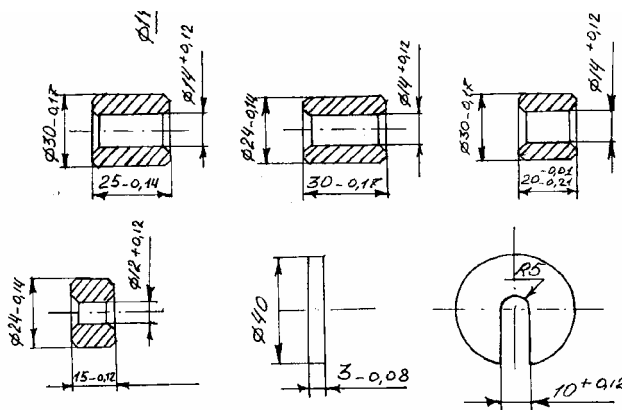


Рис. 10.1 Сборочная единица (а) и входящие в нее единицы (б):

1 – ось; 2, 5 – кольца; 3, 4 – втулки; 6 – шайба

Размер замыкающего звена A_{Δ} измеряется с помощью специального приспособления (рис. 10.2). Приспособление состоит из стойки 1 с индикатором 2, закрепленным в держателе 3, базирующей платы 4. Сборочная единица 5 устанавливается шайбой 6 на базирующую плату. Осевой зазор, образующийся в результате провисания сборочной единицы под действием собственной массы, измеряется индикатором 2, ножка которого упирается в торец 7 кольца сборочной единицы. Индикатор предварительно настраивается на нулевое значение по эталону.

Для измерения деталей используются микрометры с диапазоном измерений от 0 до 25 мм и от 25 до 50 мм с точностью 0,01 мм.

Порядок выполнения работы

1 Подготовка

1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, оборудованием, инструментом, содержанием отчета.

2 Получить задание и комплекты деталей.

3 По рис. 10.1, а выявить и построить схему размерной цепи сборочной единицы.

4 Установить по чертежам деталей, входящих в сборочную единицу (рис. 10.1, б), числовые значения номинальных размеров, допуски и координаты середины полей допусков составляющих звеньев, результаты занести в табл. 10.1. Координата середины поля допуска i -го звена определяется по формуле

$$\Delta_{0, A_i} = (\Delta B_i + \Delta H_i) / 2,$$

где ΔB_i и ΔH_i – предельные отклонения i -го звена размерной цепи.

5 Составить уравнение номинальных размеров размерной цепи по формуле (10.1).

6 Определить по формуле (10.4) координату середины поля допуска замыкающего звена.

7 Проверить возможность обеспечения точности замыкающего звена по методу полной взаимозаменяемости. Для этого по формуле (10.2) рассчитать допуски замыкающего звена и полученный результат сравнить с заданным допуском A_{Δ} по условию (10.7):

$$\delta_{A_{\Delta}}^{\text{зад}} \geq \delta_{A_{\Delta}}^{\text{рас}}. \quad (10.7)$$

8 При невыполнении условия по методу полной взаимозаменяемости проверить возможность обеспечения точности замыкающего звена по методу неполной взаимозаменяемости.

Для этого по формуле (10.3) рассчитать допуск замыкающего звена и проверить выполнение условия (10.7).

2 Проведение эксперимента

1 Собрать детали в сборочные единицы.

- 2 Настроить индикатор приспособления на нулевое значение по эталону.
- 3 Измерить замыкающие звенья на всех сборочных единицах при помощи приспособления и индикатора. Результаты измерений в виде отклонений $\delta_{A_{\Delta}}^{\text{изм}}$ от номинального значения записать в табл. 10.2.
- 4 Установить по табл. 10.2 сборочные единицы, не удовлетворяющие заданной точности.
- 5 Определить поправки для исправления брака по формуле $\omega = \delta_{A_{\Delta}\text{брак}}^{\text{изм}} - \delta_{A_{\Delta}}^{\text{зад}}$, как разность отклонения замыкающего звена $\delta_{A_{\Delta}}^{\text{изм}}$ от заданного допуска $\delta_{A_{\Delta}}^{\text{зад}}$ замыкающего звена.
- 6 Выбрать сборочные единицы, при помощи которых можно исправить допущенный брак методом подбора.
- 7 Разобрать дефекты и выбранные для подбора сборочные единицы, измерить их составляющие звенья. Результаты измерений занести в табл. 10.3.
- 8 Проанализировать полученные размеры и наметить схемы сборки сборочных единиц методом подбора деталей.
- 9 Собрать сборочные единицы и произвести измерения их замыкающих звеньев при помощи приспособления.
- 10 Произвести разборку всех сборочных единиц.
- 11 Составить отчет.

Содержание отчета

- 1 Название и цель работы.
- 2 Содержание задания и эскизы сборочной единицы и входящих в нее деталей.
- 3 Схема размерной цепи сборочной единицы.
- 4 Определение номинальных размеров, допусков и расчеты координат середины поля допуска звеньев размерной цепи и заполнение табл. 10.1.
- 5 Уравнение номинальных размеров размерной цепи, определение координаты середины поля допуска замыкающего звена.
- 6 Установление метода сборки сборочной единицы, обеспечивающего заданную точность замыкающего звена.
- 7 Схема приспособления для измерения размеров замыкающих звеньев сборочных единиц.
- 8 Определение размеров замыкающих звеньев сборочных единиц экспериментальным путем и заполнение табл. 10.2.
- 9 Установление дефектных сборочных единиц и сборочных единиц, используемых для исправления брака сборки методом подбора; определение поправки ω , подбор деталей для сборки и заполнения табл. 10.3.
- 10 Результаты измерения замыкающих звеньев после сборки сборочных единиц методом подбора.
- 11 Выводы.

10.1 Допустимые значения звеньев цепи

Условное обозначение звеньев	Номинальный размер A_i звеньев, мм	Допуск звеньев δ_{A_i} , мм	Координата середины поля допуска δ_{0A_i} , мм

10.2 Результаты измерений замыкающего звена

Номер измерения	$\delta_{A_{\Delta}}^{\text{изм}}$, мм	Номер измерения	$\delta_{A_{\Delta}}^{\text{изм}}$, мм

10.3 ОТКЛОНЕНИЯ ОТ НОМИНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЗВЕНЬЕВ ДЕФЕКТНЫХ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ И ПОДБОР ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ СБОРКИ (ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ)

Условное обозначение звеньев	Отклонения звеньев дефектных и подобранных для исправления сборочных единиц и их номер		Отклонения звеньев исправленных сборочных единиц и их новый номер	
A_i	22	8	22, а	8, а
$+A_1$	+0,15	+0,03	+0,15	+0,03
$-A_2$ и т.д.	-0,09	-0,02	-0,02	-0,09

Лабораторная работа 11

Разработка технологического процесса сборки изделий

Цель работы: развить навыки разработки схем и технологических процессов сборки на основе проведения размерного анализа и выполнения сборочно-разборочных работ.

Методические указания

Сборка является заключительным этапом в изготовлении машины и первым этапом при разработке технологии ее изготовления. Такой порядок позволяет осуществить на стадии проектирования анализ технологичности конструкций сопрягаемых деталей, обосновать экономически целесообразную точность их изготовления, исходя из норм точности, которые должна обеспечить машина, определяемых служебным назначением, и намечаемого объема выпуска машины.

Исходными материалами для разработки технологического процесса сборки являются: сборочный чертеж, определяющий конструкцию изделия; спецификация поступающих на сборку деталей и сборочных единиц; технологические требования к изделию и объем выпуска [7].

Степень углубленности разработки технологического процесса сборки и ее организационные формы предопределяются типом производства и объемом выпуска изделий. Тип производства определяется расчетом коэффициента закреплений операций – $K_{з.о}$, являющегося отношением такта сборки τ_b к среднее операционному времени сборки $T_{шт.ср}$ [5]. При $K_{з.о} = 1$ производство является поточно-массовым, при $K_{з.о} > 1$ – производство серийное.

Разработка технологического процесса сборки начинается с ознакомления с конструкцией изделия и изучения его служебного назначения. Здесь же дается анализ технологичности конструкций изделия.

На втором этапе проектирования решается задача – в какой степени соответствуют заданные конструктором технологические условия и нормы точности на сборку служебному назначению изделия. При этом устанавливается функциональная связь между параметрами продукции или рабочего процесса машины (например, точностью обработки, производительностью, КПД, долговечностью и т.д.) и нормами точности исполнительных поверхностей, посредством которых машина осуществляет рабочий процесс и производит продукцию. Связь между параметрами, отражающими служебное назначение машины (Y), и параметрами, которые определяют точность исполнительных поверхностей (X_1, X_2, \dots, X_n), может быть записана уравнением (11.1)

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (11.1)$$

При линейном характере уравнения (11.1) переход от параметров, характеризующих служебное назначение машины, к нормам точности может быть решен на основе теории размерных цепей.

Следующим этапом проектирования технологического процесса сборки является выбор методов достижения требуемой точности изделия, которая достигается через технологические размерные цепи. Последовательность их решения заключается в следующем [3]:

- 1 По конструкторской технологической схеме изделия находят замыкающее звено размерной цепи.
- 2 Находят составляющие звенья размерной цепи, участвующие в решении поставленной задачи.

При этом начинают от одной стороны исходного (замыкающего) звена и через составляющие звенья доходят до второй его стороны.

- 3 Решают цепь в номиналах, т.е. определяют номинальный размер замыкающего звена:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^p \bar{A}_i - \sum_{k=1}^n \bar{A}_k. \quad (11.2)$$

- 4 Определяют допуск замыкающего звена по одному из методов:

– полной взаимозаменяемости

$$\delta_{\Delta} = \sum_{i=1}^{p+n} \delta_{A_i}; \quad (11.3)$$

– неполной взаимозаменяемости

$$\delta_{\Delta} = t \sqrt{\sum \lambda_i^2 \delta_{A_i}^2}; \quad (11.4)$$

– групповой взаимозаменяемости

$$\delta_{A_i}'' = \delta_{A_i} / N; \quad (11.5)$$

– пригонки по месту и регулировки

$$\delta_{\Delta} = \sum_{i=1}^{p+n} \delta_{A_i} - \delta'_{A_k}. \quad (11.6)$$

- 5 Определяют координату середины поля допуска замыкающего звена:

$$\Delta_{0_{\Delta}} = \sum_{i=1}^p \bar{\Delta}_{0_{A_i}} - \sum_{k=1}^n \bar{\Delta}_{0_{A_k}}. \quad (11.7)$$

- 6 Находят верхние и нижние пределы допуска замыкающего звена

$$BO_{\Delta} = \Delta_{0_{\Delta}} + \delta_{\Delta} / 2; \quad (11.8)$$

$$HO_{\Delta} = \Delta_{0_{\Delta}} - \delta_{\Delta} / 2. \quad (11.9)$$

В этих формулах: A_{Δ} – номинальный размер замыкающего звена; $\sum_{i=1}^p \bar{A}_i$, $\sum_{k=1}^n \bar{A}_k$ – суммы увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи соответственно; δ_{Δ} – допуск замыкающего звена; δ_{A_i} – допуск i -го составляющего звена; N – число групп разбивки деталей; t – коэффициент риска, характеризующий процент выхода значений замыкающего звена за пределы установленного допуска ($t = 3$ при риске $p = 0,27\%$); λ_i – коэффициент, характеризующий выбираемый теоретический закон рассеивания i -го звена ($\lambda_i^2 = 1/9$ – для закона Гаусса; $\lambda_i^2 = 1/6$ – для закона Симпсона; $\lambda_i^2 = 1/3$ – для равновероятного закона распределения случайных ошибок); δ_{A_k} – допуск компенсирующего звена; $\Delta_{0_{\Delta}}$ – координата середины поля допуска замыкающего звена; BO_{Δ} , HO_{Δ} – соответственно верхнее и нижнее отклонения поля допуска замыкающего звена; $\sum_{i=1}^p \bar{\Delta}_{0_{A_i}}$, $\sum_{k=1}^n \bar{\Delta}_{0_{A_k}}$ – суммы координат середины полей допусков, увеличивающих и уменьшающих звеньев.

Выбор методов и средств достижения точности замыкающего звена в ряде случаев вызывает необходимость корректировать систему простановки размеров и допуски в рабочих чертежах машины (рис. 11.1).

Далее разрабатывается последовательность сборки изделия, которая изображается в виде технологической схемы (рис. 11.2)

Для составления технологической схемы сборки все изделие условно делят на группы и на подгруппы (сборочные единицы) 1-го, 2-го и т.д. порядка. На технологической схеме сборки все элементы

изделия обозначают прямоугольниками, разделенными на три части. В верхней части записывают наименование элемента, в нижней правой части – количество присоединенных элементов, в нижней левой части – индекс присоединяемого элемента. Элемент, с которого начинают сборку, называется базовым. От базового элемента проводят вправо горизонтальную линию – линию сборки. Ее заканчивают сборочным изделием. Сверху линии сборки помещают детали, снизу – сборочные единицы.

На основании технологической схемы заполняются операционные карты сборки по формам 2 и 2а (ГОСТ 3.1118–86), где записываются содержание операций по переходам, перечисляются сборочные и вспомогательные работы [4]. Нормирование переходов и операций производится по нормативным данным [9].

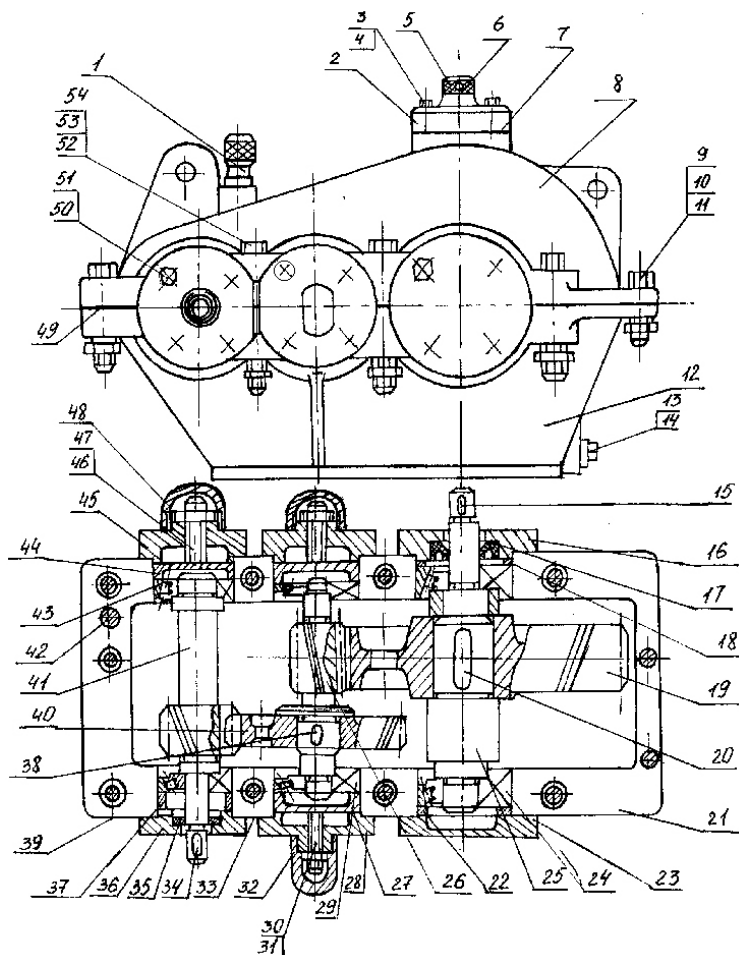


Рис. 11.1 Сборочный чертеж редуктора:

1 – маслоуказатель; 2 – крышка; 3 – винт (4 шт.); 4 – шайба; 5 – пробка; 6 – прокладка; 7 – прокладка; 8 – крышка редуктора; 9 – болт (2 шт.); 10 – гайка (2 шт.); 11 – шайба (2 шт.); 12 – корпус; 13 – пробка сливная; 14 – прокладка; 15 – шпонка; 16 – крышка; 17 – манжета; 18 – кольцо; 19 – колесо зубчатое; 20 – шпонка; 21 – прокладка (2 шт.); 22 – кольцо; 23 – крышка; 24 – подшипник 7506 (2 шт.); 25 – вал; 26 – вал-шестерня; 27 – упор (2 шт.); 28 – крышка (2 шт.); 29 – подшипник 7205 (2 шт.); 30 – шпилька (2 шт.); 31 – гайка (2 шт.); 32 – крышка (2 шт.); 33 – прокладка (2 шт.); 34 – шпонка; 35 – манжета; 36 – крышка; 37 – кольцо; 38 – прокладка (2 шт.); 39 – шпонка; 40 – колесо зубчатое; 41 – вал – шестерня; 42 – штифты (2 шт.); 43 – подшипник 7204 (2 шт.); 44 – упор; 45 – крышка; 46 – шпилька; 47 – гайка; 48 – крышка; 49 – прокладка; 50 – винт (24 шт.); 51 – шайба (24 шт.); 52 – болт (8 шт.); 53 – гайка (8 шт.); 54 – шайба (8 шт.)

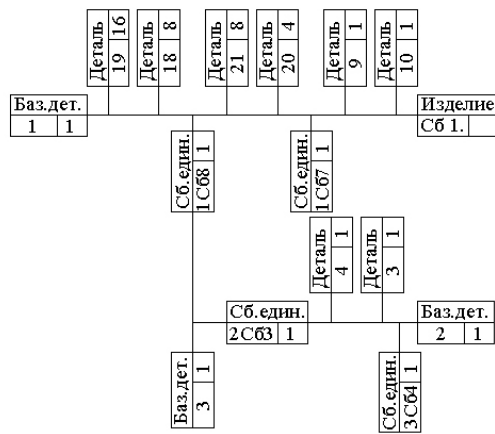


Рис. 11.2 Пример технологической схемы сборки

Оборудование, приборы, инструменты

Редуктор зубчатый двухступенчатый цилиндрический РМ-180; штангенциркуль ($l = 250$ мм с погрешностью измерения 0,05 мм); мерная линейка ($l = 500$ мм); ключи гаечные.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить служебное назначение, конструкцию и техническую характеристику редуктора (рис. 11.1, табл. 11.3, 11.2).
 - 2 Изучить технические условия на сборку редуктора (табл. 11.4) и дать заключение о достаточности и соответствии технических условий служебному назначению.
 - 3 Рассчитать действительный такт сборки и определить тип производства.
 - 4 По заданному варианту (табл. 11.5) установить замыкающее звено и выявить составляющие звенья технологической размерной цепи.
- П р и м е ч а н и е.** Номинальные размеры составляющих звеньев определить замером собираемых деталей. Допуски назначить по 7 качеству точности.
- 5 Составить уравнение размерной цепи по формуле (11.2).
 - 6 Определить по методу полной взаимозаменяемости поле допуска замыкающего звена по формуле (11.3). В случае невозможности обеспечения по данному методу заданной точности, назначить другой метод сборки, по которому достижение требуемой точности является осуществимым (формулы 11.4 – 11.6).
 - 7 Определить координаты середины поля допусков замыкающих звеньев размерной цепи по формуле (11.7).
 - 8 Определить верхние и нижние пределы поля допуска замыкающего звена по формулам (11.8) и (11.9).
 - 9 По сборочному чертежу изделия разработать технологическую схему сборки.
 - 10 Разобрать реальное изделие на сборочные единицы и детали, одновременно записывая технологическую последовательность разборки. Собрать изделие согласно намеченной схеме; проанализировать и указать причины имеющихся случаев несоответствия монтажа отдельных деталей намеченной последовательности при сборке.
 - 11 Разработать технологический процесс сборки: установить и проанализировать содержание каждой операции по переходам; выбрать оборудование, приспособления и инструмент; заполнить все графы операционной карты на одну операцию (по заданию преподавателя).
 - 12 Проанализировать технологичность конструкции изделия с точки зрения удобства сборки и обеспечения заданной точности.

13 Проверить собранное изделие на взаимодействие сопряженных деталей, легкость и плавность вращения (от руки).

14 Составить отчет по форме: цель работы; служебное назначение редуктора; техническая характеристика; анализ технических условий на сборку; решение размерной цепи (результаты записать в виде табл. 11.1); технологическая схема сборки; заполненная операционная карта слесарно-сборочных работ; заключение о технологичности конструкции изделия на основе выполнения сборочных операций; заключение о правильности выполнения сборки.

Таблица 11.1

Вариант	Замыкающее звено			Составляющие звенья					
	Обозначение	Номинальный размер	Допуск	A_1		A_2		A_n	
				Номинальный размер	Допуск	Номинальный размер	Допуск	Номинальный размер	Допуск

11.2 Служебное назначение узла

Наименование сборочной единицы	Служебное назначение
Редуктор зубчатый цилиндрический РМ-180	Редуктор зубчатый цилиндрический двухступенчатый предназначен для передачи мощности $N = 5$ кВт к рабочему органу машины с изменением частоты вращения и крутящего момента в 10 раз в тяжелом режиме работы в условиях умеренного климата

11.3 Техническая характеристика редуктора

Параметры	Значение
Мощность на тихоходном валу, кВт	5,0
Крутящий момент на тихоходном валу, кН·м	0,338 1440
Частота вращения быстроходного вала, об/мин	тяжелый
Режим работы	10,28
Передаточное число:	2,67
общее	3,85
быстроходной ступени	
тихоходной ступени	27/1,5
Число зубьев/номинальный модуль, мм:	72/1,5
на быстроходном валу	27/1,5
на промежуточном валу первой ступени	104/1,5
на промежуточном валу второй ступени	20
на тихоходном валу	

Угол нарезки зубьев, град	
---------------------------	--

11.4 Технические условия на сборку редуктора

Требования	Значения
1 Степень точности передач	8-с ГОСТ1643–72
2 Пятно контакта в % от зуба колеса	30
по высоте	30
по длине	40
3 Гарантированный боковой зазор, мм:	
для быстроходной ступени	0,18 ... 0,45
для тихоходной ступени	0,13...0,60
4 Предельные значения осевых зазоров в подшипниках, мм:	
на быстроходном валу	0,08 ... 0,15
на промежуточном валу	0,08 ... 0,15
на тихоходном валу	0,20 ... 0,30
5 Срок службы редуктора, год	5

11.5 Исходные данные для решения размерных цепей

Номер варианта	Замыкающее звено	Допуск, мм	Номер варианта	Замыкающее звено	Допуск, мм
1	Δ1	0,08	1	Δ8	0,10
2	Δ2	0,05	2	Δ9	0,40
3	Δ3	0,10	3	Δ10	0,40
4	Δ4	0,10	4	Δ11	0,40
5	Δ5	0,30	5	Δ12	0,40
6	Δ6	0,20	6	Δ13	0,20
7	Δ7	0,10	7	Δ14	0,20

2.2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ И ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

В соответствии с ГОСТ 3.109–82 различают единичный, типовой и групповой технологические процессы. При проектировании технологического процесса необходимо решить следующие основные задачи: 1) выполнить анализ технических условий по рабочему чертежу детали и дать качественную оценку ее технологичности; 2) выбрать исходную заготовку; 3) выбрать технологические базы и схему установки заготовки; 4) определить методы и маршруты обработки отдельных поверхностей; 5) выбрать оборудование и разработать маршрут обработки заготовки в целом; 6) установить межоперационные и общий припуск на механическую обработку; 7) разработать содержание технологических операций. При проектировании операций на станках с ЧПУ разрабатывается расчетно-технологическая документация, включающая построение траектории движения инструмента, выполняют расчеты координат опорных точек и перемещений между ними, производят кодирование управляющей программы и ее запись на программноноситель.

Производительность технологических операций в значительной степени определяется ее структурой; количеством заготовок, одновременно устанавливаемых в приспособлении или на станке (одно- или многоместная обработка); количеством инструментов, используемых при выполнении операций.

Лабораторная работа 12

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА С ЧПУ MC12-250M

Цель работы: приобретение практических навыков наладки станка в соответствии с разработанной программой

Для проведения лабораторной работы используется многоцелевой станок модели MC12-250M с автоматической сменой инструмента и программным управлением (рис. 12.1). Станок MC12-250M предназначен для выполнения разнообразных работ – сверления, зенкерования, развертывания, нарезания резьб, производства расточных и фрезерных работ по обработке прямоугольных контуров последовательно несколькими инструментами в автоматическом цикле. Станок состоит из следующих основных узлов и механизмов: станины 1, суппорта 2, стола подъемно-поворотного 3, головки шпиндельной 4, механизма смены инструмента 5, кантователя 6, манипулятора 7, магазина инструментов 8, пульта управления 9.

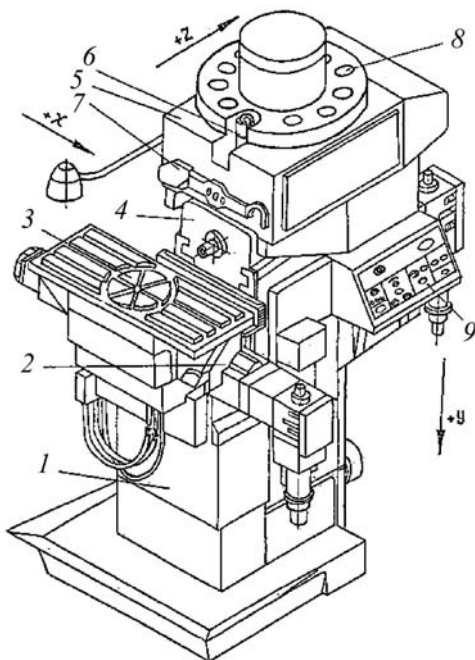


Рис. 12.1 Многоцелевой станок
Краткая техническая характеристика станка

1 Диаметр планшайбы поворотного стола, мм	250
2 Количество фиксированных позиций поворотного стола	24
3 Координатные перемещения:	
салазок X, мм	250
суппорта Y, мм	280
шпиндельной головки Z	200
4 Координатные перемещения от оси шпинделя до плоскости поворотного стола, мм:	
наименьшее	60
наибольшее	340
5 Количество инструментов в магазине	20
6 Частота вращения шпинделя, об/мин	45, 63, 90, 125, 180, 250, 355, 500, 710,

1000, 1400, 2000

- 7 Скорости рабочих подач, мм/мин 10, 16, 25, 40, 63, 160, 250, 400, 630
- 8 Дискретность отложения координат X, Y, Z, мм 0,01
- 9 Наибольший диаметр сверления, мм 12
- 10 Наибольший диаметр растачиваемого отверстия, мм 60

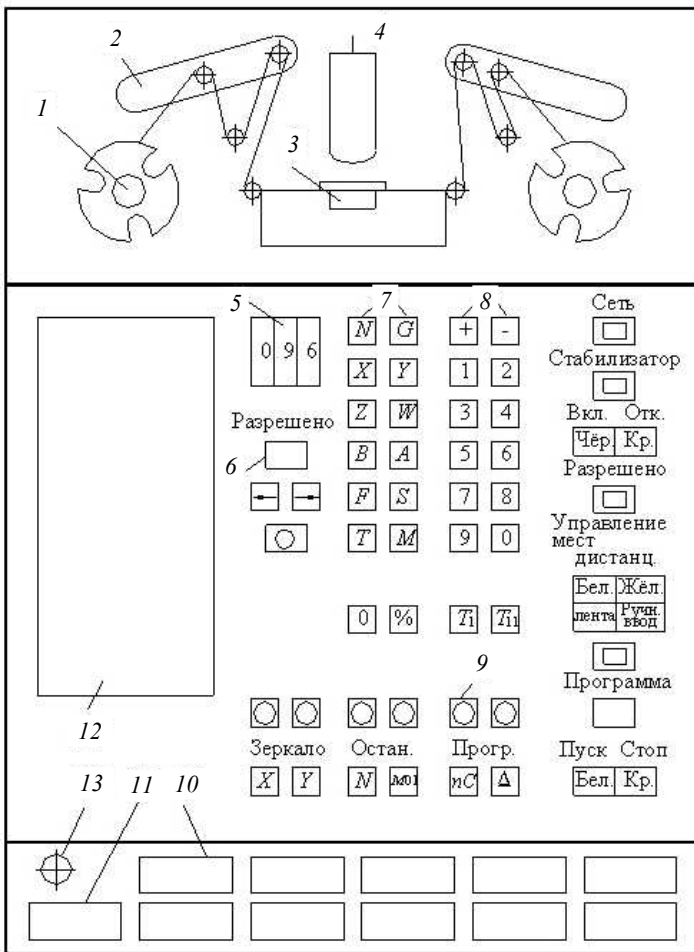


Рис. 12.3 Пульт управления автоматическим

мещения X, Y, Z; кнопки 13, 15 служат для выбора направления перемещения подвижных органов по осям X, Y, Z; кнопки 10, 11, 12 служат для пуска и остановки шпинделя – движение «влево» – вращение по часовой

стрелке, «вправо» – вращение против часовой стрелки, если смотреть с переднего конца шпинделя; кнопка 9 служит для поворота магазина, т.е. для выбора нужного инструментального гнезда; тумблер 7 служит

для выбора режима поворота магазина – непрерывно или кратковременно «на шаг». Кнопка 16 служит для поворота стола.

На рис. 12.3 представлены пульт управления станком и панель считывающего устройства с механизмом протяжки перфоленты размещенные на устройстве числового программного управления. На панели считывающего устройства и механизма протяжки размещены: 1 – защелка катушки перфоленты; 2 – рычаги натяга перфоленты; 3 – включение считывающего устройства; 4 – осветитель считывающего устройства; 5 – набор номера кадра, – пуск протяжки ленты вперед; – пуск протяжки ленты назад; 6 – сигнал разрешения протяжки ленты; 7 – панель адресов; 8 – панель ввода значковой информации; 0 – стирание задания по последнему введенному адресу; % – стирание задания; T₁ – перезапись номера инструмента из регистра программы в регистр носителя; T₂ – перезапись номера инст-

Органы управления станком

Управление станком может производиться как с пульта, расположенного на самом станке (рис. 12.2), так и с пульта, размещенного на устройстве числового программного управления (рис. 12.3).

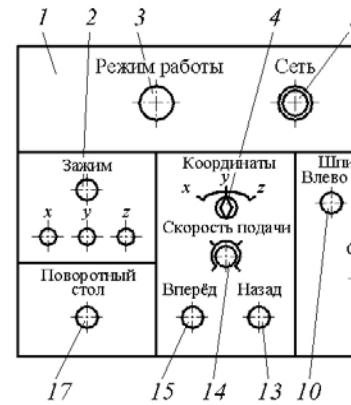


Рис. 12.2 Пульт ручной

Пульт управления, расположенный на станке, смонтирован на панели 1, на которой размещены органы управления: кнопка 2 служит для зажатия и отжатия инструмента; кнопка 3 служит для установки работы станка в наладочном и автоматическом режиме, переключатель 4 – для выбора координаты перемещений подвижных органов: X – салазки, Y – суппорт, Z – шпиндельная головка; ручка 14 служит для выбора скорости подвижных органов пере-

румента из регистра программы в регистр шпинделя; **СЕТЬ** – сигнал подачи напряжения в устройство ЧПУ; **СТАБИЛИЗАТОР** – сигнал включения устройства ЧПУ; **ВКЛ/ОТКЛ** – включение-отключение устройства ЧПУ; **РАЗРЕШЕНО** – сигнал разрешения работ с ЧПУ; **УПРАВЛЕНИЕ** – выбор местного (устройство ЧПУ) или дистанционного (станок) пульта управления; **ЛЕНТА/РУЧНОЙ ВВОД** – выбор режима работы вручную или от перфоленты; **ГОТОВО** – сигнал «ГОТОВО» (задание отработано); **ПРОГРАММА** – сигнал «ПРОГРАММА ВКЛЮЧЕНА», **ПУСК/СТОП** – пуск и стоп работы по программе; *9* – сигнализация включенного упора; Δ – упор стандартного цикла по частям; **ПС** – упор отработки по кадрам; **М01** – упор подтверждения остановки на ближайшем кадре с М01; **N** – упор отработки программы до заданного кадра; *11* – панель установки плавающих нулей; *10* – панель ввода размеров инструмента; *12* – экран цифровой индикации; *13* – кнопка вывода на цифровую индикацию информации из узла датчиков обратной связи.

Режим работы станка

Органы управления станка предусматривают три режима работы: режим ручного (наладочного) управления, режим ручного ввода программы (преднабора), режим работы по программе (полуавтоматический, автоматический).

Режим ручного управления используется при наладке станка и позволяет управлять перемещением стола, салазок, шпиндельной головки только последовательно. Одновременное перемещение двух рабочих органов невозможно. Режим ручного ввода программы (преднабора) выбирается нажатием клавиши **РУЧНОЙ ВВОД**. При этом ввод информации в устройстве возможен только с наборного поля пульта ввода, обязательно набирая номер кадра, при этом необходимо соблюдать последовательность записи формата кадра: *Y* – функция, *Z* – размер перемещения по оси *Z*; *X*, *Y*, *B*, *W* – размеры перемещения по осям *X*, *Y*, *B*, *W*; *F* – скорость подачи, *S* – скорость вращения шпинделя, *T* – номер инструмента, *M* – технологическая команда.

Любой адрес, если он не требуется, может быть пропущен. При нажатии кнопки соответствующего адреса на правой половине экрана рядом с буквой этого адреса на правой половине экрана рядом с буквой этого адреса, высвечивается черта, которая не исчезает, пока ввод по данному адресу не будет закончен. Если ввод совершен с ошибкой, то внизу экрана появляется сигнал ошибки «X». Для сброса сигнала ошибки и сброса неправильно выбранного значения нажмите кнопку **0** (сброс по выданному адресу), для сброса памяти всей выбранной информации (кроме *T*) – нажмите кнопку **%**. Введите номер инструмента, который должен стоять в шпинделе, например, **T|O|5|T₂** (запись в регистр шпинделя), номер инструмента, который стоит в кантователе, например **T|1|1|T₁** (запись в регистр носителя). На корректорах, соответствующих номерам выбранных инструментов, наберите величину вылета инструмента от торца шпинделя, и если необходимо, величину радиуса инструмента (если это фреза). После ввода необходимой информации для отработки ее нажмите кнопку **ПУСК**, при этом загорится лампочка **ПРОГРАММА**, а на левой половине экрана после адреса высветиться код скорости по 1 или 2 каналу. Обработка будет происходить только по тем координатам и командам, возле адресов которых на левой половине экрана высвечивается черта. В конце отработки загорается лампочка **ГОТОВО**. Режим **РУЧНОЙ ВВОД** (преднабора) может быть использован для разового ввода коррекции в программу при проверке и доводке перфолент, а также при обработке единичных деталей, для которых запись программы на перфоленте нецелесообразна. Режим работы на программе (автоматический, полуавтоматический).

Порядок работы

- 1 Включите питание станка и системы ЧПУ (на шкафу электроавтоматики).
 - 2 Включите устройство ЧПУ нажатием кнопки **ВКЛ** на пульте управления. Через 1-2 минуты ручкой потенциометра отрегулируйте необходимую яркость свечения символов на экране. Включите кнопку управления **МЕСТН**. Включите считыватель для заправки перфоленты, установив клавишу считывателя в нижнее положение. Рычаги отпустите вниз до упора. Вставьте бобину с лентой в левую кассету. Конец ленты подведите под тормоз и направьте в правую бобину; затем, вращая левую бобину по часовой стрелке, создайте такой запас ленты, чтобы при отпуске рычагов они остались в среднем положении; начало перфорации на ленте при этом должно находиться слева от осветителя. После заправки ленты включите считыватель.
 - 3 Нажмите клавишу **ЛЕНТА**, должна загореться лампочка **РАЗРЕШЕНО СЧИТЫВАНИЕ**.
 - 4 Отключите все кнопки упоров.
 - 5 Клавишей **←** перемотайте ленту в исходное положение. Останов ленты происходит на символе **%**.
 - 6 Установите упор **ПС**.
 - 7 Нажатием клавиши **→** пуск считывается вперед, ввести первый кадр.
 - 8 Убедитесь в правильности ввода первого кадра.
 - 9 Отключите упор **ПС**.
 - 10 Нажмите кнопку **ПУСК** – пуск программы.
- Обработку первой детали рекомендуется производить при включенном упоре **Δ**, позволяющем отработать стандартный цикл с остановкой после каждой части. При этом задание вводится пуском считывателя вперед. После проверки правильности задания по экрану кнопкой **ПУСК ПРОГРАММЫ** дается команда на его исполнение. Упор **N** может быть использован для автоматического поиска кадра, заданного на переключателях. Команда на поиск дается клавишей **R**, упор **ПС** используется для кадровой протяжки ленты вперед клавишей **→** и назад **←**.
- 11 Работа по программе.
 - 12 Нажмите кнопку **СТОП ПРОГРАММЫ**, при этом все сигналы из устройства ЧПУ снимаются, на станке останавливаются приводы подачи, шпиндель, насос, охлаждение.
 - 13 Повторите обработку следующей детали с пункта 4.

Расположение информации на экране цифровой индикации

Расположение индицируемой информации на экране цифровой индикации УЧПУ показано на рис. 12.4. На экране индицируются номер последнего считанного кадра – 1; номер обрабатываемой части стандартного цикла – 2; код подготовительных функций – 3; координатное задание по осям – 4; коды заданных режимов обработки – 5; номер инструмента в регистре носителя – 6; номер инструмента в регистре программы – 8; код заданной вспомогательной функции – 9; код и место неисправности – 10; номер диапазона скорости шпинделя – 11; код невыполнения задания или неправильный ввод адреса – 12; номер гнезда в позиции перегрузки – 13; код скорости шпинделя внутри диапазона – 14; код подачи по приводу I канала – 15; код подачи по приводу II канала – 16; положение исполнительных органов и систем отсчета детали – 17.

Наладка станка

Наладка станка включает установку и закрепление обрабатываемой детали, установку базы отсчета (нуль станка), установку исполнительных органов в базовое положение (нуль детали), зарядку инстру-

ментального магазина, установку размеров инструментов. Автоматическое управление координатными перемещениями исполнительных органов станка от системы «Размер 2М» возможно, если измерительная система станка согласована с системой координат детали. Это согласование осуществляется с помощью органов установки начала отсчета (нуля отсчета), предусмотренного в системе для всех координат. Установка нуля отсчета производится после ввода рабочих органов станка в положение начала отсчета координат. Установка начала отсчета по осям координат заключается в наборе на



Рис. 12.4 Расположение индицируемой информации на экране УЧПУ

декадных переключателях (рис. 12.3, поз. 11) установки нуля координат фактического положения соответствующих рабочих органов. Для этого на панели «Установка нуля» по каждой координате набирают необходимую величину смещения нуля для привязки координат заготовки к координатам станка.

Направления осей координат станка показаны на рис. 12.1. Ось Z всегда параллельна оси шпинделя и ее положительное направление – от поворотного стола к инструменту; ось X всегда горизонтальна и перпендикулярна оси Z. Положительное направление оси X – влево, если смотреть на деталь со стороны шпинделя (вдоль его оси); ось Y перпендикулярна плоскости XZ и ее положительное направление – вниз (перемещение стола из крайнего верхнего положения в крайнее нижнее положение). Для угловой координаты положительным направлением вращения считается вращение стола по часовой стрелке при взгляде вдоль положительного направления оси Y.

Установка нуля отсчета выполняется в следующей последовательности:

- 1 Установить приспособление, совместив его ось с осью поворотного стола.
- 2 В шпиндель станка установить индикатор.
- 3 Повернуть стол в положение «Цанга в сторону шпинделя». Для этого на панели набрать

РУЧН.ВВОД **В** **+** **0|0|0|0|5|2** **ПУСК** .

4 Обкатать базовую поверхность приспособления. На правой половине экрана установить **940|961|980** **X+000000** **Y+000000** . После совмещения оси Z шпинделя с осью Z приспособления установить в левой половине экрана с помощью декадных переключателей по осям X и Y панели установки плавающих нулей **X+000000** **Y+000000** . Таким образом, будут совмещены нуль детали и нуль станка по осям X и Y.

5 Установка нуля по оси Z. Для этого на декадном переключателе по оси Z панели установки плавающих нулей установить размер **218.00** . Эта величина складывается из расстояния от абсолютного нуля отсчета по оси Z до оси поворотного стола (200 мм) и расстояния от оси поворотного стола до плавающего нуля по оси Z, равное 18 мм (см. Прил. 12.1. Карта наладки станка MC12-250M).

В соответствии с технологией выбирается инструмент и определяется его фактическая длина в оправке.

При определении длины инструмента оперируют не всей длиной инструмента с оправкой, а только расстоянием от его конечной точки до линии большого диаметра конусной части оправки. Инструмент устанавливается в магазин с учетом технологической последовательности, определенной программой. Инструмент, который первый работает по программе, устанавливается в шпиндель, а последний инструмент – в кантователь.

Для установки инструмента необходимо:

1 На декадных переключателях наборного поля коррекции (рис. 12.3, поз. 10) в соответствии с номерами позиций инструмента набрать величину вылета инструмента от торца шпинделя. Размеры вылета инструмента для детали «Корпус» показаны в карте наладки инструмента (см. Прил. 12.2).

2 Вставить инструмент, который первый работает по программе в шпинделе.

3 Ввести номер инструмента, который стоит в шпинделе

4 Ввести номер инструмента, который стоит в кантователе

5 Перемотать ленту в исходное положение .

6 Установить режим работы по кадрам, т.е. зажать упор Δ .

7 Считать первый кадр . По этому кадру вышли в точку начала работы левого инструмента по координатам X и Y .

8 программы.

В следующем кадре происходит перемещение шпинделя по оси Z на заданную координату.

Выполняют первый проход, после отвода инструмента производят измерение полученного размера детали и корректором окончательно устанавливают инструмент на требуемый размер.

Таким же способом производится настройка других инструментов.

Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, оборудованием.

2 Вычертить органы управления станка и изучить назначение каждого элемента.

3 Изучить работу станка на каждом режиме: ручного управления, ручного ввода программы, работы станка по программе и дать их краткое описание.

4 Ознакомиться под руководством учебного мастера с расположением органов управления на станке и с наладкой станка на различные режимы работы.

5 Получить перфоленту и под наблюдением учебного мастера наладить станок для работы в автоматическом режиме.

6 Составить отчет.

Содержание отчета

1 Название и цель работы.

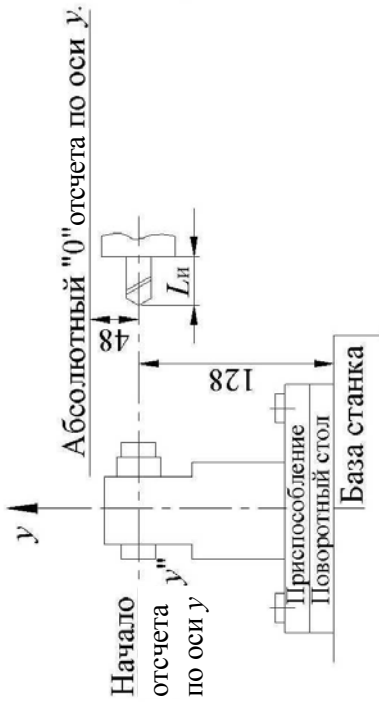
2 Краткая характеристика станка.

3 Схемы пультов управления станком и назначение органов управления.

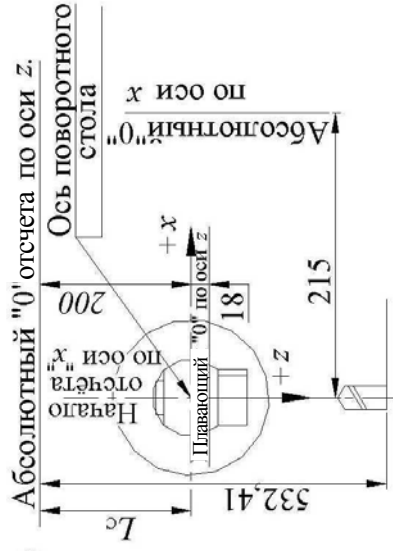
4 Схемы расположения информации на экране цифровой индикации.

5 Наладка станка для обработки деталей, установка нуля отсчета, установка инструмента, карта наладки станка.

6 Порядок наладки станка для работы по программе (автоматический режим).



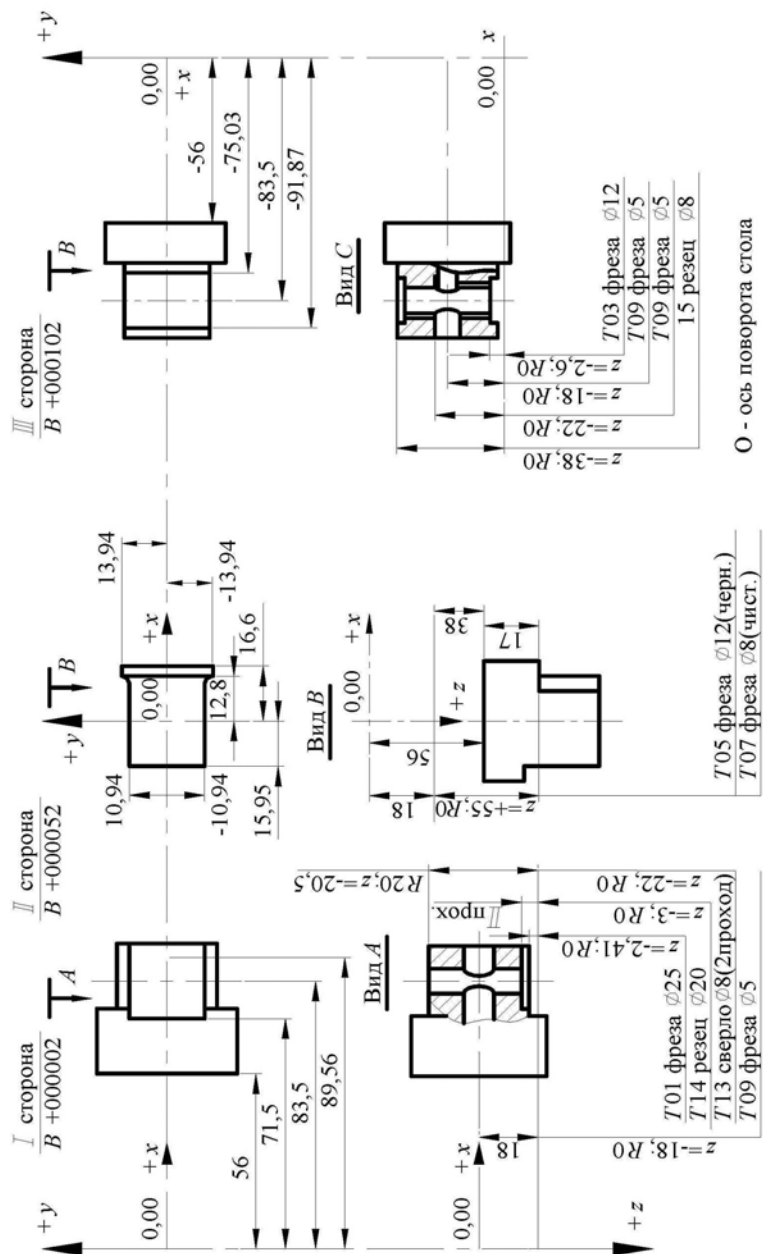
За начало отсчета по оси x принято положение салазок, когда ось поворотного стола совпадает с осью шпинделя. За начало отсчета по оси y принято такое положение суппорта, при котором расстояние от оси y шпинделя до плоскости стола 128 мм при этом расстояние до плоскости стола 168 мм. Плавающий нуль по оси z установить на расстоянии 18 мм от поворотного стола.



L_n – линия инструмента, набранная на декадных переключателях наборного поля коррекции.

L_c – величина смещения нуля отсчета по координате z : устанавливается на декадных переключателях наборного поля установки нуля $L_c = 200 + 18$

Размеры вылета инструмента для детали «Корпус»



Лабораторная работа 13

Проектирование технологического процесса
с операциями на станках с ЧПУ

Цель работы: практическое освоение методов разработки технологических операций на многоцелевом станке с ЧПУ MC12-250M.

Методические указания

Высокие технологические возможности станков с ЧПУ – большая жесткость и повышенная точность, высокая степень автоматизации и возможность осуществлять значительную концентрацию операций – оказывают существенное влияние на построение технологических процессов обработки деталей и отдельных операций.

Технологический маршрут обработки деталей обычно разделяют на три этапа. На первом этапе с помощью станка с ручным управлением (РУ) обрабатывают технологические базы. На втором этапе вы-

полняются операции на станках с ЧПУ. В отдельных случаях для выполнения третьего этапа технологического процесса осуществляется доработка деталей после выполнения операций на станках с ЧПУ.

Технологическая подготовка механической обработки заготовок на станках с ЧПУ включает: 1) отбор номенклатуры и классификацию заготовок; 2) технологическую отработку чертежей; 3) разработку технической документации, необходимой для изготовления управляющей программы и для непосредственной обработки заготовки на станке с ЧПУ.

1 ОТБОР НОМЕНКЛАТУРЫ ЗАГОТОВОК, ПОДЛЕЖАЩИХ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Критерием отбора является технологическая возможность обработки заготовок на данном станке с ЧПУ. Краткая информация об отобранных заготовках заносится в таблицу, которая содержит наименование заготовки, номер чертежа, количество деталей для машины. На основе анализа данных типового классификатора производят отбор заготовок, для которых обработка на станках с ЧПУ является технически и экономически целесообразней. В первую очередь должны быть выбраны наиболее сложные и трудоемкие заготовки, имеющие участки с криволинейным контуром.

Заготовки, для которых установлена технико-экономическая целесообразность обработки на станке с ЧПУ, подвергаются дальнейшей классификации по признаку групповой обработки.

2 Выбор конструкции и типоразмера многоцелевого станка

При подборе деталей для изготовления на многоцелевых станках необходимо установить число сторон, с которых должна обрабатываться заготовка. У различных заготовок может быть от одной до пяти и более обрабатываемых сторон. Обработка таких заготовок требует наличия станков различных компоновок – вертикальных, горизонтальных, с поворотными и глобусными столами, одно- или двухшпиндельных. Если обработка требуется только с одной стороны, то может быть использован станок с вертикальным расположением шпинделя. Если же обработка производится с двух, трех и четырех сторон, то требуется станок с горизонтальным шпинделем и поворотным столом. При большем числе сторон обработки применяются станки с глобусными столами или станки с двумя шпинделями (горизонтальным и вертикальным) и поворотным столом. Вторым важным условием выбора станка является соответствие количества необходимых инструментов и числа гнезд в инструментальном магазине. Если число гнезд значительно больше, чем число требующихся инструментов, то это приводит к резкому увеличению себестоимости обработки.

3 Анализ технологичности детали

Технологическими следует считать детали, обработки которых можно выполнять в непрерывном автоматическом процессе и не связанные с ручными приемами управления обработки. С позиции подготовки программы технологичными следует считать такие детали, в которых обрабатываемые поверхности плоскости или криволинейные поверхности, профиль которых образован сопряжением прямых с дугами окружностей. Если конструкция заготовки отвечает общим требованиям механической обработки и программирования, то повышение технологичности конструкции в первую очередь должно быть направлено на сокращение типоразмеров режущего инструмента и использование стандартного инструмента.

4 Технологическая обработка чертежей

Вначале на технологическую операцию разрабатывается операционный эскиз о соответствии с общими принципами проектирования технологической документации. Эскиз вычерчивается в произвольном выбранном масштабе. На операционном эскизе проставляются только те размеры с числовыми величинами предельных отклонений, которые необходимо получить после обработки на данной операции и шероховатость обработанных поверхностей. На эскизах все размеры обрабатываемых поверхностей нумеруются арабскими цифрами, проставляемые в окружности диаметром 8 мм и соединяемые с размер-

ной линией. Нумерацию следует проводить в направлении движения часовой стрелки. Пример оформления операционного эскиза показан на рис. 13.1.

На втором этапе производится технологическая обработка операционного эскиза или чертежа детали, заключающаяся в том, что на ее основе можно было бы составить программу работы станка.

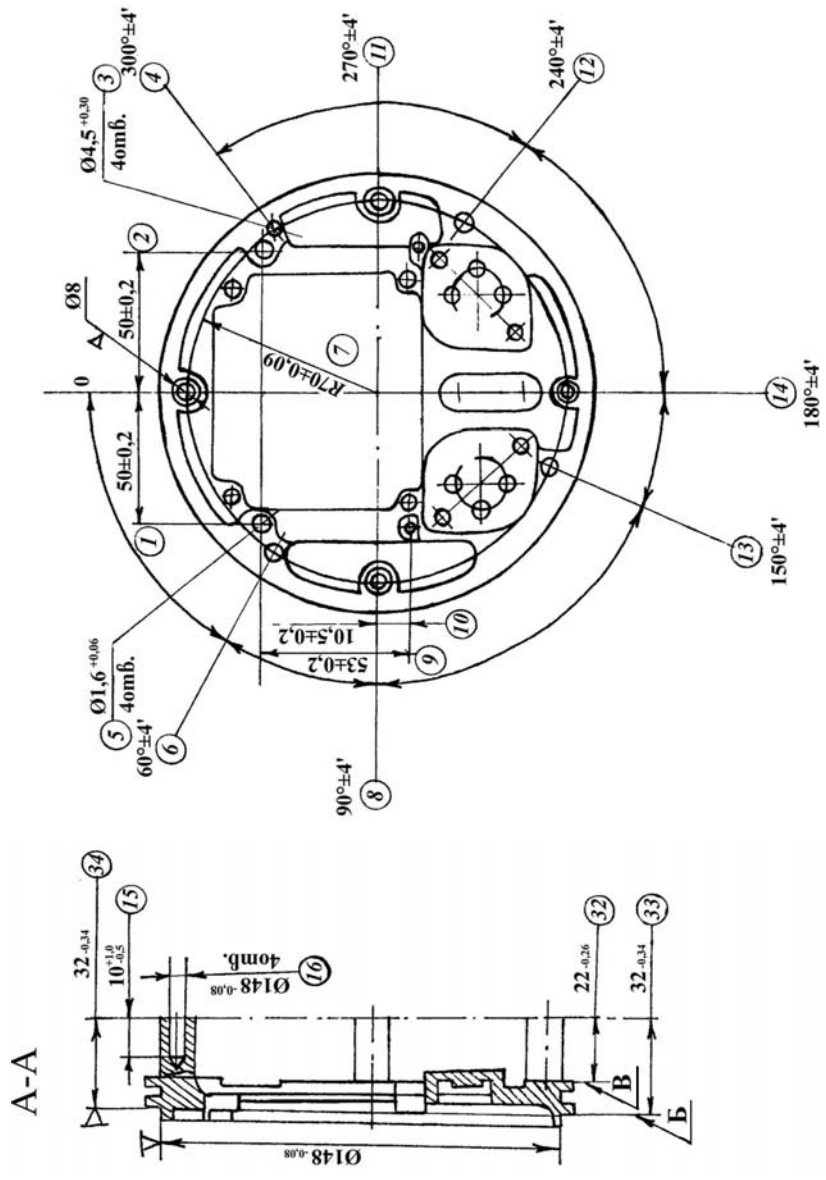
Обработка на станках с ЧПУ ведется по командам, выражающим координаты точек, лежащих на пути инструмента в прямоугольной системе координат. Следовательно, на операционном эскизе обрабатываемой детали на станке с ЧПУ размеры должны задаваться также прямоугольной системе координат. Для этого необходимо определить их начало и выбрать направление осей. При установке детали на станке для обработки выбранные направления осей должны совпадать с направлением осей координат станка. На рис. 13.2 показан пример нанесения размеров на операционных эскизах деталей с отверстиями, имеющими параллельные оси.

5 Разработка технологического процесса

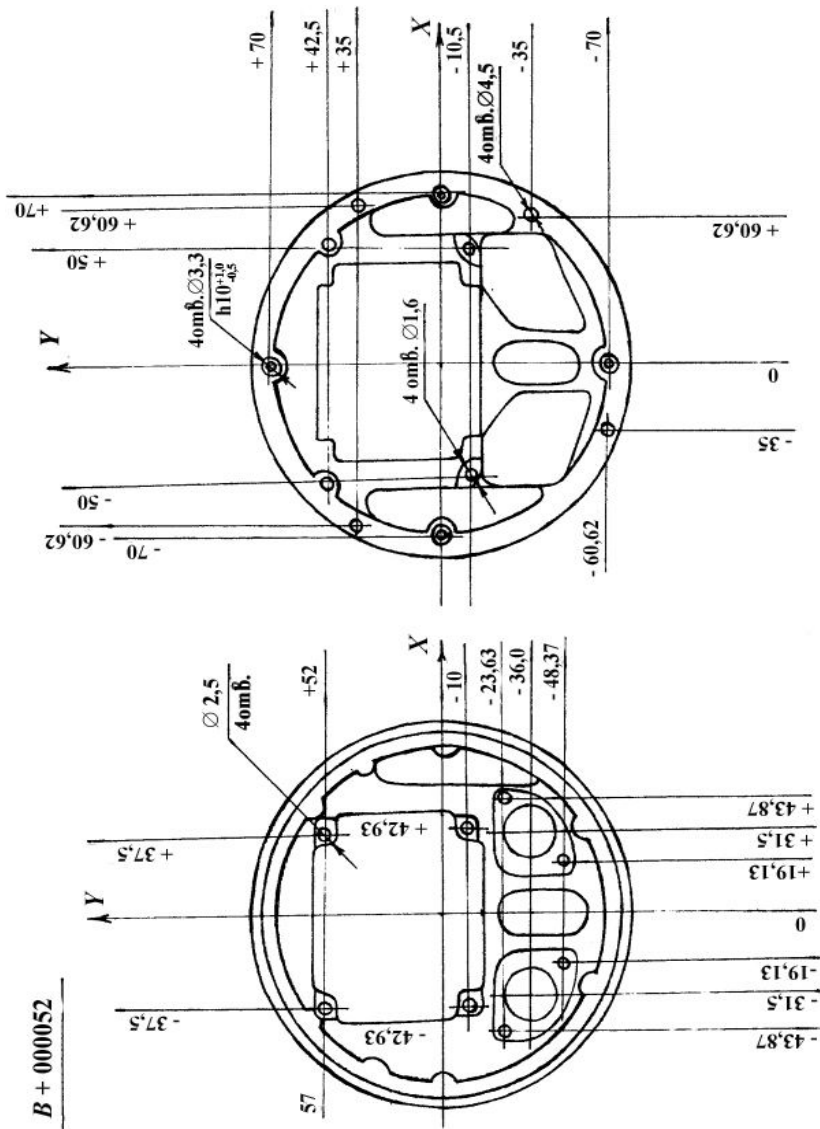
Проектирование технологического процесса на станках с ЧПУ подчиняется общим принципам. Установление последовательности обработки и содержание операций, выбор типов станков, приспособлений и инструментов, расчет режимов резания в целом выполняется по тем же правилам, что и для станков без ПУ. Специфические особенности проектирования обусловлены появлением принципиально нового элемента — программы автоматической работы станка.

Разработка технологического процесса обработки деталей на станках с ЧПУ включает следующие основные этапы:

- 1 Выбор заготовки и методов ее изготовления.
- 2 Выбор технологических баз и зажимных устройств.
- 3 Выбор методов обработки всех поверхностей.
- 4 Определение последовательности выполнения операций.
- 5 Выбор оборудования.
- 6 Выбор структуры операций.
- 7 Установление последовательности операций.
- 8 Выбор режущих инструментов.
- 9 Расчет припусков на обработку.
- 10 Графическое построение траектории движения инструмента.
- 11 Расчет координат опорных точек.
- 12 Установление исходных данных и расчет режимов обработки.
- 13 Расчет норм времени.
- 14 Расчет точности, производительности и технико-экономическое обоснование применения станков с ЧПУ.



Пример нанесения размеров на операционном эскизе



15 Разработка управляющих программ обработки, запись на программноноситель УЧПУ.

16 Отработка, корректировка и внедрение управляющей программы.

Пример разработки координатно-сверлильной операции обработки детали «основание», выполняемой на станке MC12-250 и заполнение операционной карты показаны в табл. 13.1.

6 Технологическая документация

При разработке технологических процессов, операций и управляющих программ установлены правила оформления следующих документов (ГОСТ 3.1404-86): Карта технологического процесса (КТП) – ф. 1 и 1а; операционная карта (ОК) – ф. 3 (1 лист) и ф. 2а (последующие листы); карта кодирования информации (ККИ) – ф. 5 и ф. 5а; карта заказа на разработку управляющей программы – ф. 6 и 6а; ведомости обрабатываемых деталей на станках с ЧПУ- ф. 7 и 7а. Пример заполнения табличной части формы ККИ (ф. 5 и 5а) представлен в табл. 13.2.

Описание указания данных в ОК выполняют в такой последовательности: описание операции, перехода; информация технологической оснастки; информация технологических режимах. Данные о технологической оснастке и средствах измерения указывают в следующем порядке: приспособления, вспомогательный инструмент, режущий инструмент, средства измерения.

7 Основы программирования обработки деталей на станке MC12-250

с помощью УЧПУ «размер 2М»-1201

Таблица 13.1

Разраб. Нормир. Провер.	Мишин	АБВГ		АБВГ.403171.017		Б26024.51041008		АБВГ.60141.017		
		Основание		Тверд.	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
И.контр.		Материал		Тв	Т ₀	Т _{плз.}	СОЖ			
Наименование операции		Ал2 ГОСТ 2685-75		Тв	Т ₀	Т _{плз.}	10% Уринол I			
Координатно-сверлильная		Обозначение программы		Тв	Т ₀	Т _{плз.}				
Обор., устройство ЧПУ		МС-12-250								
Р		ПИ	Д или В	L	t	i	S	n	V	
			мм	мм	мм	мм	мм/об	об/мин	М/МИН	
							мм/МИН	об/с	М/с	
01										
А 02	АБВГ.20141.00017(КЭ); АБВГ.XX141.00041(КНП); АБВГ.XX141.00049(КЗП); ИО П16Ф-83									
03										
О 04	Фрезеровать 4 бобышки в размер 34									
05	1. Установить заготовку в приспособление и закрепить								0.17	
Т 06	6382-4281(1) приспособление									
О 07	2. Фрезеровать 4 бобышки в размер 34									
Т 08	2200-0532(1) Ø10 фреза ГОСТ 16225-81; ШПР-250-0,05(1) штангерејсмос ГОСТ 164-80									
Р 09				10	10	0.5	1	25	1000	64
О 10	3. Центровать 4 отверстия 16 в размеры 7,8,11,14									
Т 11	2317-0004(4) Ø2 сверло ГОСТ 14952-75									
Р 12										
О 13	4. Сверлить 4 отверстия 16 в размеры 7,8,11,14,15									
Т 14	2300-7525(1) Ø33 сверло ГОСТ 10902-77; 8133-0623(1) ПРИБКА гост 14807-69									
Р 15				3.3	10	1.6	1	60	1600	17
О 16	5. Фрезеровать поверхность <В> в 2-х местах в размеры 26,29,30,32									
Т 17	2200-7525(1) Ø10 фреза ГОСТ 16225-81; ИИ10кл(1) Индикатор ГОСТ 577-68; С-IV-8-50(1) стойка									
Р 18				24	24	0.5	1	25	1000	31.4
О 19	6. Фрезеровать поверхность <Б> в 4-х местах в размеры 17,19,20,22,33									
Т 20	набор 1(1) концевые меры плоскопараллельные ГОСТ 9038-83									
Р 21				8	8	0.5	1	25	1000	31.4

7.1 Структура управляющей программы (УП). Управляющая программа записывается на 8-дорожечную перфорационную ленту шириной 25,4 мм в виде последовательно расположенных кадров: каждый кадр содержит информацию о геометрических и технологических командах, необходимых для обработки определенного участка заготовки. Кадр состоит из строк перфоленты, в каждой из которых записывают кодовые обозначения символов программы.

При составлении программ используют код ИСО – 7 бит. Код позволяет кодировать 128 символов, которые подразделяются на цифровые, буквенные и графические (ГОСТ 20999–83) цифровые, буквенные и графические (ГОСТ 200999–83).

Адреса кодов обозначают различные команды по управлению станком МС12-250: *N* – номер кадра; *G* – подготовительная команда; *X, Y, Z* – величина перемещения параллельно по осям *X, Y, Z*; *F* – скорость подачи; *S* – частота вращения шпинделя; *T* – номер инструмента; *L* – номер коррекции;

Р	Ши	Д	В	L	t	i	S	n	V	T _в	T _о	
												мм
О 22	7. Центровать 16 отверстий в размеры 1,2; 4,6; 7,8; 9,1; 0,14; 2,13; 18,21; 23,24; 25,26; 29,30,31											
Т 23	2317-0002(1) Ø1.25 сверло центровачное ГОСТ 14952-75											
Р 24	1.25	1	0.63	1	60	1600	6.3					
О 25	8. Сверлить 4 отверстия 3 в размеры 6,7,4,12,13											
Т 26	2300-7561(1) Ø4,5 сверло ГОСТ 10902-77; 8133-0628-4,5 ^{±0,03} (1) пробка ГОСТ 14807-69											
Р 27	4,5	6	2.3	1	60	1600	22.4					
О 28	9. Сверлить 4 отверстия 28 в размеры 24,29,30,31; 4 отверстия 5 в размеры 112,9,10											
Т 29	2300-0135(1) Ø1.6 сверло ГОСТ 10902-77; 8133-0609-1,6 ^{±0,03} (1) пробка ГОСТ 14807-69											
Р 30	1.6	6	0.8	1	60	1600	8.0					
О 31	10. Сверлить 4 отверстия 27 в размеры 18,21,23											
Т 32	2300-0148(1) Ø2,5 сверло ГОСТ 10902-77; 8133-0617-2,5 ^{±0,03} (1) пробка ГОСТ 14807-69											
Р 33	2.5	5	1.25	1	60	1600	13					
О 34	11. Уложить детали в тару											
ОК	Обработка деталей на металлорежущих станках с ЧПУ											

**13.2 Карта кодирования информации (ГОСТ 3.1404–86)
(табличная часть; деталь «Основание»)**

Номер кадра	Кодирование информации содержание кадра	Содержание перехода
N001	% Z G53960G80Z + + 053000MO5Z	Начало программы Отмена коррекции инструмента (53); точное позиционирование (60); отмена автоцикла (80), перемещение шпинделя в крайнее заднее положение (позицию смены инструмента по оси на 530 мм, отсчитываемое от абсолютного нуля); отключение враще-

N101		ния шпинделя (<i>MO5</i>) Отмена команды <i>G53</i> ; поворот стола в позицию <i>O</i>
	<i>G40B + 000002</i>	
N002		Отмена команды <i>G53</i> ; коррекция на длину инструмента (<i>W</i>) по оси <i>Z</i> на 1,91 мм; отыскать инструмент (<i>TO1</i>), фрезу \varnothing 10 мм; заменить инструмент (<i>MO6</i>) в шпинделе
	<i>G40 W + 000191TO1M O6</i>	
N103		Задается режим точного позиционирования стола (<i>G61</i>) с подходом к заданной позиции в положительном направлении оси <i>X</i> на 70 мм; перемещение по оси <i>Y</i> со скоростью подачи (<i>F48</i>) 250 мм/мин; включение правого вращения шпинделя (<i>MO3</i>)
	<i>G61X + 007000Y - -001500 48MO3</i>	
N104		Включение системы охлаждения (<i>MO8</i>)
		Точный подход к заданной позиции на скорости подачи (<i>G65</i>); перемещение шпинделя на 3,17 мм по оси <i>Z</i>
N105		Перемещение по <i>Y</i> на 15 мм
		Точное позиционирование, перемещение по <i>X, Y</i>
N106		Обработка с точным подходом к заданной позиции со стороны движения на скорости подачи; перемещение по <i>X</i> по 15 мм
N107	<i>Z - 000000MO8</i>	
N108	<i>G65Z - 000317</i>	
	<i>Y + 001500</i>	
	<i>G61X + 001500Y + + 007000</i>	
	<i>G65X - 001500</i>	

M – вспомогательная команда; *R* – размер быстрого перемещения на оси; *B* – угловой поворот относительно *Y*. Кроме адресов имеется ряд служебных символов : <+>, <-> знаки направления перемещения; % – начало программы; 3Б – забой; 0 ... 9 – цифры от 0 до 9; ПС – конец кадра. Кодовые обозначения символов показаны в табл. 13.3.

13.3 Кодовые обозначения символов

Цифры в двоичной системе счисления									Символ	Цифровое значение
1	2	4	8							
Порядковый номер дорожки										
1	2	3	T	4	5	6	7	8		
			o		O	O			0	

0			o		0	0		0	1	
	0		o		0	0		0	2	
0	0		o		0	0			3	
		0	o		0	0		0	4	
0		0	o		0	0			5	
	0	0	o		0	0			6	
0	0	0	o		0	0		0	7	
			o	0	0	0		0	8	
0			o	0	0	0			9	
	0		o				0		B	2
	0	0	o				0	0	P	8
0	0	0	o				0		G	7
0		0	o	0			0		M	13
	0		o		0		0	0	R	2
0	0	0	o		0		0		S	3
			o		0		0	0	T	4
			o	0	0		0	0	X	8
0			o	0	0		0		Y	9
	0	0	o	0	0		0		Z	10
0			o			0		0	%	5
0	0	0	o	0		0			+	11
0			o	0		0			-	13
	0	0	o	0					ПС	10
0	0	0	o	0	0	0	0	0	ЗБ	15
	0		o	0			0		N	14
			o							

7.2 Кодирование угловых координат поворота стола. Угловой размер относительно Y (угловой поворот стола относительно Y) вводится в систему программного управления адресом B в долях Π , приведенных в табл. 13.4.

13.4 Кодовые обозначения угловых координат поворота стола

Угол поворота стола, град	Кодовое обозначение размера поворотного стола в долях Π	Угол поворота стола, град	Кодовые обозначения размера поворотного стола в долях Π
0	$B + 000002$	75	$B + 000044$
15	$B + 000010$	90	$B + 000052$
30	$B + 000019$	105	$B + 000060$
45	$B + 000027$	120	$B + 000069$
60	$B + 000035$	135	$B + 000077$
150	$B + 000089$	255	$B + 000144$
165	$B + 000094$	270	$B + 000152$
		285	$B + 000160$
180	$B + 000102$	300	$B + 000159$
195	$B + 000110$	315	$B + 000177$
210	$B + 000119$	330	$B + 000185$
225	$B + 000127$	345	$B + 000194$
240	$B + 000135$	350	$B + 000002$

7.3 Кодирование скорости подач. Скорость подачи вводится в СПУ адресом *F* и номером ступени скорости, выраженного двузначным десятичным числом. Для этого весь диапазон скоростей подач станка разбит на ряд ступеней. Значения скорости подачи и соответствующие им номера ступеней по координатам *X, Y, Z* приведены в табл. 13.5.

Задание по *F* действует только с командами рабочей подачи (*G65 ... G69*).

7.4 Кодирование подготовительных команд. Подготовительные команды состоят из адреса *G* и кодового двузначного числа. Эта функция определяет информацию об изменении условий перемещений механизмов станка. Все подготовительные команды можно разбить на три группы (табл. 13.6). К первой группе относятся команды, учитывающие размер инструмента (*G 40 ... G53*). Ко второй группе относятся команды задающие точность подхода к месту обработки при позиционировании (*G60 ... G69*). К третьей группе относятся команды постоянных автоматических циклов (*G80, G81 ...G9*). В программе все три группы *G*-команд записываются в одном кадре.

13.5 Кодовые обозначения скоростей подач по координатам *X, Y, Z*

№ п/п	Код ступени	Скорость подачи, мм/мин			№ п/п	Код ступени	Скорость подачи, мм/мин		
		<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>			<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
1	<i>F 00</i>	00	00	00	7	<i>F 44</i>	160	160	160
2	<i>F 20</i>	10	10	10	8	<i>F 48</i>	250	250	250
3	<i>F 24</i>	16	16	16	9	<i>F 52</i>	400	400	400
4	<i>F 28</i>	25	25	25	10	<i>F 56</i>	630	630	630
5	<i>F 32</i>	40	40	40	11	<i>F 60</i>	100	100	100
6	<i>F 36</i>	63	63	63	12	<i>F 99</i>	Ускоренный ход 3000 мм/мин		
7	<i>F 40</i>	10	10	10	13				
		0	0	0					

13.6 Подготовительные команды

Кодовое обозначение	Наименование команд
<i>G40</i>	Отмена коррекции инструмента, % (коррекция %)
<i>G45</i>	Коррекция инструмента ++
<i>G46</i>	-"- +/-
<i>G47</i>	-"- -/-
<i>G48</i>	-"- -/+
<i>G49</i>	-"- 0/+
<i>G50</i>	-"- 0/-
<i>G51</i>	-"- +/0
<i>G52</i>	-"- -/0
<i>G53</i>	Отмена коррекции инструмента, установки нуля и смещения плоскости
<i>G60</i>	Позиционирование точное I
<i>G61</i>	Позиционирование точное II
<i>G62</i>	Позиционирование грубое I
<i>G63</i>	Позиционирование грубое II
<i>G64</i>	Позиционирование грубое III (изменение скорости)
<i>G65</i>	Обработка с точным подходом к за-

G66	данной позиции I
G80	Обработка с точным подходом к за- данной позиции II Отмена автоцикла

Команды с G40 по G53 учитывают расположение инструмента относительно обрабатываемого контура для введения в систему коррекции по координатам X и Y. Команды этой группы записываются в программу первыми по порядку, их кодовые обозначения приведены в табл. 13.6. Для позиционирования механизмов станка используются команды G60 ... G69. Команда G60 – команда точного позиционирования, при которой подход механизмов станка к точке позиционирования осуществляется с любой стороны без перебега. При команде G61 механизмы станка в отрицательном направлении имеют перебег, а затем возвращаются к заданной точке в положительном направлении, что позволяет вести выборку люфта в механизмах станка. Команды G62, G63 – команды грубого позиционирования. Величина недоходов и перебегов для этих команд по каждой координате устанавливается при настройке станка. G65 ... G69 – команды рабочей подачи, они работают на заданной скорости подачи.

При записи в программе команд G60 ... G64 заданная подача не отменяется для последующих кадров, но в кадрах с этими кодами будет действовать подача F99 (ускоренный ход – 3000 мм/мин). Команды G66, G68 имеют паузы в 1 ... 10 с. Команды этой группы записываются вторыми по порядку. Более полную расшифровку функций команд смотрите в табл. 13.6.

7.5 Постоянные автоматические циклы. Повторяющиеся при обработке операции по оси Z (например, сверление, растачивание отверстий, нарезание резьбы и т.д.) могут быть в программе выделены в отдельные группы – автоматические циклы. Для управления циклами используются команды 80 ... 99. В табл. 13.7 приведен пример автоцикла, рекомендуемого для сверления отверстий.

13.7 АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ПО ОСИ Z (СВЕРЛЕНИЕ)

Ко- манда	Схема АЦ			$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 4$
				G64	G67	G63	63
G-81 (G-91)		$\Delta 2$	$\Delta 3$	R + Z = 0	R + Z	R + Z R = 0, Z = 0	R + Z R = 0, Z = 0

Ускоренный ход Подача точно G90 Направление вращения главного привода

Подача G80 грубо

Части АЦ $\Delta 1 - \Delta 4$

Автоцикл состоит из 4-х частей. В первой части цикла ($\Delta 1$) включается шпиндель и обрабатывается на ускоренном ходу (команда G-64) величина R (быстрое перемещение по оси Z). Величина R определяет перемещение шпинделя с инструментом из исходного положения к точке, удаленной на установленное расстояние от поверхности детали.

Знак перед величиной R при программировании опускается. Во второй части цикла ($\Delta 2$) производится обработка детали. При этом шпиндель с инструментом и с заданной скоростью подачи и частотой вращения перемещается на величину Z до заданной глубины обработки. В третьей и четвертой ($\Delta 3, \Delta 4$) частях цикла осуществляется возврат шпинделя в исходное положение. О разновидностях автоматических циклов станка MC12-250 смотрите «Инструкцию по программированию станка» [2].

7.6 Кодирование вспомогательных команд. Вспомогательные команды обозначаются адресом *M* и двузначным десятичным числом. Они определяют изменение в условиях обработки программы станком. В одном кадре программы может быть задана только одна вспомогательная команда. Команда запоминается в СПУ только на время обработки кадра. Кодирование вспомогательных команд приведено в табл. 13.8.

13.8 Кодовое обозначение вспомогательных команд *M*

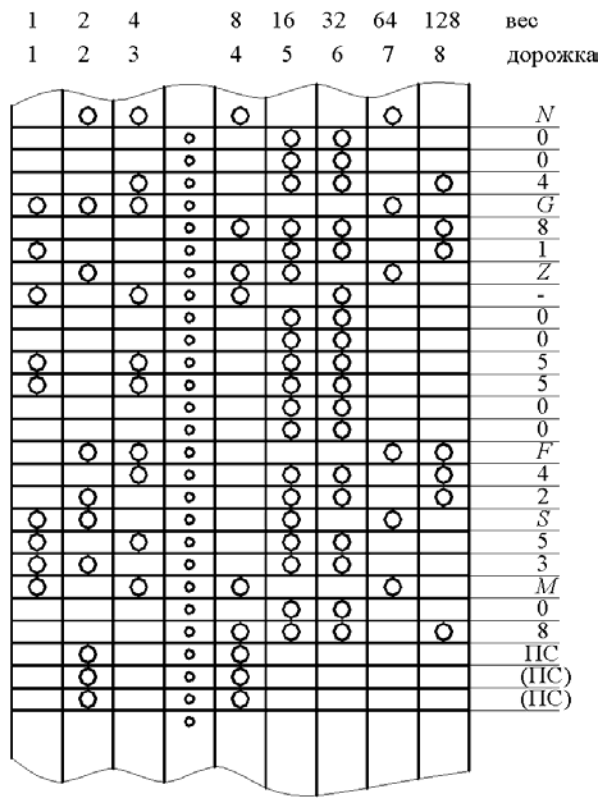
Код команды	Функция команды	Код команды	Функция команды
<i>M00</i>	Запрограммированный останов	<i>M04</i>	Вращение шпинделя против часовой стрелки (левое вращение)
<i>M01</i>	Останов с подтверждением	<i>M05</i>	Отключение главного привода (стоп)
<i>M02</i>	Конец программы	<i>M08</i>	Включение системы охлаждения (пуск)
<i>M03</i>	Вращение шпинделя	<i>M09</i>	Отключение охлаждения (стоп 1)

7.7 Кодирование «Номера кадра». «Номер кадра» состоит из адреса и трех цифр: от 001 до 999.

7.8 Кодирование частоты вращения. Кодировается адресом *S* и двузначным десятичным числом, обозначающим номер ступени частоты вращения шпинделя. Кодовые обозначения частоты вращения шпинделя приведены в табл. 13.9.

7.9 Кодирование смены инструмента. Функция инструмента вводится в СПУ адресом *T* и двузначным числом от 00 до 19 обозначающие номера гнезд (с *T00* до *T19*).

Для подачи требуемого инструмента в шпиндель необходимо задать вспомогательную функцию *M06*. При наличии команды *T* кантователь отыскивает нужный инструмент и возвращается в горизонтальное положение (рис. 13.4). Как только в систему поступает сигнал команды *M06* происходит замена инструмента при помощи манипулятора. В это же время открывается гнездо инструмента, который находится в шпинделе. Перед сменой инструмента записывается команда *G53* и координата *Z* – крайнее заднее положение шпиндельной головки (позиция смены инструмента),



N0046 81 Z -005500 F 42 S 33 M08 ПС

Рис. 13.3 Пример записи кадра на перфоленте

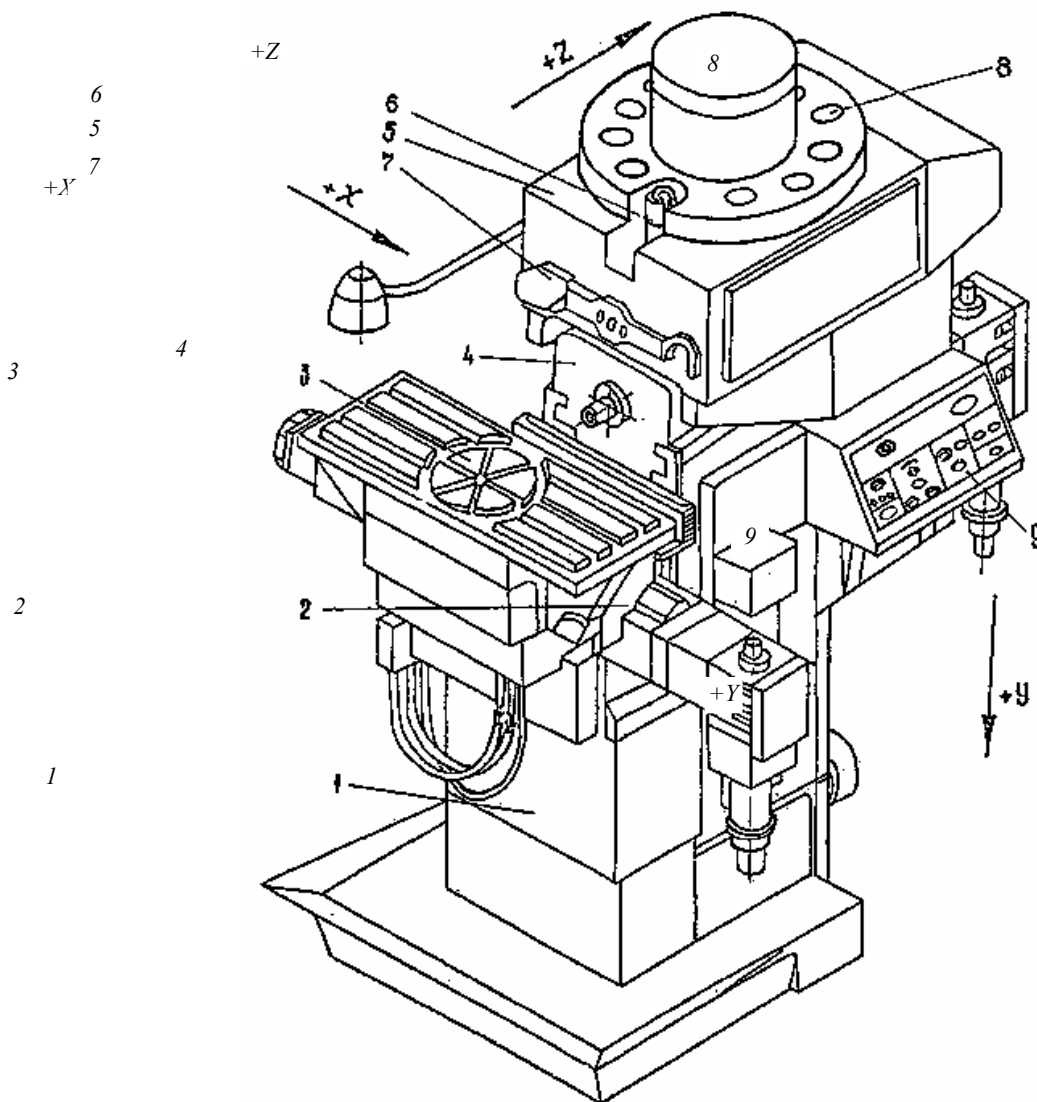


Рис. 13.4 Многоцелевой станок MC12-2505. Направление координат станка

отсчитываемая от абсолютного нуля. Для отмены команды G53 в следующем кадре обязательно записывается команда G40 и затем все другие команды.

7.10 Размер перемещения по осям X, Y, Z. По оси X горизонтальное и по оси Y вертикальное перемещение осуществляет стол станка. По оси Z перемещение осуществляет шпиндельная головка с инструментом. Вели-

13.9 Кодовое обозначение частоты вращения шпинделя

№ п/п	Код ступени	Частота вращения, мин	№ п/п	Код ступени	Частота вращения?
1	S00	0	8	S51	355
2	S33	45	9	S54	500
3	S36	63	10	S57	710
4	S39	90	11	S60	1000
5	S42	125	12	S63	1400
6	S45	180	13	S66	2000
7	S48	250			

чина перемещения по оси Z определяется размером R и величиной координаты Z со знаком $<->$, если движение шпинделя происходит на деталь, со знаком $<+>$, при противоположном движении шпиндельной головки.

Направление координат станка: ось Z всегда параллельна оси шпинделя и ее положительное направление – от стола станка к инструменту; ось X всегда горизонтальна и перпендикулярна оси Z .

Положительное направление оси X – влево, если смотреть на деталь со стороны шпинделя (вдоль его оси); ось Y – перпендикулярна плоскости X и ее положительное направление – вниз (перемещение стола из крайнего верхнего положения в крайнее нижнее положение).

Для угловой координаты B положительным направлением считается вращение по часовой стрелке, если смотреть вдоль положительного направления оси Y (рис. 13.4).

7.11 Порядок записи информации в кадре.

В управляющей программе рекомендуется записывать информацию в следующем порядке:

Начало программы	%
Номер кадра №	000 ... 999
Выбор знака коррекции	
по радиусу инструмента G	40, 45 ... 53
Выбор режима позиционирования G	60 ... 69
Выбор автоматического цикла G	80 ... 99
Размер перемещения по осям X, Y, Z	\pm (0000,00 ... 1888,99)
Размер перемещения по оси Z (в автоциклах) K	\pm (0000,00 ... 1999,99)
Скорость подачи F	00 ... 99
Частота вращения шпинделя S	00 ... 99
Номер инструмента T	00 ... 99
Вспомогательная функция M	00 ... 99
Конец кадра ПС	–

Пример записи кадра: N004 G-81 Z-005500 F42 S53 M08 ПС, где N004 – слово «Номер кадра»; G-81 – слово «Подготовительная команда – автоматический цикл сверления»; Z-005500 – «Глубина отверстия 55 мм»; F-42 – «Подача – скорость подачи 44 мм/мин, 42 ступень»; S53 – «Частота вращения шпинделя, 53 ступень»; M08 – слово – «Вспомогательная команда», «Включение охлаждения»; ПС-символ «Конец кадра».

7.12 Размещение детали на столе станка. Установка нуля отсчета.

Устанавливать деталь на столе станка следует так, чтобы все обрабатываемые отверстия и плоскости лежали в рабочей зоне станка. Определение рабочей зоны на станке в литературе [6].

Автоматическое управление перемещениями исполнительных органов станка возможно, если измерительная система станка (система координат станка) согласована с системой координат детали. Это согласование осуществляется с помощью органов установки начала отсчета (нуля отсчета), предусмотренных в системе для всех координат. За абсолютный нуль отсчета принимается: по оси X – крайнее левое (если смотреть на шпиндель спереди) положение стола плюс 100 мм; по оси Y – крайнее верхнее положение стола плюс 100 мм; по оси Z – точка на расстоянии 200 мм от центра стола в сторону, противоположную шпиндельной головке [6].

7.13 Последовательность программирования включает этапы:

- 1 Подготовка чертежа детали;
- 2 Размещение детали на столе;
- 3 Разработка технологии;
- 4 Выбор и размещение инструментов в инструментальном магазине и определение его длины;
- 5 Определение межоперационных припусков и режимов резания;
- 6 Составление карты кодирования информации (ф. 5 и 5а).

Исходная информация в закодированном виде записывается на перфоленте. Пример записи кадра программы приведен на рис. 13.3.

Оборудование, приборы, инструмент

Для проведения лабораторной работы используется многоцелевой станок с автоматической сменой инструмента и программным управлением модели MCI2-250M.

Станок MCI2-250M предназначен для выполнения разнообразных работ: сверления, зенкерования, развертывания, нарезания резьб, производства расточных и фрезерных работ по обработке прямоугольных контуров последовательно несколькими инструментами в автоматическом цикле. Станок (рис. 13.4) состоит из следующих основных узлов и механизмов: станины – 1; суппорта – 2; стола подъемно-поворотного – 3; головки шпиндельной – 4; механизма смены инструмента – 5; кантователя – 6; манипулятора – 7; магазина инструментов – 8; пульта управления – 9.

Краткая техническая характеристика станка

- 1 Диаметр планшайбы поворотного стола, мм – 250.
- 2 Количество фиксированных позиций поворотного стола – 24.
- 3 Координатные перемещения: салазок X , мм – 250; суппорта Y , мм – 280; шпиндельной головки Z , мм – 200.
- 4 Расстояние от оси шпинделя до плоскости поворотного стола, мм:
наименьшее – 60;
наибольшее – 340.
- 5 Количество инструментов в молотке – 20.
- 6 Частота вращения шпинделя, об/мин – 45, 63, 90, 125, 180, 250, 355, 500, 710, 1000, 1400, 2000.
- 7 Скорости рабочих подач, мм/мин – 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 130.
- 8 Дискретность отклонения координат X , Y , Z , мм – 001.
- 9 Наибольший диаметр сверления, мм – 12.
- 10 Наибольший диаметр расстачиваемого отверстия, мм – 60.

На рис. 13.5 представлен пульт управления станком. Пульт управления смонтирован на панели 1, на которой размещены органы управления. Кнопки 2 и 3 служат для включения и отключения СОЖ; кнопки 16 и 17 – для управления кантователем в ручном режиме; кнопка 6 «Стоп» для отключения станка от сети; переключатель 4 – для выбора координаты перемещений подвижных органов: X – салазки, Y – суппорт, Z – шпиндельная головка; ручка 14 служит для выбора скорости подвижных органов по координатам перемещения X , Y , Z ; кнопки 13, 15 служат для выбора направления перемещения подвижных органов по осям X , Y , Z ; кнопки 10, 11, 12 служат для пуска и останова шпинделя. Движение «влево» – вращение по часовой стрелке; «вправо» против часовой стрелки, если смотреть с перед-

1 2 3 4 5 10 6 7

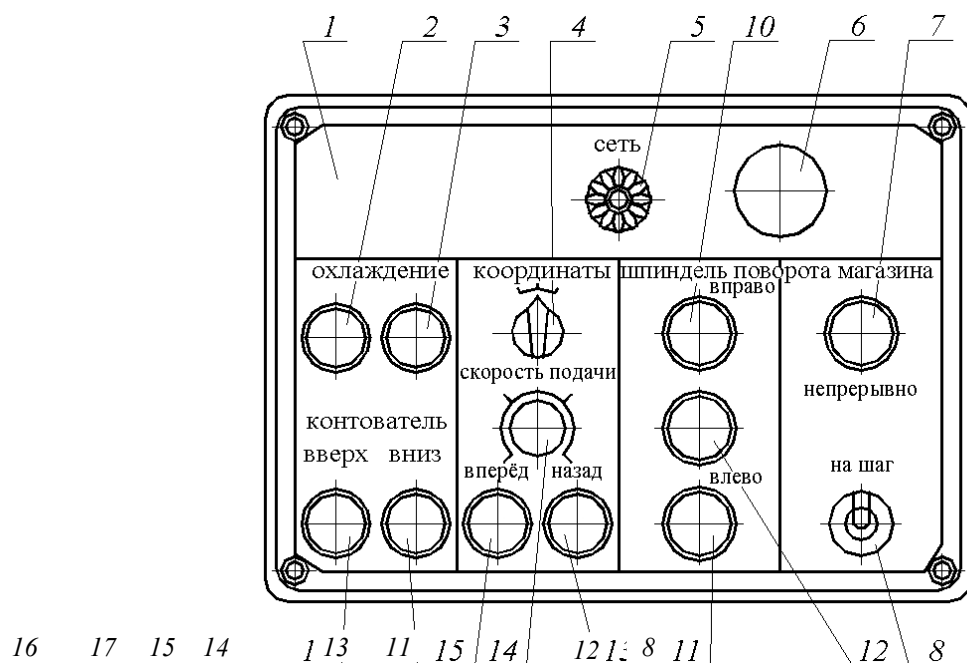


Рис. 13.5 Пульт управления ручным режимом работы станка

него конца шпинделя; кнопка 7 служит для поворота магазина, т.е. для выбора нужного инструментального гнезда; тумблер 8 служит для выбора режима поворота магазина. Режим «Непрерывно» осуществляется постоянным нажатием кнопки 7, «На шаг» – кратковременным.

Установочное приспособление для закрепления заготовки «Корпус» представлена на рис. 13.6.

Приспособление состоит из корпуса 1, цанги 2, стойки 3 и основания 4. Установка приспособления на столе станка осуществляется с помощью пальца 12 и болтов 5, 8. Разжатие цанги выполняют затягиванием гайки 9 через шайбу 11. Для соединения стойки с основанием используют винты 7.

Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с методическими указаниями; техникой безопасности, оборудованием, приборами, инструментами, содержанием отчета.

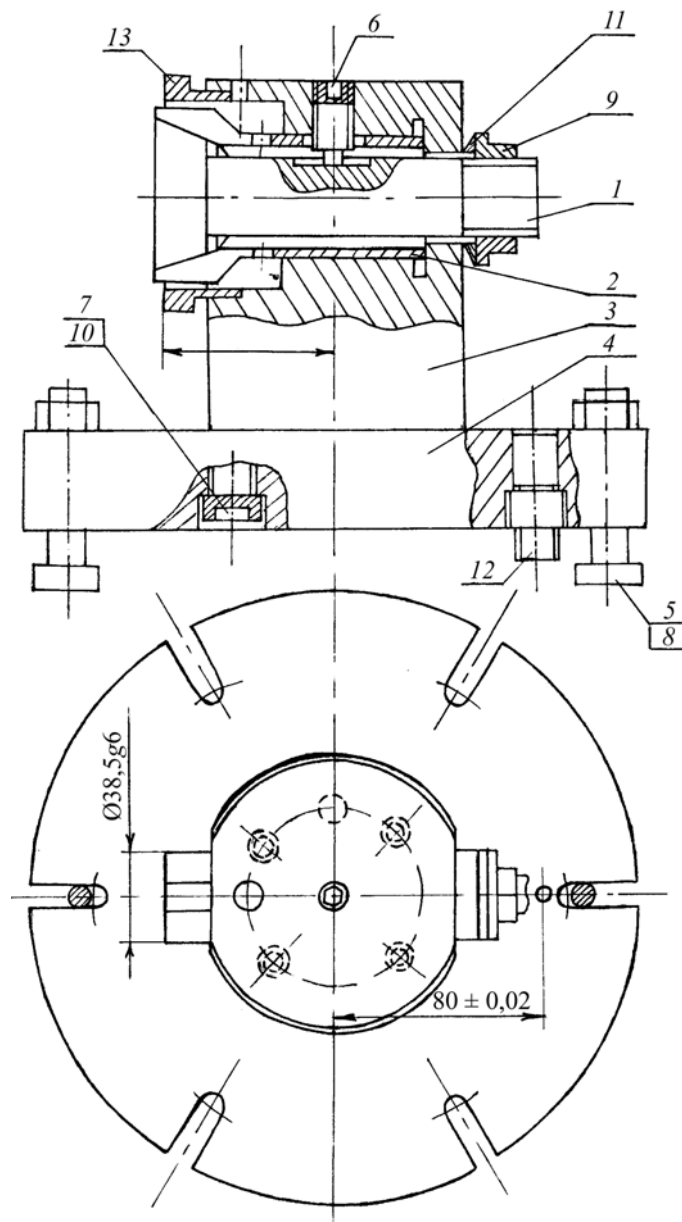


Рис. 13.6 Приспособление для обработки детали «Корпус»

- 2 Получить чертеж детали с указанием поверхностей, подлежащих обработке.
- 3 Определить начало отсчета на станке относительно «Нуля отсчета» [6].
- 4 Вычертить эскиз детали, выполнить пересчет размеров от начала отсчета по координатам X , Y , Z .
- 5 По заданному варианту получить заготовку детали и технологический процесс ее обработки.
- 6 Для двух-трех переходов произвести кодирование режущего инструмента, скоростей подач и частот вращения шпинделя. Каждому инструменту присвоить номера позиций и корректора [6].
- 7 Рассчитать и свести в таблицу координаты опорных точек.
- 8 Для двух-трех переходов составить карту кодирования информации с расшифровкой содержания перехода по кадрам управляющей программы (пример заполнения табличной части карты см. табл. 13.2).
- 9 Для двух-трех кадров УП выполнить рисунок распечатки управляющей программы (пример распечатки УП см. рис. 13.3).
- 10 Получить перфоленту с управляющей программой.
- 11 Заправить перфоленту в протяжной механизм программного управления станком.
- 12 Установить заготовку в приспособление и произвести обработку контрольной детали.
- 13 Составить отчет.

Содержание отчета

- 1 Наименование отчета.
- 2 Содержание задания.
- 3 Наименование, модель, краткая характеристика станка и системы ЧПУ.
- 4 Технологический эскиз операции.
- 5 Расчет координат опорных точек (табл. 13.2).
- 6 Операционная карта механической обработки детали (ГОСТ 3.1404-86 ф. 3 и 2а).
- 7 Таблицы кодирования режущего инструмента, скоростей подач и частоты вращения шпинделя.
- 8 Карта наладки.
- 9 Карта кодирования информации (для двух переходов).
- 10 Распечатка управляющей программы для 2-х и 3-х кадров.
- 11 Выводы.

Лабораторная работа 14

Групповая обработка на токарно-револьверном станке

Цель работы: приобретение практических навыков проектирования технологических операций групповой обработки деталей с выполнением наладки токарно-револьверного станка для обработки деталей данной технологической группы.

Методические указания

Групповые технологические процессы разрабатываются на группы деталей, сходных по ряду конструктивно-технологических признаков. Такими могут быть детали с близкими по служебному назначению признаками, конструктивным сходством обрабатываемых поверхностей, одинаковыми требованиями к точности и качеству обрабатываемых поверхностей, общностью технологического оборудования, оснастки и инструмента, применяемого для их изготовления и др.

Групповые технологические процессы проектируются в следующей последовательности [5]: подбирают группу деталей, удовлетворяющих требованиям групповых наладок; выбирают (проектируют) комплексную деталь, т.е. деталь в конструкции которой содержатся все элементы, встречающиеся у деталей данной группы. В качестве комплексной детали может быть реальная деталь, включающая в себя все элементы остальных деталей группы или условная, не входящая в данную группу деталей. На рис. 14.1 приведена схема проектирования комплексной детали (*ж*) из группы, включающей 6 сходных по конструктивным признакам деталей (*а – е*). Более полные рекомендации по выбору и проектированию комплексной (реальной или условной) детали приведены в работе [10].

Далее разрабатывают технологическую операцию обработки и проектируют наладки для обработки комплексной детали на данном станке.

При назначении последовательности выполнения переходов обработки деталей следует руководствоваться следующими правилами [10]. Первым технологическим переходом при обработке деталей из прутка является выдвигание его до соприкосновения с упором; перед этим должна быть произведена подрезка торца – это уменьшает погрешность линейных размеров детали, формирование которых осуществляется от торца, соприкасающегося с упором.

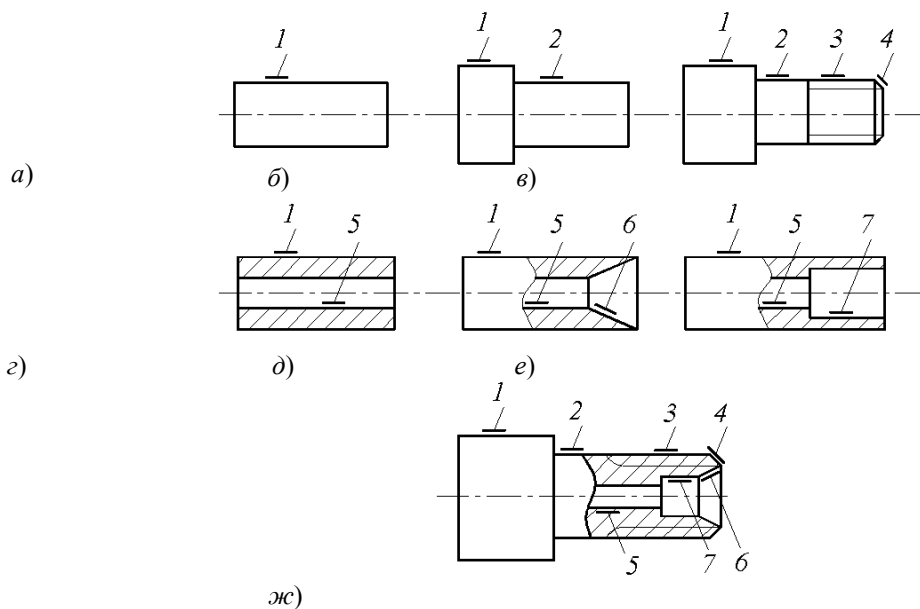


Рис. 14.1 Схема проектирования комплексной детали

Черновая обработка поверхностей должна быть произведена в первую очередь во избежание деформации детали из-за значительных сил резания.

Для повышения производительности обработки рекомендуется совмещение переходов во времени, т.е. одновременная обработка сразу несколькими инструментами, например, точение наружной и растачивание (сверление) внутренней поверхностей, протачивание канавки и снятие фасок и т.п.

Установка режущего инструмента в гнезда револьверной головки осуществляется в последовательности намеченного плана обработки в направлении, соответствующем вращению револьверной головки на рабочего; для сокращения затрат времени на вспомогательные переходы (поворот и отвод револьверной головки) режущие инструменты следует располагать так, чтобы отвод от обработанной поверхности инструмента, работающего с продольной подачей, сопровождался подводом или рабочим ходом инструмента, работающего с поперечной подачей; выполнение чистовых переходов, нарезание резьбы и профильных канавок следует производить после окончания всей обработки перед отрезкой детали.

При разработке операции (последовательности переходов) следует учитывать технологические возможности используемого оборудования. Так, например, при обработке деталей на токарно-револьверном станке мод. 1341 возможно достижение точности обработки не выше 7-го качества, а шероховатости поверхности – не ниже $Ra = 2,5$ мкм. Значение максимальной величины припуска, снимаемого за 1 проход, не следует назначать более 2 мм, при этом подача и скорость резания не должны превышать значений соответственно 0,1 ... 0,15 мм/об и 40 ... 50 м/мин. Экономически целесообразно осуществлять различные виды обработки поверхностей на станках рассматриваемого вида на следующих режимах [4]: однократное обтачивание: $t \leq 1,5$ мм, $S = 0,08 \dots 0,15$ мм/об, $v = 40 \dots 50$ м/мин; чистовое точение: $t \leq 0,5$ мм, $S = 0,08 \dots 0,12$ мм/об, $v = 50 \dots 100$ м/мин; прорезание канавок, отрезание: $S = 0,04 \dots 0,08$ мм/об, $v = 10 \dots 20$ м/мин; нарезание резьбы: $v = 5 \dots 8$ м/мин; сверление: $S = 0,1 \dots 0,12$ мм/об, $v = 15 \dots 30$ м/мин.

Установка режимов резания на станке мод. 1341 возможна как вручную, так и автоматически от командоаппарата путем предварительной настройки на нем кулачков-переключателей, установка которых соответствует включению различных режимов обработки против соответствующих позиций револьверной головки с установленными в ней инструментами наладками для выполнения переходов обработки.

Оборудование, приборы, инструменты

Токарно-револьверный станок мод. 1341, патрон цанговый (при станке), упор, резцедержатели, патрон быстросменный, резцы: проходные, отрезной, резьбовой; сверла \varnothing 8, 10, 12, 18 мм, штангенциркуль 0 ... 125 мм, прутки круглый \varnothing 30 мм (сталь 45, твердость НВ 160 ... 220). Длина прутка – 0,5 м, набор торцовых ключей.

Порядок выполнения работы

1 Подготовка

1 Ознакомиться с методическими указаниями, техникой безопасности, конструкцией и паспортными данными станка 1341, содержанием отчета.

2 Получить у преподавателя вариант группы обрабатываемых деталей. Изучить конструкцию и технические условия на изготовление деталей заданной группы.

2 Проведение работы

1 Вычертить эскизы деталей группы и схему построения комплексной детали с цифровым обозначением всех обрабатываемых поверхностей (пример образования комплексной детали приведен на рис. 14.1).

2 Вычертить операционный эскиз на обработку комплексной детали в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1105–84.

3 Разработать технологическую операцию механической обработки комплексной детали по переходам с указанием необходимого режущего, мерительного и вспомогательного инструмента с заполнением операционной карты по ГОСТ 3.1404–84 (формы 14.1, 14.2).

4 Назначить режимы обработки по переходам (в соответствии с приведенными рекомендациями).

5 Скорректировать режимы резания в соответствии с паспортными данными станка.

6 Разработать схему наладки станка на обработку комплексной детали по каждому переходу обработки с простановкой настроечных размеров.

7 С помощью учебного мастера выполнить наладку на обработку комплексной детали в режиме автоматического переключения частоты вращения шпинделя и подачи револьверной головки.

8 Обработать 1-2 одноименные реальные детали, входящие в данную технологическую группу деталей, используя наладку на обработку комплексной детали, с выполнением требуемых подналадок станка (перестановка упоров на барабане, изменение режимов обработки, пропуск отдельных позиций).

9 Измерить изготовленные детали.

10 Составить отчет по работе.

Содержание отчета

1 Название и цель работы.

2 Эскизы деталей заданного варианта технической группы.

3 Схема построения и эскиз комплексной детали.

4 Операционный эскиз (заполненная карта по ГОСТ 3.1105–84) и содержание технологической операции с определением нормы штучного времени на ее осуществление (операционная карта по ГОСТ 3.1404–84).

5 Выводы (заключение о соответствии точности обработанных поверхностей деталей заданной по чертежу на станке).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1969. 559 с.
- 2 Дипломное проектирование по технологии машиностроения / Под ред. В.В. Бабука. Минск: Выш. школа, 1979. 464 с.
- 3 Зазерский Е.Н., Жолнерчик С.И. технология обработки деталей на станках с программным управлением. Л.: Машиностроение, 1975. 207 с.
- 4 Лабораторный практикум по технологии машиностроения / Под ред. В.В. Бабука. Минск: Выш. школа, 1983. 220 с.
- 5 Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. 496 с.
- 6 Многоцелевой станок МС12-250: Инструкция по программированию. ВЛКО «Техника», 1976. 66 с.
- 7 Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. М.: Машиностроение, 1980. 592 с.
- 8 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования. Серийное производство. М.: НИИ труда, 1974. 136 с.
- 9 Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные и слесарные работы по сборке машин. Массовое и крупносерийное производство. М.: Машиностроение, 1974. 148 с.
- 10 Основы технологии машиностроения / Под ред. В.С. Корсакова. М.: Машиностроение, 1977. 416 с.
- 11 Проектирование технологии: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / И.М. Баранчукова, А.А. Гусев, Ю.Б. Крамаренко и др.; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Машиностроение, 1990. 416 с.
- 12 Скраган В.А., Амосов И.С., Смирнов А.А. Лабораторные работы по технологии машиностроения. Л.: Машиностроение, 1974. 192 с.
- 13 Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1972. 215 с.
- 14 Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. Т. 1: 656 с.; Т. 2: 496 с.
- 15 Станки с программным управлением: Справочник. М.: Машиностроение. 1975. 288 с.
- 16 Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов и др. М.: Машиностроение, 1986. 480 с.